



Национальная академия наук Беларуси

**Государственное научное учреждение
«Институт экспериментальной ботаники
имени В.Ф. Купревича
Национальной академии наук Беларуси»**

Современные проблемы экспериментальной ботаники

**Материалы I Международной научной конференции
молодых учёных, приуроченной Году науки
в Республике Беларусь**

(г. Минск, 27–29 сентября 2017 г.)



Минск

«Колорград»

2017

УДК 58(082)
ББК 28.5я43
С56

С56 **Современные** проблемы экспериментальной ботаники : материалы I Международной научной конференции молодых учёных, приуроченной Году науки в Республике Беларусь (г. Минск, 27–29 сентября 2017 года) / Национальная академия наук Беларуси ; ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси». – Минск : Колорград, 2017. – 221 с.
ISBN 978-985-7189-53-3.

В сборник включены материалы I Международной научной конференции молодых учёных «Современные проблемы экспериментальной ботаники». Представлено 6 пленарных докладов-лекций и 66 материалов докладов 122 авторов из Беларуси, России, Украины, Чехии, Сирии и Азербайджана, представляющих 40 организаций науки, охраны природы и образования.

В материалах представлены результаты изучения биологического разнообразия и систематики сосудистых растений, мохообразных, грибов, лишайников и водорослей, а также вопросы геоботанических и экологических исследований растительных сообществ, экспериментов и опытов в области физиологии и биохимии растений и грибов.

УДК 58(082)
ББК 28.5я43

Материалы опубликованы в авторской редакции. Ответственность за достоверность фактов, цитат, собственных имён и других сведений несут авторы.

ISBN 978-985-7189-53-3

© Государственное научное учреждение
«Институт экспериментальной ботаники
им. В.Ф.Купревича НАН Беларуси», 2017
© Оформление. ЧПТУП «Колорград», 2017

**НАУЧНАЯ
ПРОГРАММА
КОНФЕРЕНЦИИ:**

СЕКЦИЯ 1: БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И СИСТЕМАТИКА СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ, МОХООБРАЗНЫХ, ГРИБОВ, ЛИШАЙНИКОВ И ВОДОРΟΣЛЕЙ

СЕКЦИЯ 2: ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ И ГРИБОВ

СЕКЦИЯ 3: ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ, ГЕОБОТАНИКА И КАРТОГРАФИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Организационный комитет конференции:

Председатель: Пугачевский А.В. – к.б.н., директор Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси

Заместитель председателя: Груммо Д.Г. – к.б.н., заместитель директора Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси

Состав:

Сосновская Т.Ф. – к.б.н., зам. директора по научной работе Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси

Иванов О.А. – к.б.н., ст. науч. сотр. Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси

Яцына А.П. – к.б.н., ст. науч. сотр. Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси

Секретариат:

Цвирко Р.В. – науч. сотр. Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси

Мойсейчик Е.В. – мл. науч. сотр. Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси

Бабков А.В. – мл. науч. сотр. Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси

Кем К.Р. – мл. науч. сотр. Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси

Овчинников И.А. – лаборант Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

CALCIUM- AND POTASSIUM-PERMEABLE CATION CHANNELS PLAY THE ROLE OF SENSORS FOR REACTIVE OXYGEN SPECIES IN THE PLASMA MEMBRANE OF HIGHER PLANTS

V. Demidchik^{1,2}, V. Mackievic¹, V. Samokhina¹, M. Makavitskaya¹, P. Hryvusevich¹,
I. Navaselsky¹, E. Tyutereva², O. Voitsekhovskaja², A. Sokolik¹

¹Department of Plant Cell Biology and Bioengineering, Biological Faculty, Belarusian State University; Minsk, Belarus

²Komarov Botanical Institute RAS; Saint-Petersburg, Russian Federation, e-mail: dzemidchik@bsu.by

Reactive oxygen species (ROS) are critically important for plants' life. Moderate generation of ROS is necessary for normal physiology and adaptation but their overproduction, for example during severe environmental stresses, results in irreversible oxidative damage and dysfunction of cell components. The molecular mechanism of sensing ROS by plant cells is still unknown. Here, we propose that plasma membrane ion channels transporting Ca^{2+} and K^+ function as the prime target and sensors for ROS in plants. They catalyse initial and very rapid perception of ROS signals. Experiments were carried out using roots of *Arabidopsis thaliana* L. Heynh. ecotype WS-0 (Wasilewskija), Col0-based aequorin-transformed plants, KO lines of GORK (*gork1-1*), *gork1-1* lines transformed with GORK Cys151/Ser151 substitution and complementary transformed by GORK. The following techniques were used: standard patch-clamping, radiotracer analyses, epifluorescent confocal microscopy, quantitative PCR, electron paramagnetic resonance spectroscopy, phenotyping methods, aequorin luminometry, etc.. In the plasma membranes of lower and higher plants, ROS instantaneously activated two major classes of ion channels: Ca^{2+} -permeable nonselective cation channels (NSCCs) and K^+ outwardly-rectifying channels (KORs encoded by GORK). Activation of cation channels by ROS led to dramatic influx of Ca^{2+} for signalling, developmental and nutritional needs and K^+ loss (electrolyte leakage) inducing autophagy and necrotic cell death. Ca^{2+} entry rearranged actin cytoskeleton and modified vesicular transport. ROS-activated ion channels revealed complex nature of activation, depending on the developmental stage and oxidative capacity of tested ROS. The transition metal binding centres have been identified in cyclic nucleotide-gated channels, a subclass of NSCCs. These centres potentially produce hydroxyl radicals from H_2O_2 (Haber-Weiss reaction) directly in the channel's macromolecule. Mutations in ROS-sensitive moieties in K^+ efflux GORK channel led to decreased ROS-sensing capacity, suggesting that distinct molecular groups are responsible for ROS sensing by ion channels. These moieties conferred physiological properties related to ROS, such as programmed cell death and autophagy.

Acknowledgements: This study was supported by Russian Science Foundation grant#15-14-30008.

MONOPHYLETIC BRANCHES OF THE FAMILY TELOSCHISTACEAE (LICHEN-FORMING ASCOMYCOTA): CURRENT STATE, SPECIES DIVERSITY, DISTRIBUTION AND PERSPECTIVES

S.Y. Kondratyuk

M.H. Kholodny Institute of Botany; Kiev, Ukraine, e-mail: ksya_net@ukr.net

100 monophyletic branches of the phylogenetic tree as genera of the family Teloschistaceae proposed on the basis of the three gene phylogeny (based on ITS1/ITS2 nrDNA, 28S nr LSU and 12S mtSSU gene sequences) are analyzed after four subfamilies: Xanthorioideae (39 genera), Caloplacoideae (27), Teloschistaceae (23) and Brownlielloideae (11). Species diversity of the genera, species concept for representatives of the family Teloschistaceae as well as portion of taxa for which molecular data hitherto available is discussed.

Recent history of taxonomy of the Teloschistaceae. In pre-molecular era mostly 10 genera of the Teloschistaceae of which the genera *Caloplaca*, *Xanthoria*, and *Teloschistes* included the highest species diversity were accepted [8]. Some new generic groups, i.e.: the genera *Josefpoeltia*, *Xanthomendoza*, *Oxneria*, *Rusavskia*, and *Xanthoanaptychia* were proposed on morphological data within molecular period.

Period on 'monogenic' phylogeny in the history of the Teloschistaceae can be segregated between 1999 and 2012 very tentatively, as far some authors of this period have provided data on two genes too. Totally molecular data on the members of the Teloschistaceae are presented in more than 100 publications. We are discussing here only the main publications in which the most important taxonomic innovations for the Teloschistaceae were proposed.

Period of 'multicoli' phylogeny has begun since 2012 and connected with publication Gaya with colleagues [7], who have provided the first multiloci phylogeny of the Teloschistaceae based on ITS1/ITS2, 18S nrSSU, 28S nrLSU, 12S mtSSU, RPB2 and RPB1 gene sequences. Authors proposed to segregate two subfamilies, i.e.: Xanthorioideae and Caloplacoideae. However in fact the first results of the multiloci phylogeny of the xanthorioid lichens were provided by Swiss lichenologists working under leadership of R. Honegger. Their phylogeny was based on ITS1/ITS2 nrDNA, 18S nrSSU, 23S mtLSU and beta-tubulin gene sequences. However these results were incomplete and never published, as well as no taxonomic novelties were proposed. On another side new genera of the xanthorioid lichens *Gallowayella*, *Honeggeria*, *Jackelixia*, *Martinjahnsia*, *Massjukiella*, *Ovealmbornia*, *Xanthokarroa* based on ITS1/ITS2nrDNA and 12S mtSSU sequences were proposed in papers of Fedorenko with colleagues [3-4]. Arup with colleagues [1] have proposed the subfamily Teloschistoideae and 22 new genera for three subfamilies known at that time. Since 2013 49 new genera and the subfamily Brownlielloideae were proposed by our teams [9-19].

Material and Methods. More than 2500 specimens collected in 2013-2017, deposited in the Lichen Herbarium of the M.H. Kholodny Institute of Botany (KW-L), the Korean Lichen Research Institute, Suncheon National University, South Korea (KoLRI), and some duplicates in the Hungarian Natural History Museum (BP) have been used for the further extracting DNA. These specimens have been examined using standard microscopic techniques, and hand-sectioned under a dissecting microscope (Nikon SMZ 645; Nikon, Tokyo, Japan). Anatomical characters were observed using a Nikon Eclipse E200 microscope and a Zeiss Scope complemented with digital camera AxioCam ERc 5s. Sections of apothecia were tested with water, K and IKI (10% potassium iodine).

Total DNA was extracted directly from the thalli according to Ekman [2] and was purified with DNeasy Plant Kit (QIAGEN, Germany). The nuclear ribosomal RNA gene region including the internal transcribed spacer 1 and 2 and the 5.8S subunit (ITS) was amplified using the primers ITS1F [5] and ITS4 [23], the 28S nrLSU using the primer LR5 [22] and the 12S mtSSU using the primers mtSSU1-mtSSU3R and mtSSU2R [3].

The amplification was done using a Takara JP/TP600 PCR machine (Takara Bio Inc., Japan). One initial cycle of 5 min at 94 °C was followed by 30 cycles of the following steps: 30 seconds at 94 °C, 39 seconds at 57 °C and 1 min at 72 °C. Amplifications were ended with a final cycle at

72 °C for 10 min. PCR products were then sent to the sequencing facilities of the Genotech Cooperation, Seoul, South Korea, for cleaning and sequencing. The sequencing was carried out using the fluorescent marker BigDYE and an ABI 3730x1 sequencing machine (Applied Biosystems, Carlsbad, CA, USA).

The consensus sequence was aligned with all related species sequences retrieved from the GenBank database. The consensus sequence were then deposited into GenBank. Phylogenetic analysis was performed using the ITS region and LSU gene of nrDNA and 12S mtSSU sequences of 166 fungal taxa retrieved from the GenBank database and the 29 lichen-forming fungi investigated in this study. Sequence alignment was conducted in BioEdit and a phylogenetic tree was generated by the maximum parsimony (MP), minimum evolution (ME), and maximum likelihood (ML) analysis methods. Analyses were conducted using PAUP 4.0b10 on a Macintosh platform [20] and in Mega 5.0 [21] with the number of bootstrap trials set to 1,000. Our taxon sampling consists of 52 taxa of the Xanthorioideae (Figure 1), 72 taxa of the Caloplacodeae (Figure 2), 48 taxa of the Teloschistoideae (Figure 3) and about 74 taxa of the Brownlielloideae (Figure 4) with *Brigantiaea ferruginea* as out (see also [19]). Totally 129 sequences on nrDNA and mtDNA are for the first time submitted to GenBank for 58 specimens of 29 taxa.

Results. Molecular data on members of the Teloschistaceae. Totally data on more than 2500 sequences of the ITS1/ITS2 nrDNA portion are hitherto available in GenBank at the moment. Of them almost the same number of sequences are provided for members of the subfamilies Xanthorioideae and Caloplacoideae (1213 and 1120 consequently). The subfamily Teloschistoideae and Brownlielloideae include only 133 and 25 sequences consequently. Totally more 524 sequences of 28S nrLSU gene are available for the members of the whole Teloschistaceae, while this number is much lower for the subfamilies Xanthorioideae, Caloplacoideae and Teloschistoideae (88, 89 and 24 consequently). Of 421 sequences of 12S mtSSU available for the whole Teloschistaceae, the following subfamilies includes: Xanthorioideae – 222 sequences, Caloplacoideae – 106, and Teloschistoideae – 57.

Totally from the ITS analysis there are more than 120 monophyletic branches of the Teloschistaceae which have the highest level of bootstrap support, of which only 100 branches were confirmed also by combined three gene phylogeny. The other 20 branches are still waiting for accumulation data on 18S nrLSU and 12S mtSSU sequences, after what status of them will be clarified. Totally there are more than 10 monophyletic branches after separate the 18S nrLSU and 12S mtSSU analyses which still do not confirm by three gene phylogeny. They include taxa of all subfamilies of the Teloschistaceae for which ITS1/ITS2 data are still not possible to get. Their status will be clarified also after completing this step of getting molecular data.

The number of specimens of the Teloschistaceae for which data on 23S mtLSU, 18S nrSSU, RPB2, RPB1 and beta-tubulin is varying between 50 and 150. Unfortunately these data do not cover total number of monophyletic branches known so far. So they cannot be used for the phylogenetic analysis of the whole family at the moment. However it should be mentioned that molecular data submitted to the GenBank often are not similar. The special revision of data available in the GenBank for the same taxon should be done (see for example [16]).

Molecular data hitherto available for representatives of the Teloschistaceae confirm narrow species concept. So Arup with colleagues [1] have confirmed species status of the most species of the Teloschistaceae recently described from Australia, which authors mentioned [1] expected to show as synonyms, because they follow very wide species concept. Furthermore Arup with colleagues [1] have mentioned 56 undescribed taxa, recorded as *Austroplaca* sp.7 – sp.10, '*Caloplaca*' sp. 1 – sp.4, sp. 40 – sp.41; *Dufourea* sp. 13 – sp.16, *Polycauliona* sp. 28 – sp. 37, *Villophora* sp. 46 – sp. 51, *Wetmoreana* asp. 52 – sp. 54 etc. In another words, conclusion that their wide species concept did not find confirmation from molecular point of view can be done. Unfortunately these authors have hitherto described only three of mentioned 56 taxa (i.e. species of the genera *Parvoplaca* and *Sirenophila*). We have described *Ovealmbornia reginae* from South Africa (which is conspecific with '*Dufourea* sp. 14' sensu Arup with colleagues [1]), as well as *Orientophila dodongensis* (which is conspecific with '*Orientophila* sp. 20' sensu Arup with colleagues [1]).

Results of the molecular phylogeny of the Teloschistaceae during last 10 years confirm conclusion [6, 16, 19] that ITS data set is not enough for making conclusion about status of the monophyletic branches, while the ITS data are still very good tool for taxonomic revision at species level. The status of monophyletic branches of the phylogenetic trees must be confirmed by minimum three gene phylogeny based on ITS1/ITS2 nr DNA, 18S nrLSU, and 12S mtSSU sequences.

Configuration of phylogenetic tree of the Teloschistaceae was dramatically changed with additions of new molecular data especially data on 28S nrLSU and 12S mtSSU sequences during last 5 years. In several cases members of the same branch after ITS analysis found to be members of the different and distant monophyletic branches after combined nuclear and mitochondrial data sets. Such situation was illustrated with members of the *Sirenophila-Lazarenkoioopsis* clade of the subfamily Teloschistoideae after ITS analysis, and appeared to be members of the genus *Tarasginia* of the subfamily Brownlielloideae after combined three gene phylogeny. Similarly to this situation members of the *Flavoplaca* clade of the Xanthorioideae after ITS analysis appeared to be members of the genus *Lazarenkoella* of the Brownlielloideae after combined three gene phylogeny.

Totally 100 monophyletic branches of the phylogenetic tree as genera of the family Teloschistaceae proposed on the basis of the three gene phylogeny based on ITS1/ITS2 nrDNA, 28S nrLSU, and 12S mtSSU gene sequences belong to four subfamilies: Xanthorioideae (39 genera), Caloplacoideae (27), Teloschistoideae (23) and Brownlielloideae (11) (Figure 1-4). From 23 new monophyletic branches found in 2013 [1] the further 49 new robust monophyletic branches were found and described during last five years [9-19]. However taxonomy of the Teloschistaceae at generic and subfamily level which is based on three gene phylogeny is still at initial stage because only 25% of species diversity of this family is involved in molecular studies. New segregations expected to be described in the nearest future.

After combined phylogenetic analysis the genus *Fominiella* is positioned in out position to all known subfamilies (Figure 4). The most unstable situation is with the subfamilies Brownlielloideae and Caloplacoideae and a number of taxa, which appeared to be in out position to all known subfamilies of the Teloschistaceae. The genus *Ikaeria* is positioned within the Caloplacoideae (compare Figure 3 and 4) and the genera *Fominiella* and *Solitaria* are in the out position to the subfamily Caloplacoideae, while the genus *Solitaria* was positioned in the subfamily Xanthorioideae before ([1, 11]). The genera *Fominiella* and *Ikaeria*, which are positioned in out position to known subfamilies, possibly illustrate that additional subfamily/subfamilies of the Teloschistaceae do still exist and are waiting for legal description. The new tendency that the subfamily Brownlielloideae will be divided into two or more separate subphyla with additional new members of this subphylum is found. However, new divisions of the Brownlielloideae can be observed only, when all monophyletic branches of the Teloschistaceae (as well as some still not analyzed here) are included into analyses. In such case phylogenetic analysis is becoming more and more time consuming and in need of another computer facilities.

The subfamily Xanthorioideae, including 39 genera and about 190 species for which molecular data hitherto provided. The *Rusavskia-Zeroviella* clade and the *Squamulea-Huriella* clade are hitherto the most complex clades of the Xanthorioideae of the Teloschistaceae after combined three gene phylogeny. Main portion of genera (28 genera) of the subfamily Xanthotioideae is known from North Hemisphere, while such genera as *Amundsenia*, *Austrroplaca*, *Charcotiana*, *Dufourea*, *Jackelixia*, *Jesmurrayia*, *Langeottia*, *Ovealmbornia*, *Schackletonia* and *Xanthokarrooa* are known only from South Hemisphere. The genera *Teouahtiana* and *Tomnashia* are characterized only by American distribution, while the genus *Orientophila* is hitherto known only from Asia.

27 genera and about 120 species (or which molecular data hitherto provided) belong to the subfamily Caloplacoideae. The *Mikhtomia-Oxneriopsis* clade is so far the most complex clade of the Caloplacoideae of the Teloschistaceae after combined three gene phylogeny. Similarly to the subfamily Xanthorioideae major portion of the genera of the subfamily Caloplacoideae (i.e.: 23 genera) is hitherto known from North Hemisphere, while the genera *Eilifdahlia*, *Franwilsia*, and *Gintarasiella* are known only from South Hemisphere; the genera *Hanstrassia*, *Jasonhuria*, *Ioplaca*, and *Loekoesia* are so far known from Asian continent.

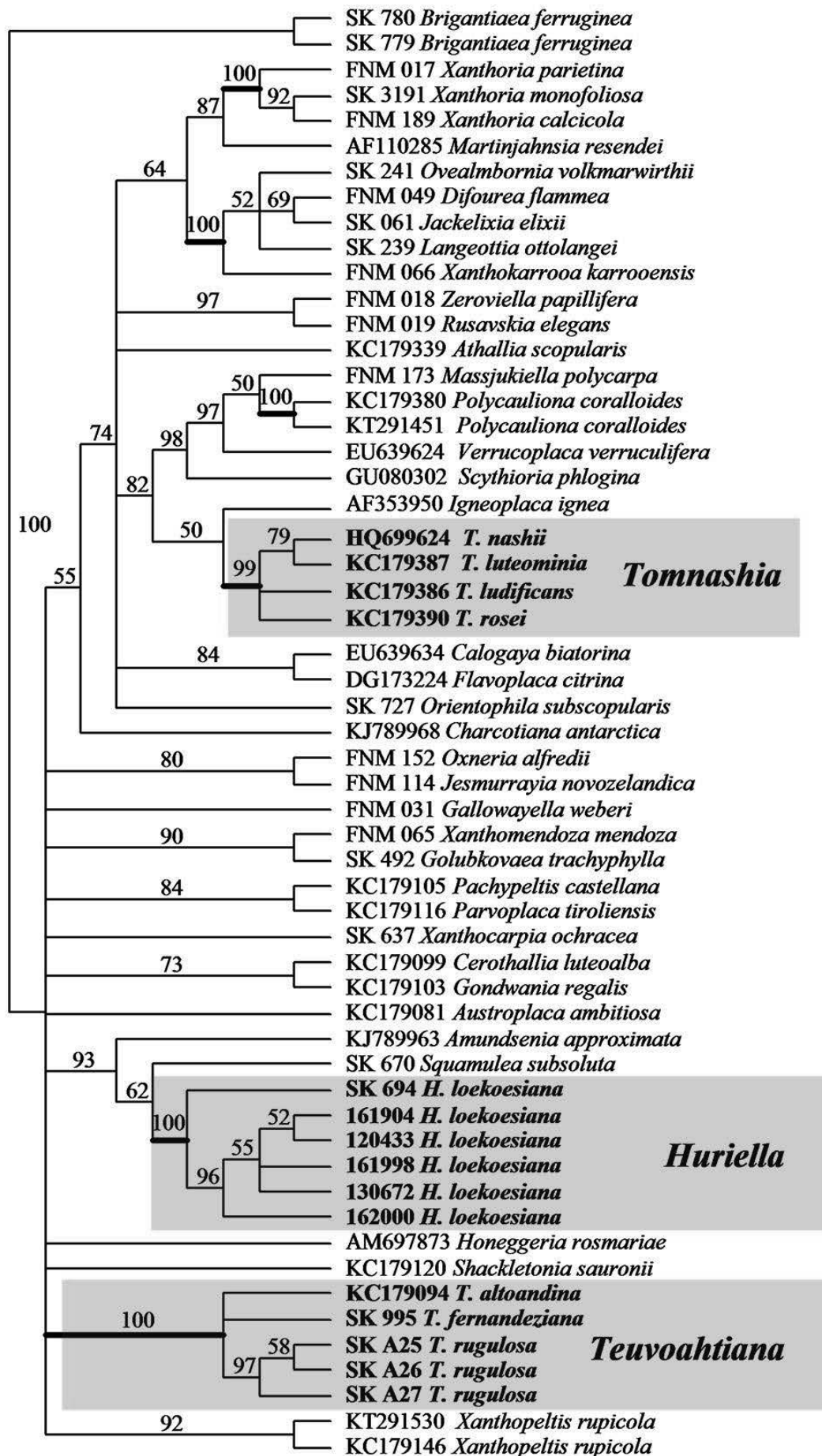


Figure 1 – Phylogenetic analysis of representatives of the subfamily Xanthorioideae after combined data set

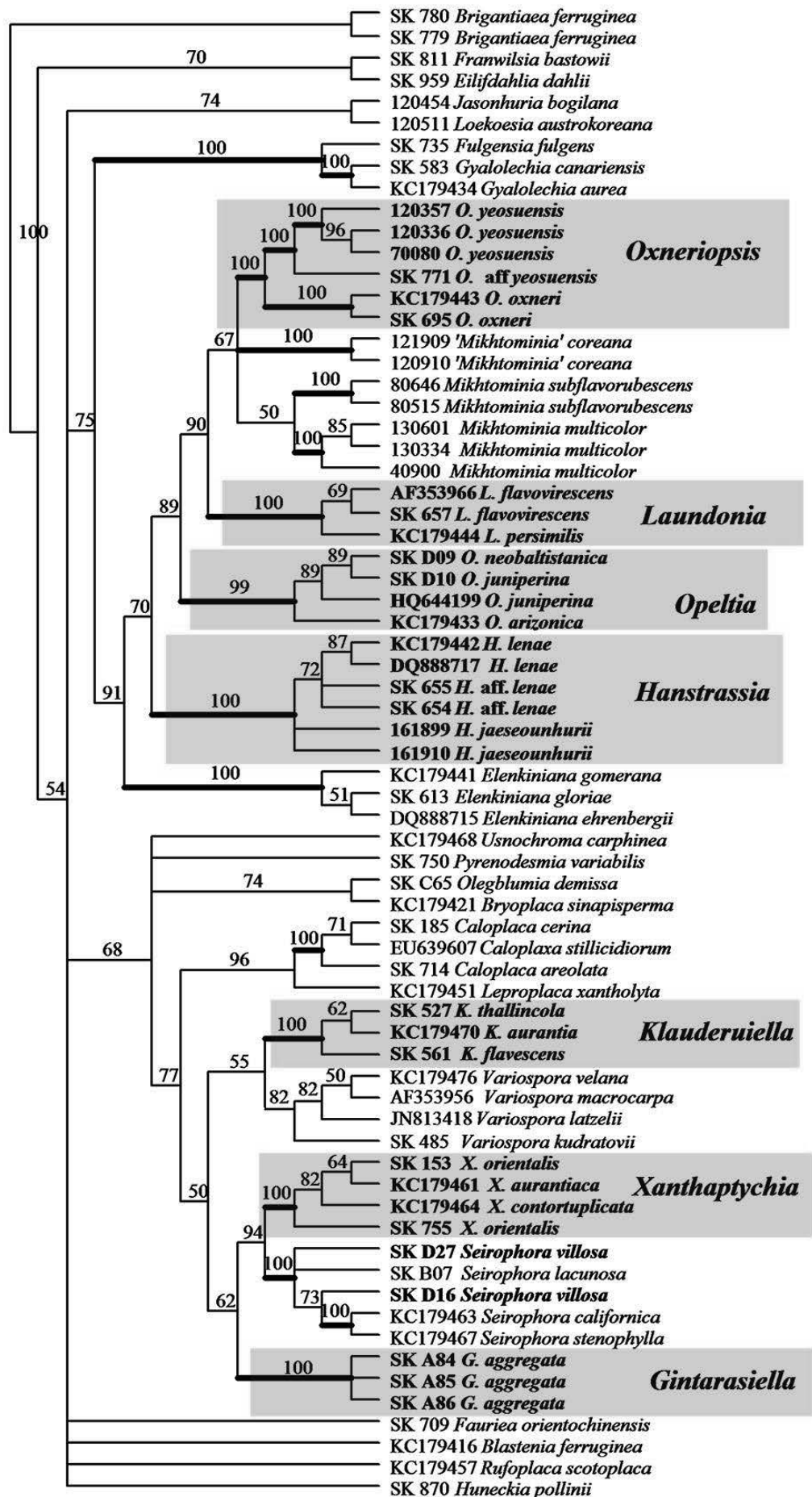


Figure 2 – Phylogenetic analysis of representatives of the subfamily Caloplacoideae after combined data set

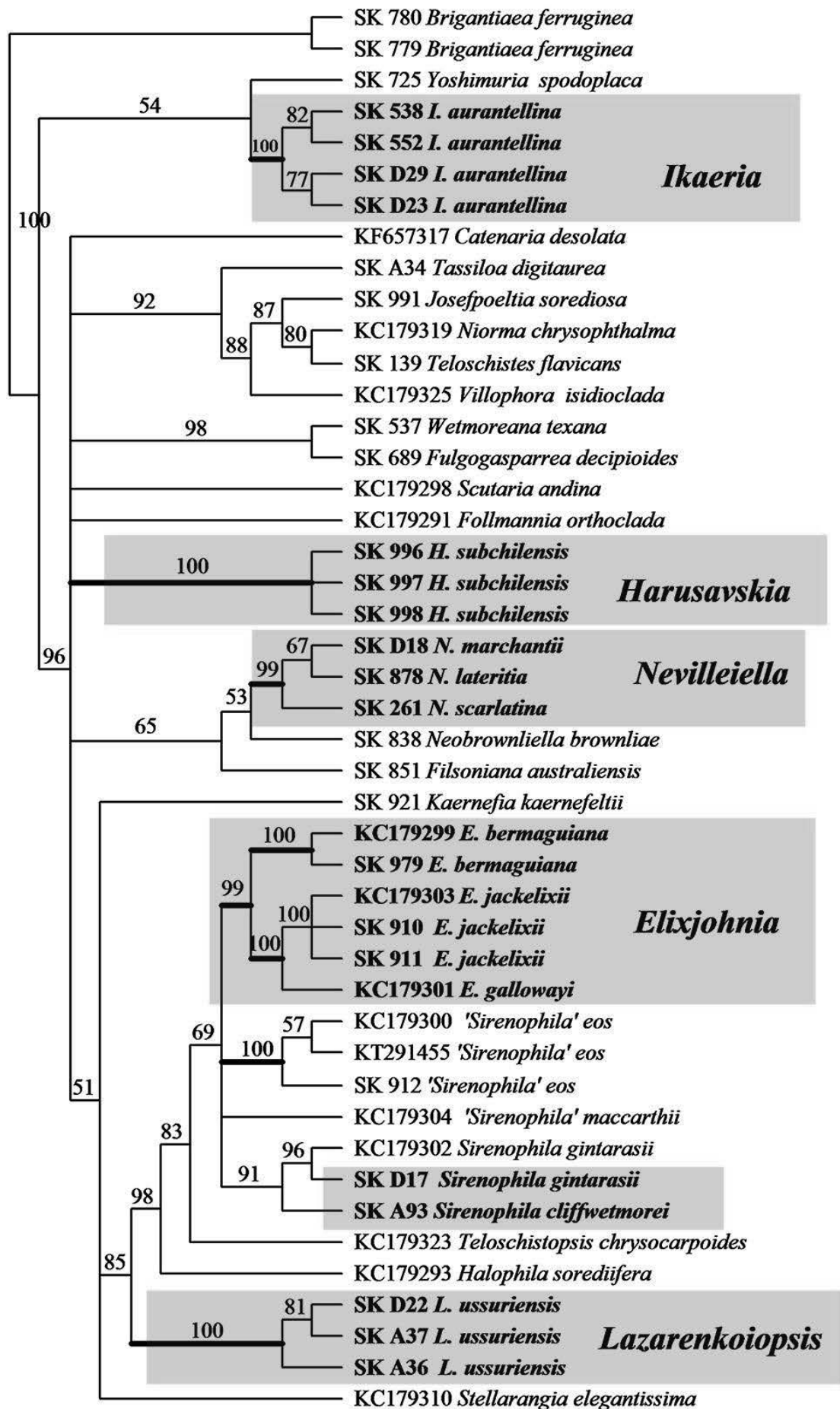


Figure 3 – Phylogenetic analysis of representatives of the subfamily Teloschistoideae after combined data set

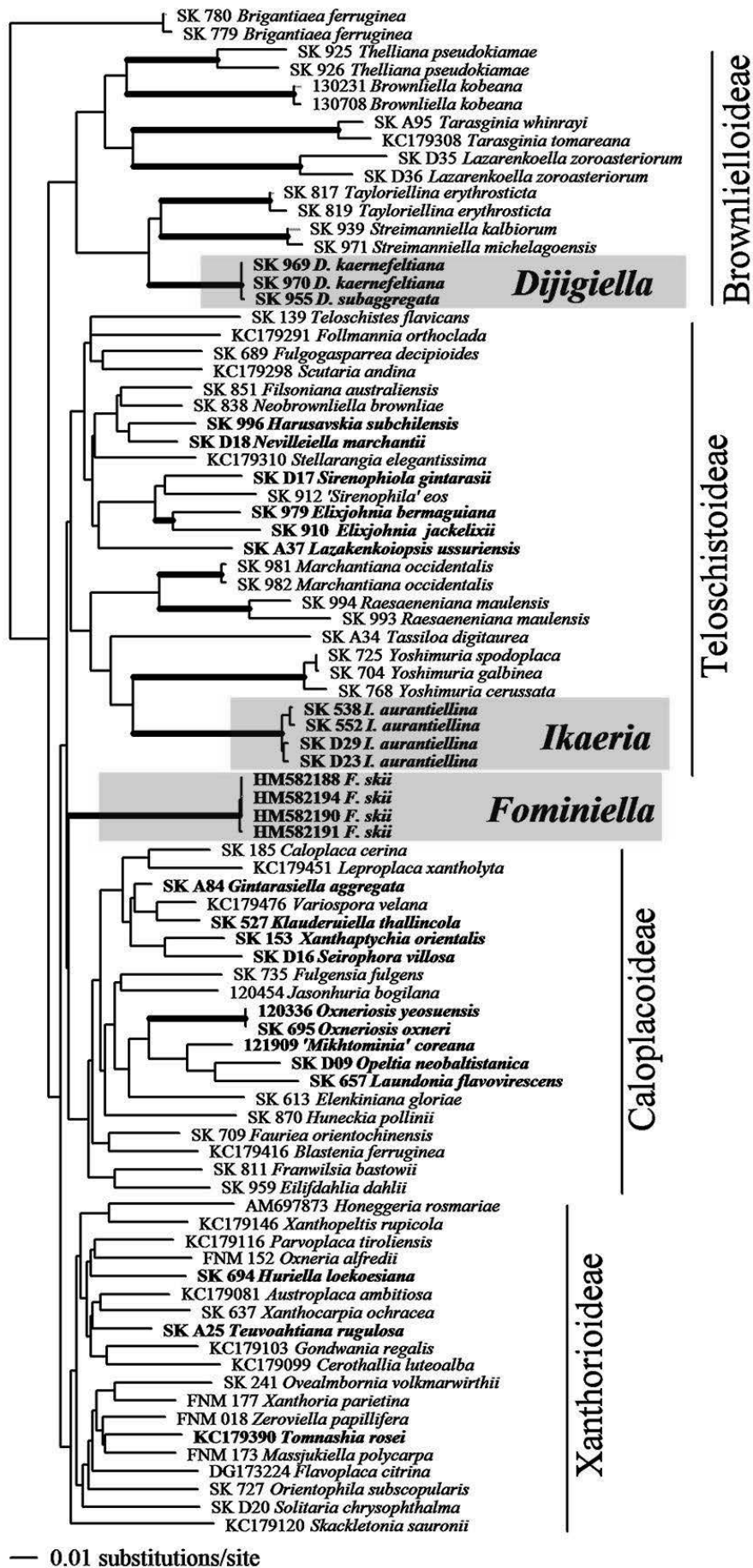


Figure 4 – Phylogenetic analysis of representatives of the subfamily Brownlielloideae after combined data set

The subfamily Teloschistoideae, including 23 genera and about 60 species for which molecular data hitherto provided. The *Sirenophila-Lazarenkoiopsis* clade is hitherto the most complex clade of the Teloschistoideae of the Teloschistaceae after combined three gene phylogeny. In contrast to the previous two subfamilies major part of genera (i.e. 17 genera) of the subfamily Teloschistoideae are so far known only from South Hemisphere, among which the genus *Josefpoeltia* is so far known only from American continent.

The subfamily Brownlielloideae is characterized the lowest generic and species composition among all subfamilies. It includes 11 genera and about 17 species. Similarly to the subfamily Teloschistoideae main part of the genera (5) is known from South Hemisphere.

Problems and perspectives for future. More than half of species diversity of the Teloschistaceae is still not investigated from molecular point of view. The further molecular data supposed to provide the further exchanges of the phylogenetic tree of the Teloschistaceae. There is a number of still undescribed species of the genera *Xanthomendoza*, *Orientophila* and others for which molecular and morphological data obtained, but lack of good collections for selection of type specimens cause delay for their describing. Molecular data for type species of such genera as *Seirophora*, *Sironophila*, *Variospora* as well as *Follmannia*, *Ioplaca* and others which were not provided in previous papers (or in papers with original descriptions) often cause long time delay with clarifying status of monophyletic branches in separate clades (see [19]).

Conclusions. Totally 100 monophyletic branches of the phylogenetic tree as genera of the family Teloschistaceae proposed on the basis of the three gene phylogeny based on ITS1/ITS2 nrDNA, 28S nrLSU, and 12S mtSSU gene sequences belong to four subfamilies: *Xanthorioideae* (39 genera), *Caloplacoideae* (27), *Teloschistoideae* (23) and *Brownlielloideae* (11). Centers of species diversity and evolution of the *Xanthorioideae* and *Caloplacoideae* are hitherto in North Hemisphere while for the *Teloschistoideae* and *Brownlielloideae* they are in South Hemisphere. However taxonomy of the *Teloschistaceae* at generic and subfamily level which is based on three gene phylogeny is still at initial stage because only 25% of species diversity of this family is involved in molecular studies. New segregations expected to be described in the nearest future.

Acknowledgements – I am thankful to Prof. J.-S. Hur (Sunchon, South Korea) and Dr. A. Thell (Lund, Sweden) for providing molecular data on representatives of the Teloschistaceae. I am grateful to Prof. J.-S. Hur and Dr S.-O. Oh for assistance and support during visits to South Korea in 2014-2017. The project was supported by The State Agency on Science, Innovations and Information of Ukraine (M/317-2011-409, M/111-2012-409, and M/40-2013-409), the Ministry of Education and Science of Ukraine (M/90-2015-285 and M/34-2016-285) and by Korean Brian Pool Program (161S-4-3-1659).

Literature

1. Arup, U., Söchting, U. and Frödén, P. (2013a): A new taxonomy of the family Teloschistaceae. – *Nordic J. Bot.* 31: 16-83. <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.2013.00062.x>.
2. Ekman, S. (1999): PCR optimization and troubleshooting, with special reference to the amplification of ribosomal DNA in lichenized fungi. – *Lichenologist* 31(5): 517-531. <https://doi.org/10.1017/s0024282999000675>
3. Fedorenko, N. M., Stenroos, S., Thell, A., Kärnefelt, I. and Kondratyuk, S. Y. (2009): A phylogenetic analysis of xanthorioid lichens(Teloschistaceae, Ascomycota) based on ITS and mtSSU sequences. – *Bibl. Lichenol.* 100: 49-84.
4. Fedorenko, N. M., Stenroos, S., Thell, A., Kärnefelt, I., Elix, J. A., Hur, J. S. and Kondratyuk, S. Y. (2012): Molecular phylogeny of xanthorioid lichens(Teloschistaceae, Ascomycota), with notes on their morphology. – *Bibl. Lichenol.* 108: 45-64.
5. Gardes, M. and Bruns, T. D. (1993): ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes– application to the identification of mycorrhizae and rusts. – *Mol. Ecol.* 2: 113–118. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294x.1993.tb00005.x>.
6. Gaya, E., Navarro-Rosinés, P., Llimona, X., Hladun, N. and Lutzoni, F. (2008): Phylogenetic reassessment of the Teloschistaceae (lichen-forming Ascomycota, Lecanoromycetes). – *Mycol. Res.* 112(5): 528-546. <https://doi.org/10.1016/j.mycres.2007.11.005>.
7. Gaya, E., Högnabba, F., Holguin, Á., Molnár, K., Fernández-Brime, S., Stenroos, S., Arup, U., Söchting, U., van den Boom, P., Lücking, R., Sipman, H. J. M. and Lutzoni, F. (2012): Implementing acumulative supermatrix approach or a comprehensive phylogenetic study of the Teloschistales (Pezizomycotina, Ascomycota). – *Mol. Phyl. Evol.* 63: 374-387. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2012.01.012>.

8. Kärnefelt, I. (1989): Morphology and phylogeny in the Teloschistales. – *Cryptogamic Botany* 1: 147-203.
9. Kondratyuk, S., Jeong, M. H., Yu, N. H., Kärnefelt, I., Thell, A., Elix, J. A., Kim, J., Kondratyuk, A. S. and Hur, J.-S. (2013b): Four new genera of teloschistoid lichens (Teloschistaceae, Ascomycota) based on molecular phylogeny. – *Acta Bot. Hung.* 55: 251-274. <https://doi.org/10.1556/ABot.55.2013.3-4.8>.
10. Kondratyuk, S. Y., Jeong, M. H., Yu, N. N., Kärnefelt, I., Thell, A., Elix, J. A., Kim, J., Kondratiuk, A. S. and Hur, J.-S. (2014a): A revised taxonomy for the subfamily Caloplacoideae (Teloschistaceae, Ascomycota) based on molecular phylogeny. – *Acta Bot. Hung.* 56: 93-123. <https://doi.org/10.1556/ABot.56.2014.1-2.10>.
11. Kondratyuk, S. Y., Kärnefelt, I., Thell, A., Elix, J. A., Kim, J., Jeong, M. H., Yu, N. H., Kondratiuk, A. S. and Hur, J.-S. (2014c): A revised taxonomy of the subfamily Xanthorioideae (Teloschistaceae, Ascomycota) based on molecular phylogeny. – *Acta Bot. Hung.* 56: 141-178. <https://doi.org/10.1556/ABot.56.2014.1-2.12>.
12. Kondratyuk, S. Y., Kärnefelt, I., Thell, A., Elix, J. A., Kim, J., Kondratiuk, A. S. and Hur, J.-S. (2015a): *Tassiloa*, a new genus in the Teloschistaceae (lichenized Ascomycetes). – *Graphis Scripta* 27: 22-26.
13. Kondratyuk, S. Y., Lökös, L., Kim, J. A., Kondratiuk, A. S., Jeong, M. H., Jang, S. H., Oh, S.-O. and Hur, J.-S. (2015c): Three new monotypic genera of the caloplacoid lichens (Teloschistaceae, lichen-forming Ascomycetes). – *Mycobiology* 43: 195-202. <https://doi.org/10.5941/myco.2015.43.3.195>.
14. Kondratyuk, S. Y., Kärnefelt, I., Thell, A., Elix, J. A., Kim, J., Kondratiuk, A. S. and Hur, J.-S. (2015d): *Brownlielloideae*, a new subfamily in the Teloschistaceae (Lecanoromycetes, Ascomycota). – *Acta Bot. Hung.* 57: 321-341. <https://doi.org/10.1556/034.57.2015.3-4.6>.
15. Kondratyuk, S. Y., Kim, J. A., Yu, N.-H., Jeong, M.-H., Jang, S. H., Kondratiuk, A. S., Zarei-Darki, B. and Hur, J.-S. (2015e): *Zeroviella*, a new genus of xanthorioid lichens (Teloschistaceae, Ascomycota) proved by three gene phylogeny. – *Ukr. Bot. J.* 72(6): 574-584. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj72.06.574>.
16. Kondratyuk, S. Y., Kärnefelt, I., Thell, A., Elix, J. A., Kim, J. A., Kondratiuk, A. S. and Hur, J.-S. (2015f): *Ovealmbornia reginae* (Teloschistaceae, Ascomycetes), a new xanthorioid lichen from South Africa. – *Herzogia* 28: 465-472. <https://doi.org/10.13158/heia.28.2.2015.465>.
17. Kondratyuk, S. Y., Lökös, L., Kim, J. A., Kondratiuk, A. S., Jeong, M.-H., Jang, S. H., Oh, S.-O., Wang, X. Y. and Hur, J.-S. (2016c): *Fauriea*, a new genus of the lecanoroid caloplacoid lichens (Teloschistaceae, lichen-forming Ascomycetes). – *Acta Bot. Hung.* 58(3-4): 303-318. <https://doi.org/10.1556/ABot.58.2016.3-4.6>.
18. Kondratyuk, S. Y., Lökös, L., Kärnefelt, I., Thell, A., Elix, J. A., Oh, S.-O. and Hur, J.-S. (2016d): Three new *Orientophila* species (Teloschistaceae, Ascomycota) from Eastern Asia. – *Graphis Scripta* 28(1-2): 50-58.
19. Kondratyuk, S. Y., Lökös, L., Upreti, D. K., Nayaka, S., Mishra, G. K., Ravera, S., Jeong, M.-H., Jang, S.-H., Park, J. S. and Hur, J.-S. (2017): New monophyletic branches of the Teloschistaceae (lichen-forming Ascomycota) proved by three gene phylogeny. – *Acta Bot. Hung.* 59(1-2): 71-136. <https://doi.org/10.1556/034.59.2017.1-2.6>.
20. Swofford, D. L. (2003). PAUP*, Phylogenetic analysis using parsimony (*and other methods). – Sunderland, Sinauer Associates, Massachusetts.
21. Tamura, K., Peterson, D., Peterson, N., Stecher, G., Nei, M. and Kumar, S. (2011): MEGA5: molecular evolutionary genetics analysis using maximum likelihood, evolutionary distance, and maximum parsimony methods. – *Mol. Biol. Evol.* 28: 2731-2739. <https://doi.org/10.1093/molbev/msr121>.
22. Vilgalys, R. and Hester, M. (1990): Rapid genetic identification and mapping of enzymatically amplified ribosomal DNA from several *Cryptococcus* species. – *J. Bacteriol.* 172(8): 4238-4246.
23. White, T. J., Bruns, T., Lee, S. and Taylor, J. (1990): Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. – *PCR Protocols* 38: 315-322. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-372180-8.50042-1>.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О КЛАССИФИКАЦИИ ГАЛОФИТНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЕВРОПЫ

Т.М. Лысенко^{1,2}

¹ФГБУН Институт экологии Волжского бассейна РАН; Тольятти, Россия, e-mail: ltm2000@mail.ru

²ФГБУН Ботанический институт экологии Волжского бассейна РАН; Санкт-Петербург, Россия

Кратко охарактеризована современная система высших синтаксонов растительности засоленных почв Европы. Приведен синопсис синтаксонов.

Система синтаксонов галофитной растительности Европы начала разрабатываться в период становления подхода Ж. Браун-Бланке [1, 7] и позднее неоднократно перерабатывалась [2-4, 6, 8]. Последняя критическая ревизия классификации растительности Европы завершена в 2016 г. [5]. Далее кратко характеризуем классы и порядки, представляющие растительность засоленных почв.

Галофитная растительность лесостепной и степной зон представлена сообществами класса *Festuco-Puccinellietea*, который объединяет многолетнюю травяную растительность первично и вторично засоленных местообитаний внутриконтинентальных регионов Евразии. Класс включает порядки *Puccinellietalia* (мезоксерофитная растительность засоленных пастбищ субконтинентальной и субсредиземноморской зон южных регионов Центральной и Южной Европы), *Halo-Agropyretalia* (галофитная растительность тяжелых суглинистых солонцовых почв Аппеннин, Балкан и Крыма), *Artemisio santonicae-Limonietalia gmelinii* (галофитная растительность солонцовых почв и солонцов лесостепной и степной зон Украины и России), *Artemisietalia pauciflorae* (галофитная растительность солонцовых почв и солонцов Прикаспийской низменности и прилегающих территорий в пределах подзоны опустыненных степей степной зоны и пустынной зоны), *Scorzonero-Juncetalia gerardii* (влажные засоленные луга и пастбища Паннонского и Сарматского регионов Центральной и Восточной Европы) и *Glycyrrhizetalia glabrae* (влажные засоленные аллювиальные луга долин рек Дон, Волга и Урал в степной и пустынной зонах).

Класс *Crypsietea aculeatae* и порядок *Crypsietalia aculeatae* включают пионерную травяную растительность на периодически затопляемых засоленных местообитаниях субсредиземноморских и континентальных регионов Евразии.

Галофитная растительность подзоны опустыненных степей степной зоны и пустынной зоны отнесена к классам *Tamaricetea arceuthoidis*, *Kalidietea foliati* и *Aeluropodetea littoralis*. Первый класс объединяет кустарниковые сообщества опустыненных степей и пустынь долины Нижней Волги, Ближнего Востока, Центральной Азии, Восточного Китая и Монголии. Ему подчинен порядок *Elaeagno turcomanicae-Tamaricetalia ramosissima*, включающий кустарниковые сообщества опустыненных степей и пустынь долины Нижней Волги и Центральной Азии.

К классу *Kalidietea foliati* принадлежат внутриконтинентальные гипергалофитные кустарничковые и полукустарничковые сообщества берегов соленых озер и морей Восточной Европы и Центральной Азии. Классу подчинены порядки *Kalidietalia foliati* (ирано-туранская растительность с преобладанием гипергалофитных кустарничков на сильно засоленных почвах в пустынной зоне) и *Halimionetalia verruciferae* (понтийско-сарматские и крымские засоленные луга на глинистых почвах, богатые полукустарниками, в пределах степной зоны Румынии, Молдовы, Украины и России).

Класс *Aeluropodetea littoralis* и подчиненные ему порядок *Aeluropodetalia littoralis* включают гипергалофитные злаковые сообщества временно затопляемых аллювиальных местообитаний подзоны опустыненных степей и пустынной зоны в пределах долины реки Урал, Ближнего Востока и Центральной Азии.

Средиземноморская кустарниковая растительность представлена классом *Nerio-Tamaricetea* и порядком *Tamaricetalia africanae*, объединяющими циркумсредиземноморскую и макаронезийскую прибрежную кустарниковую растительность.

Растительность прибрежных засоленных местообитаний представлена классом *Sagine-tea maritima* (атлантико-средиземноморская и макаронезийская прибрежная эфемерная растительность засоленных нарушенных местообитаний и внутриконтинентальных засоленных нарушенных местообитаний) и порядками *Saginetalia maritima* (атлантико-средиземноморская эфемерная растительность на песчаных почвах нарушенных засоленных маршей) и *Frankenietalia pulverulenta* (эфемерная растительность глинистых и илистых засоленных местообитаний Средиземноморья).

Растительность засоленных и солоноватых вод и болот представлена 4 классами. Класс *Spartinetea maritima* и порядок *Spartinetalia glabrae* объединяют пионерную многолетнюю растительность приливной зоны умеренных морей.

Класс *Therosalicornietea* включает пионерную растительность однолетних суккулентных галофитов на прибрежных приливных илистых и внутриконтинентальных неравномерно затопляемых засоленных местообитаниях Евразии. Ему подчинены 2 порядка. Порядок *Therosalicornietalia* объединяет пионерную растительность однолетних суккулентных галофитов

на прибрежных приливных илистых и внутриконтинентальных неравномерно затопляемых засоленных местообитаниях Средиземного моря, а также субарктических, бореальных и умеренных областей Европы. Порядок *Camphorosmo-Salicornietalia* включает евразийскую субконтинентально-континентальную галофитную растительность с преобладанием однолетних суккулентов на солончаках и солонцовых почвах внутриконтинентальных засоленных местообитаний.

К классу *Juncetea maritimi* принадлежит многолетняя травяная растительность прибрежных засоленных маршей и морских скал Средиземного моря, Атлантического и Северного Ледовитого океанов. Ему подчинены 4 порядка. Первый, *Juncetalia maritimi*, объединяет средиземноморскую и атлантическую высокотравную растительность засоленных ветландов. Порядок *Agropyretalia pungentis* включает гало-нитрофильную травяную растительность на подверженных воздействию соляных брызг песчаных и глинистых берегах умеренных атлантических и средиземноморских регионов Европы. Порядок *Puccinellio maritimae-Salicornietalia* объединяет растительность засоленных маршей умеренных и бореальных регионов Европы. К порядку *Puccinellietalia phryganodis* принадлежит растительность арктических и бореальных засоленных маршей Северной Атлантики и Северного Ледовитого океана.

Класс *Salicornietea fruticosae* включает средиземноморскую и атлантическую многолетнюю растительность засоленных маршей с преобладанием травянистых растений и кустарничков. Ему подчинены 3 порядка. К первому, *Salicornietalia fruticosae*, отнесена средиземноморская и атлантическая прибрежная растительность, подверженную приливам, и растительность временно затопляемых внутриконтинентальных местообитаний с преобладанием галофитных суккулентных полукустарничков и кустарничков. Порядок *Limonietalia* объединяет западно- и центральносредиземноморскую растительность засоленных редко затопляемых депрессий и микроповышениях внутриконтинентальных засоленных местообитаний. Порядок *Limoniasrietalia guoynoniani* включает гипергалофитную кустарничковую растительность песчаных местообитаний островов южного Средиземноморья и Северной Африки.

Синописис высших классификационных единиц растительности засоленных почв Европы имеет вид:

Festuco-Puccinellietea Soó ex Vicherek 1973

Puccinellietalia Soó 1947

Festucion pseudovinae Soó 1933

Peucedano officinalis-Asterion sedifolii Borhidi 1996

Puccinellion limosae Soó 1933

Puccinellion convolutae Micevski 1965

Puccinellion lagascae Rivas-Mart. in Rivas-Mart. et M. Costa 1976 corr. Alonso et De la Torre 2004

Halo-Agropyretalia Ferrari et Speranza 1975

Halo-Artemision Pignatti 1953

Artemision maritimae Micevski 1970

Atraphaxo-Capparidion Korzhenevskii 1992

Artemisio santonicae-Limonietalia gmelinii Golub et V. Solomakha 1988

Plantagini salsae-Artemision santonici Lysenko et Mucina in Lysenko et al. 2011

Limonion sareptani Golub 1994

Limonion tomentelli Agafonov et Golub in Golub 1994

Puccinellion giganteae Dubyna et Neuhäuslová 2000

Festuco valesiacae-Limonion gmelinii Mirkin in Golub et V. Solomakha 1988

Diantho guttati-Milion vernalis Umanets et V. Solomakha 1998

Artemisietalia pauciflorae Golub et Karpov in Golub et al. 2005

Artemisio pauciflorae-Camphorosmion monspeliacae Karpov 2001

Alhagion pseudalhari Golub et Czorbádze in Golub 1994

Scorzonero-Juncetalia gerardii Vicherek 1973

Juncion gerardii Wendelberger 1943

Beckmannion eruciformis Soó 1933
Carici dilutae-Juncion gerardii Lysenko et Mucina 2015
Agrostio stoloniferae-Beckmannion eruciformis Mirkin in Barabash et al. 1989
Cirsion esculenti Golub 1994
Glycyrrhizetalia glabrae Golub et Mirkin in Golub 1995
Glycyrrhizion echinatae Golub et Saveleva in Golub 1995
Glycyrrhizion korshinskyi Lysenko 2010
Glycyrrhizion glabrae Golub et Mirkin in Golub 1995.
Crypsietea aculeatae Vicherek 1973
Crypsietalia aculeatae Vicherek 1973
Cypero-Spergularion salinae Slavnić 1948
Heleochloion schoenoidis Br.-Bl. Ex Rivas Goday 1956
Lepidion latifolii Golub et Mirkin in Golub 1995
Tamaricetea arceuthoidis Akhani et Mucina 2015
Elaeagno turcomanicae-Tamaricetalia ramosissimae Akhani et Mucina 2015
Agropyro fragilis-Tamaricion ramosissimae Golub in Barmin 2001
Kalidietea foliati Mirkin et al. ex Rukhlenko 2012
Kalidietalia foliati Golub et al. 2001
Kalidion caspici Golub et al. 2001
Climacoptero crassae-Suaedion acuminatae Golub et Čorbadze 1989 corr. Lysenko et Mucina 2015
Halimionetalia verruciferae Golub et al. 2001
Artemisio santonicae-Puccinellion fominii Shelyag-Sosonko et al. 1989
Camphorosmo-Agropyron desertorum Korzhenevsky et Klyukin ex Golub et al. 2006
Aeluropodetea littoralis Golub et al. 2001
Aeluropodetalia littoralis Golub et al. 2001
Elytrigio-Aeluropodion Ageleulov et Golub in Golub 1995
Nerio-Tamaricetea Br.-Bl. et O. de Bolòs 1958
Tamaricetalia africanae Br.-Bl. et O. de Bolòs 1958
Tamaricion africanae Br.-Bl. et O. de Bolòs 1958
Tamaricion boveano-canariensis Izco et al. 1984
Rubo ulmifolii-Nerion oleandri O. de Bolòs 1958
Securinegion buxifoliae Rivas Goday ex López Sáez et Velasco-Negueruela 1995
Tamaricion dalmatica Jasprica in Jasprica, Kovačić & Ruščić 2016
Rubo sancti-Nerion oleandri Brullo et al. 2004
Saginetea maritima Westhoff et al. 1962
Saginetalia maritima Westhoff et al. 1962
Saginion maritima Westhoff et al. 1962
Spergularion macrorhizae Gamisans 1990
Junco ranarii-Plantaginion commutatae Horvatić 1934
Romuleo-Saginion (Wolff 1968) Mucina 2016
Sileno sedoidis-Catapodion loliacei de Foucault et Bioret 2010
Frankenietalia pulverulenta
Frankenion pulverulenta Rivas-Mart. ex Castroviejo et Porta 1976
Polypogonion subspathacei Gamisans 1990
Gaudinio-Podospermion cani S. Brullo et Siracusa 2000
Pholiuro-Spergularion Pignatti 1952
Mesembryanthemion nodiflori Nègre 1959
Mesembryanthemion crystallini Rivas-Mart. et al. 1993
Spartinetea maritima Beeftink 1962
Spartinetalia glabrae Conard 1935
Spartinion glabrae Conard 1935
Therosalicornietea Tx. in Tx. et Oberd. 1958

Therosalicornietalia Pignatti 1952
Therosalicornion Br.-Bl. 1933
Salicornion dolichostachyo-fragilis Géhu et Rivas-Mart. in Géhu et Géhu-Franck 1984
Salicornion ramosissimae Tx. 1974
Camphorosmo-Salicornietalia Borhidi 1996
Salicornion prostratae Géhu 1992
Suaedion acuminatae Golub et Tsorbadze in Golub 1995 corr. Lysenko et Mucina 2015
Microcnemion coralloidis Rivas-Mart. et Géhu in Rivas-Mart. 1984
Thero-Camphorosmion annuae Vicherek 1973
Camphorosmo songoricae-Suaedion corniculatae Freitag et al. 2001
Juncetea maritimi Br.-Bl. in Br.-Bl. et al. 1952
Juncetalia maritimi Br.-Bl. ex Horvatić 1934
Juncion maritimi Br.-Bl. ex Horvatić 1934
Frankenio laevis-Armerion maritimae Géhu et Géhu-Franck 1975
Plantaginion crassifoliae Br.-Bl. in Br.-Bl. et al. 1952
Limonion etrusci Viciani et al. 2012
Agropyro-Plantaginion maritimi Horvatić 1934
Agropyretalia pungentis Géhu 1968
Agropyron pungentis Géhu 1968
Agrostio-Elytrigion athericae S. Brullo et Siracusa 2000
Agropyro-Artemision coerulescentis Pignatti 1953
Puccinellio maritimae-Salicornietalia Br.-Bl. et De Leeuw 1936
Festucion maritimae Christiansen 1927
Puccinellio maritimae-Spergularion salinae Beeftink 1965
Armerion maritimae Br.-Bl. et De Leeuw 1936.
Puccinellietalia phryganodis Hadač 1946
Puccinellion phryganodis Hadač 1946
Caricion glareosae Nordhagen 1954
Dupontion fischeri Hadač 1946.
Salicornietea fruticosae Br.-Bl. et Tx. ex A. Bolòs y Vayreda et O. de Bolòs in A. Bolòs y Vayreda 1950
Salicornietalia fruticosae Br.-Bl. 1933
Salicornion fruticosae Br.-Bl. 1933
Arthrocnemion glauci Rivas-Mart. et Costa M. 1984
Suaedion brevifoliae Br.-Bl. et O. de Bolòs 1958
Limonietalia Br.-Bl. et O. de Bolòs 1958
Lygeo-Lepidion cardaminis Rivas Goday et Rivas-Mart. in Rivas-Mart. et M. Costa 1984
Lygeo sparti-Limonion furfuracei Rigual 1972
Limonion catalaunico-viciosoi Rivas-Mart. et M. Costa 1984
Limonion algarvensi-lanceolati J.C. Costa et al. 2012
Limonion confusi (Br.-Bl. 1933) Rivas-Mart. et M. Costa 1984
Triglochino barrelieri-Limonion glomerati Biondi et al. 2001
Limoniastrietalia guoynoniani Guinochet 1951
Limoniastrion monopetali Pignatti 1952
Halocnemion cruciati Biondi et al. 2013

Исследования выполнены при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ 16-04-00747а.

Список литературы

1. Braun-Blanquet J. Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. 3. Aufl. – Wien-New York, 1964. – 865 S.

2. Golub V. B. Class *Asteretea tripolium* on the Territory of the Former USSR and Mongolia // *Folia Geobot. Phytotax.* 1994. № 29. – P. 251-312.
3. Mucina L. *Puccinellio-Salicornietea* // *Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil I. Anthropogene Vegetation* / Heraus. L. Mucina, G. Grabherr, Th. Ellmauer. – Jena: Gustav Fischer Verlag, 1993. – S. 523-549.
4. Mucina L. Conspectus of classes of European vegetation // *Special features in vegetation science. European Vegetation Survey: Case Studies* / ed. by L. Mucina, S. Pignatti, J. S. Rodwell, J. H. J. Schaminée, M. Chytrý. – Uppsala. 1997. Vol. 14. – P. 11-66.
5. Mucina L. Vegetation of Europe: Hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities / Mucina L., Bültmann H., Dierßen K., Theurillat J.-P., Rau, T., Čarn, A., Šumberová K., Willner W., Dengler J., Gavilán García R., Chytrý M., Hájek M., Di Pietro R., Iakushenko D., Pallas J., Daniéls F.J.A., Bergmeier E., Santos Guerra A., Ermakov N., Valachovič M., Schaminée J.H.J., Lysenko T., Didukh Y.P., Pignatti S., Rodwell J.S., Capelo J., Weber H.E., Solomeshch A., Dimopoulos P., Aguiar C., Hennekens S.M., Tichý L. // *Applied Vegetation Science.* 2016. V. 19. № 1. – 3-264 p.
6. Rodwell J. S. The diversity of European Vegetation. An overview of phytosociological alliances and their relationships to EUNIS habitats / Rodwell J. S., Schaminée J. H. J., Mucina L., Pignatti S., Dring J., Moss D. – Wageningen, 2002. – 168 p.
7. Soó R. Conspectus des groupements végétaux dans les Bassins Carpathiques I. Les associations halophiles. – Debrecen: Edition de l'Institut Botanique de l'Université á Debrecen, 1947. – 60 p.
8. Vicherek J. Die Pflanzengesellschaften der Halophyten- und Subhalophyten vegetation der Tschechoslowakei. *Vegetace CSSR A5.* – Prag: Academia, 1973. – 200 p.

НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ДВУХ ПОДХОДОВ К КРУПНОМАСШТАБНОМУ КАРТОГРАФИРОВАНИЮ ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ЮЖНОМ НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ РОССИИ

Ю.А. Семенищенков

ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»; Брянск, Россия,
e-mail: yuricek@yandex.ru

Проведен сравнительный анализ планов лесоустройства и геоботанических планов, выполненных на основе метода Ж. Браун-Бланке, для 3 модельных лесных массивов, расположенных в пределах разных ботанико-географических районов со своеобразными климатическими и эдафическими условиями в Южном Нечерноземье России (Брянская и Смоленская области).

Интеграция многосторонних таксационных характеристик насаждений, потенциальной и реальной динамики растительности и экологических особенностей местообитаний является проблемой при выборе подхода к классификации лесной растительности для отображения на карте или плане. В лесном хозяйстве Российской Федерации используются *планы лесонасаждений* – схематические картографические материалы, отражающие пространственное расположение таксационных выделов, качественную структуру земель и насаждений лесного фонда лесничества [6, 7]. План лесонасаждений создается на плане лесничества окраской таксационных выделов покрытых лесной растительностью земель по преобладающим породам и группам возраста [3, 4]. Широкое внедрение таких картографических материалов соответствует общей тенденции значительной генерализации в практической лесной картографии в России и подвергалось определенной критике еще в середине XX в. [8]. При этом принципы изображения лесов установились еще в XIX в. Созданные на такой основе планы, следуя А. Г. Исаченко [5], дают только косвенное представление о растительном покрове и имеют ограниченное значение как для географии растительности, так и для лесного хозяйства.

В последние десятилетия подходом, находящим применение в лесном геоботаническом картографировании, становится флористическая классификация по методу Ж. Браун-Бланке [14]. Синтаксоны (единицы классификации для изображения на карте), следуя данному методу, должны быть охарактеризованы строго определенным флористическим составом и имеют четкое экологическое и хорологическое содержание. Распространение таких единиц в разном географическом масштабе отражает общие закономерности климата и локального

распределения эдафических условий и обеспечивает возможность выявления индикаторных групп видов растений, соответствующих типам лесорастительных условий и легко опознаваемых в практике лесоводческих работ, на основе закрепленных в диагнозе синтаксона фитоценотических связей видов [1].

Основная картографируемая единица в крупном масштабе с позиций флористической классификации – *ассоциация* с набором *вариантов*, устанавливаемых по эколого-фитоценотическому принципу, в том числе по доминированию отдельных видов в разных ярусах, передающему «образность» синтаксономических единиц, а также *фаций*, объединяющих временные сообщества на стадиях сукцессии и безранговых *сообществ* [10].

Чаще всего в рамки одной «флористической» ассоциации укладываются несколько доминантных ассоциаций, которые при этом могут соответствовать либо вариантам, либо фациям. Большой объем единиц флористической классификации, по сравнению с дробными типологическими элементами на плане лесонасаждений, позволяет использовать систему выделов плана лесонасаждений масштаба 1:25000 для выявления ее соответствия единицам флористической классификации ранга ассоциации, субассоциации, варианта, фации. Однако обратная адекватная трансформация перечисленных единиц затруднительна. В целом при картографировании на основе флористической классификации число выделяемых типологических единиц обычно меньше, чем при использовании доминантного подхода. Недавно такая закономерность была продемонстрирована на примере болотной растительности [2].

Действительно, к одной «флористической» ассоциации могут быть отнесены насаждения разного возраста, доминантного состава, бонитета и других показателей продуктивности, которые на планах лесоустройства обычно выделяются в отдельные выделы. Это обстоятельство важно для понимания динамического статуса растительности в смысле представлений об «эпиассоциации» В. Б. Сочавы [12] и установления динамической близости к ней имеющих лесных сообществ. Карта с изображением таких эпитаконов дает ценную информацию о современном составе и состоянии лесов, об их динамических тенденциях, на основе чего можно делать прогнозы и давать правильные оценки современного состояния растительности [13]. Фактически эпитаконом можно считать специально обозначенную единицу классификации, соответствующую серии типов леса, объединяющей коренные и соответствующие производные типы. В настоящей работе мы принимаем ее равной рангу ассоциации, выделяемой на основе флористической классификации.

Для сравнительного анализа картографических материалов нами были выбраны 3 модельных лесных массива, расположенных в пределах разных ботанико-географических районов со своеобразными климатическими и эдафическими условиями в Южном Нечерноземье России (Брянская и Смоленская области) (таблица). Единицы ботанико-географического районирования указаны по Ю. А. Семенищенкову [9]. Для модельных участков на картографической основе, подготовленной дешифрированием космоснимков Филиалом ФГБУ Рослесинфорг Заплеспроект (г. Брянск), были составлены планы лесонасаждений и геоботанические планы. Визуализация проведена с использованием пакета MapInfo Professional 12.0 в масштабе 1:25 000. Приведенные фрагменты объединяют наиболее характерные для модельных участков типы лесных насаждений и растительных сообществ.

Для создания геоботанических планов на основе флористической классификации изучение лесной растительности модельных участков проведено детально-маршрутным методом. При этом на маршрутах, проложенных через максимальное число ранее обозначенных выделов, зафиксированы сообщества установленных синтаксонов флористической классификации. Для разработки классификации произведено описание растительных сообществ на квадратных площадях размером 400 м². При описании выявлялся полный флористический состав сообществ. Синтаксоны растительности установлены в соответствии с принципами флористической классификации [14] и дедуктивного подхода к классификации [15]. Соответствие картографируемых единиц типам лесорастительных условий (ТЛЮ) установлено по Ю.А. Семенищенкову [11].

Таблица – Характеристика объектов исследования и количество типологических единиц, выделенных на планах лесонасаждений и геоботанических планах

Название лесничества и физико-географические особенности территории	Преобладающая растительность	Количество типологических единиц	
		на плане лесонасаждений	на геоботаническом плане
Хмелитское участковое лесничество Вяземского лесничества (Смоленская обл., Вяземский р-н). Расположено на территории Вяземской возвышенности в пределах Верхнеднепровско-Вяземского ботанико-географического района (подзона широколиственно-еловых лесов). Пологоволнистые моренные равнины с покровом лёссовидных суглинков. Преобладают дерново-подзолистые суглинистые почвы.	Еловые и широколиственно-еловые леса с кустарниковым ярусом и травяным покровом с преобладанием неморальных видов.	10	7
Жирятинское участковое лесничество Выгоничского лесничества (Брянская обл., Выгоничский р-н). Занимает участок древнеаллювиальной террасы р. Судость в пределах Судость-Среднедеснинского ботанико-географического района в пределах зоны широколиственных лесов. Распространены волнисто-западинные полого-холмистые равнины со светло-серыми и дерново-подзолистыми суглинистыми и супесчаными почвами.	Широколиственные и сосново-широколиственные леса.	18	5
Хинельское участковое лесничество Севского лесничества (Брянская обл., Севский р-н). Лежит в пределах Свапа-Окского ботанико-географического района в зоне широколиственных лесов. Занимает полого-холмистую равнину в пределах древней ложбины ледникового стока у западного края Среднерусской возвышенности с широким распространением серых лесных суглинистых почв, подстилаемых моренными отложениями.	Широколиственные, сосново-широколиственные и сосновые леса.	21	8

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы.

1. Сравнение планов лесонасаждений и геоботанических планов изучаемых лесных массивов демонстрирует различие в числе выделяемых типологических единиц. Во всех случаях отмечается меньшее их число на геоботанических планах при выбранном масштабе картографирования.

Уменьшение числа типологических единиц связано, во-первых, с отсутствием информации о возрасте насаждений, что можно считать недостатком геоботанического плана; во-вторых, с объединением некоторых лесных насаждений с преобладанием разных коренных пород в единую ассоциацию (например, асс. *Fraxino-Quercetum*, объединяющая ясеневые, дубовые и ясенево-дубовые леса).

Однако одним и тем же типологическим единицам, выделяемым по преобладанию древесных пород, могут соответствовать различные единицы флористической классификации, что может увеличить число типологических единиц на геоботаническом плане. Так, например, сосновые и еловые леса в культурах на модельных участках в пределах зоны широколиственных лесов (Жирятинское, Хинельское лесничества) обозначены как базальные сообщества, а на территории Хмелитского лесничества (подзона подтайги) еловые леса отнесены к зональной ассоциации *Rhodobryo-Piceetum*. При этом на планах лесонасаждений всех лесничеств перечисленные единицы не дифференцированы и получили одинаковое обозначение, соответствующее еловым лесам.

Особенности метода флористической классификации, при котором выделение единиц, в первую очередь, основано на сравнении флористического состава растительных сообществ,

позволяет в ряде случаев отнести и естественные насаждения, и лесные культуры к единому синтаксону, что также сокращает число типологических единиц на плане.

2. На планах лесонасаждений адекватно показаны современный породный состав и возраст изучаемых насаждений, однако не отражены динамические связи лесных сообществ разных типов. В этом смысле более эффективным для отражения динамики растительности и генетической связи лесных сообществ является их изображение согласно принятой при создании геоботанических планов методике. При этом сукцессионный статус сообществ и связь с единицами более высоких рангов закреплен в выделении временных фаций с доминированием в древостое мелколиственных пород на месте коренных широколиственных или хвойных лесов.

Дедуктивный подход с выделением безранговых базальных сообществ позволяет также выделять в отдельные синтаксоны и неустойчивые во времени, несформировавшиеся или обедненные по флористическому составу сообщества. Обычно такие леса формируются на изученных участках в культурах хвойных в зоне широколиственных лесов. В эту же категорию попадают и несформировавшиеся «полулесные» сообщества на низинных болотах, нередко формирующиеся после рубок, инициирующих или усиливающих заболачивание в условиях колеблющегося увлажнения.

3. Использование единой колометрической схемы для лесных насаждений в разных климатических и эдафических условиях, отраженных в системе ТЛУ, можно считать не вполне корректным. Насаждения с преобладанием одной и той же породы могут соответствовать различным зонально обусловленным ТЛУ. При этом сообщества некоторых синтаксонов флористической классификации могут формироваться в разных ТЛУ, разнообразие которых соответствует ширине экологической амплитуды типов растительных сообществ. Чем более стенотопны сообщества, тем меньшее число ТЛУ соответствует их местообитаниям.

Созданные планы лесонасаждений и геоботанические планы могут быть разносторонне востребованы в лесном хозяйстве. Традиционный план лесонасаждений широко используется при планировании лесохозяйственных мероприятий. Однако геоботанический план, созданной по описанной в статье методике, дополнен информацией о динамических связях насаждений, а значит позволяет более эффективно предсказывать сценарии их развития в известных лесорастительных условиях. Кроме того, картографические материалы на предлагаемой геоботанической основе отражают общие ботанико-географические тенденции растительности, а синтаксоны флористической классификации всегда имеют определенное хорологическое содержание, то есть могут быть использованы как зонально-климатические индикаторы. Данная особенность отражена в их соответствии типам лесорастительных условий, специфично выделяемых для разных природных зон.

Более широкое внедрение в лесохозяйственную практику картографических материалов на геоботанической основе и, в частности, на основе флористической классификации лесной растительности возможно, однако оно затруднено несколькими обстоятельствами. Во-первых, сложностью идентификации растительных видов-индикаторов синтаксонов лесной растительности, требующей высокой квалификации специалистов. Во-вторых, необходимостью предварительного полного геоботанического описания лесных сообществ для разработки синтаксономии, которое можно считать более затратным и длительным по времени, чем традиционное таксационное описание насаждений. Кроме того, выделение единиц флористической классификации в большинстве случаев невозможно на основе тематической интерпретации данных дистанционного зондирования Земли или материалов аэрофотосъемки, так как диагностические элементы синтаксонов растительности не идентифицируются при подобных дистанционных методах изучения растительного покрова.

Список литературы

1. Булохов А.Д. Фитоценотические связи как критерий сохранения редких видов региональной флоры / Булохов А.Д., Семенищенков Ю.А., Панасенко Н.Н., Харин А.В. // Бюллетень Брянского отделения Русского ботанического общества. – 2016. – № 1 (7). – С. 10-22.

2. Груммо Д.Г. Методические подходы к построению крупномасштабных карт растительности болот с использованием данных дистанционного зондирования и современных информационных технологий / Груммо Д.Г., Ильючик М.А., Русецкий С.Г. // Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования и охраны: Мат. II Междунар. науч. семинара (Минск, 24–25 сентября 2015 г.). – Минск: Колорград, 2015. – С. 24-31.
3. Инструкция о порядке создания и размножения лесных карт. – М.: Государственный комитет СССР по лесному хозяйству, 1987. – 80 с.
4. Инструкция по проведению лесоустройства в лесном фонде России. Ч. 2: Камеральные работы. – М.: Федеральная служба лесного хозяйства России, 1995. – 112 с.
5. Исаченко А.Г. Физико-географическое районирование. Т. 2 / Исаченко А.Г. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1960. – 231 с.
6. О правилах проведения лесоустройства: постановление Правительства Российской Федерации от 18 июня 2007 г. № 377. – М., 2009. – 72 с.
7. Приказ Рослесхоза «Об утверждении Методических рекомендаций по проведению государственной инвентаризации лесов» от 10.11.2011 N 472 (ред. от 07.05.2013).
8. Розенберг В.А. О принципах составления лесных карт / Розенберг В.А. // Принципы и методы геоботанического картографирования. – М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1962. – С. 98-103.
9. Семенищенков Ю.А. Ботанико-географическое районирование бассейна Верхнего Днепра (Россия) на основе синтаксономии лесной растительности / Семенищенков Ю.А. // Бот. журн. – 2015. – Т. 100. – № 7. – С. 625-657.
10. Семенищенков Ю.А. К проблеме выбора ранга классификации для отражения фитоценотического разнообразия лесной растительности (на примере бассейна Верхнего Днепра) / Семенищенков Ю.А. // Тез. докл. III (XI) Международной Ботанической Конференции молодых ученых в Санкт-Петербурге 4 – 9 октября 2015 года. – СПб.: БИН РАН, 2015. – С. 127.
11. Семенищенков Ю.А. Эколого-флористическая классификация как основа ботанико-географического районирования и охраны лесной растительности бассейна Верхнего Днепра (в пределах Российской Федерации) / Семенищенков Ю.А. Дисс. ... докт. биол. наук. – Уфа: БашГУ, 2016. – 558 с.
12. Сочава В.Б. Растительные сообщества и динамика природных систем / Сочава В.Б. // Докл. ин-та географии Сибири и Дальнего Востока. – 1968. – Вып. 20. – С. 12-22.
13. Юрковская, Т.К. Геоботаническое картографирование и составление аналитических карт растительности / Юрковская Т.К. // Актуальные проблемы геоботаники. III Всеросс. школа-конф. Лекции. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. – С. 43-71.
14. Braun-Blanquet J. Pflanzensoziologie / J. Braun-Blanquet. – 3. Aufl. Wien; N.–Y., 1964. – 865 S.
15. Корецьку К. A new approach to the classification of antropogenic plant communities / Корецьку К., Hejný S. – Vegetatio. – 1974. – Vol. 29 – P. 17-20.

ЧУЖЕРОДНАЯ ФЛОРА СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ: РАЗНООБРАЗИЕ И СТРУКТУРА

С.А. Сенатор

Институт экологии Волжского бассейна Российской академии наук; Тольятти, Россия,
e-mail: stsенатор@yandex.ru

Впервые представлены сведения о разнообразии и структуре чужеродной флоры Среднего Поволжья, составляющей 24,6% от общего флористического разнообразия. Проанализировано 440 видов, относящихся к 260 родам и 70 семействам. Обращено внимание на некоторые методические аспекты выявления и анализа чужеродной флоры.

Целенаправленное изучение чужеродных (адвентивных, заносных) видов растений ведется со второй половины XIX в., когда их приток в Европу резко возрос и многие ботаники начали сообщать о находках вновь прибывших видов. Одними из первых исследователей, обративших внимание на чужеродные виды растений, были Чарльз Лайель, Александр фон Гумбольдт, Йоаким Фредерик Скоу, Альфонс Декандоль и Джозеф Гукер. Уже в 1958 г. вышла книга английского эколога Чарльза Элтона «*The Ecology of Invasions by Animals and Plants*», считающаяся отправной точкой для систематического изучения биологических инвазий и являющаяся в настоящее время одним из наиболее цитируемых источников по этой проблеме, хотя термин «инвазионный вид» впервые упоминается у Эдмунда Гезе уже в 1882 г., а чуть позже – в 1885 г., встречается в работе Эдуарда Леманна.

В настоящее время инвазии чужеродных видов – масштабное явление, представляющее угрозу биологическому разнообразию и являющееся одной из самых серьезных экологических проблем, стоящих перед человечеством [3, 6, 9, 11, 13, 14]. Одной из национальных целевых задач, обозначенных в Стратегии и Плана действий по сохранению биологического разнообразия Российской Федерации [11], является идентификация и ранжирование чужеродных инвазионных видов и путей их интродукции и распространения, а в отношении приоритетных инвазионных видов и путей их интродукции, осуществление мер регулирования или искоренения к 2020 г.

Вместе с тем далеко не каждый российский регион обладает перечнем чужеродных видов растений. Наиболее подробные сводки с детальным анализом составлены для Москвы и Московской области, Республики Удмуртия, Воронежской, Калужской и Тверской областей, Верхневолжского региона. Активно исследуется чужеродная флора Дальнего Востока.

На практике исследователи сталкиваются с рядом проблем, среди которых, по справедливому мнению С.Р. Майорова с соавт. [4], – разногласия в употреблении некоторых терминов, отсутствие необходимого методологического и методического обеспечения и, как следствие, достаточно формальный анализ чужеродных флор. Кроме того, сказывается отсутствие объединяющего центра, координирующего действия флористов, занимающихся изучением чужеродной флоры, концентрирующего информацию о распространении чужеродных видов на территории страны, определяющего первоочередные задачи и оказывающего необходимую методическую помощь региональным флористам. Существует Комиссия по инвазионным видам растений Совета ботанических садов России и Беларуси, однако ее деятельность не распространяется на другие организации. Заявленная некоторое время назад база данных по чужеродным видам растений Восточной Европы *AliS (Alien plant species)*, к сожалению, недоступна, хотя в регионах накоплен значительный объем сведений по чужеродной флоре. Отсутствие доступных данных по России отмечено и авторами недавно вышедшего обзора мировой чужеродной флоры [14].

Из положительных моментов – регулярное проведение отечественных конференций по проблемам изучения адвентивной и синантропной флор, организованных по инициативе чл.-корр. РАН В.Н. Тихомирова с 1989 г. и международных симпозиумов «Чужеродные виды в Голарктике», проводимых с 2001 г.; создание информационного портала «Чужеродные виды на территории России» на сайте Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН (<http://www.sevin.ru/invasive/>); издание с 2008 г. Российского журнала биологических инвазий и его переводной версии (<http://www.sevin.ru/invasjour/>).

Долгое время чужеродные растения Среднего Поволжья не были предметом специального изучения, однако данные об их распространении можно найти во многих региональных флористических работах. Опубликованные в 2012 и 2014 гг. сводки по флоре Самарской и Ульяновской областей позволили приступить к анализу региональной чужеродной флоры.

Флористическое богатство Среднего Поволжья, занимающего площадь 90,9 тыс. км² (в границах Самарской и Ульяновской областей), составляет не менее 1990 видов, относящихся к 695 родам и 138 семействам. Адвентивная фракция флоры региона представлена 490 видами и составляет 24,6% от всей флоры [8]. Из них в анализ включено 440 видов, относящихся к 260 родам и 70 семействам (90% от общего видового разнообразия). В таком объеме флора региона анализируется впервые. По флористическому богатству чужеродной флоры регион сопоставим с такими европейскими государствами, как Румыния, где зарегистрировано 435 чужеродных видов, или Эстония – 416 видов [13].

В анализ не включены виды, не обнаруженные в последние десятилетия, или находки которых не подтверждены гербарным материалом, а также растения, являющиеся в одной части исследуемого региона аборигенными, тогда как в другой части встречающиеся на нарушенных местообитаниях и проявляющие себя как чужеродные. Не включены также виды с сомнительным статусом, адвентивная природа в регионе которых требует подтверждения.

Среднее Поволжье достаточно долгое время было окраиной государства, «диким полем» и лишь в середине XVI в. вошло в состав России, хотя оседлые поселения на этой тер-

ритории существовали уже в X в. и до присоединения к России регион входил в состав таких государств как Волжская Булгария и Казанское ханство, а Великий Волжский путь действовал уже в VIII-XI вв. Это открывало широкие возможности для распространения чужеродных видов растений, которые можно было бы считать археофитами, однако отсутствие гербарного материала и подробных флористических сводок (первая – «Флоры местные приволжских стран» была составлена проф. К. Клаусом лишь в 1852 г.), трудности дифференциации этого компонента от видов апофитной группы не позволяют использовать разграничение кенофитов и археофитов.

Семейственно-видовой спектр чужеродной флоры региона не оригинален и соответствует таковому, составленному, хотя и с некоторыми оговорками, для Европейской части России [5]. Возглавляют спектр семейств Asteraceae (59), Poaceae (54), Brassicaceae (36), Rosaceae (34), Fabaceae (27), Chenopodiaceae (19), Lamiaceae (14), Apiaceae, Caryophyllaceae и Solanaceae (по 11 видов каждое). Девять лидирующих семейств характерны и для европейского спектра [13]. Исключение составляет семейство Solanaceae – на европейском континенте оно уступает семействам Plantaginaceae и Onagraceae. Всего на ведущую десятку семейств приходится 276 видов (62.7%). Прочее 21 семейство содержит от 10 до 3 видов (114 видов, 25.9%), еще 39 семейств содержат от 2 до 1 вида (50 видов, 11.4%).

Родовой спектр в большей степени отражает региональную специфику и, прежде всего, условия географического положения, особенности социально-экономического развития, а также степень флористической изученности территории. Из ведущих родов в европейской флоре [13] среди чужеродных растений в первых 9 родах спектра региональной флоры присутствуют лишь *Euphorbia* и *Chenopodium*. Наибольшее число видов содержит род *Vicia* – 8 видов, по 7 видов – в *Amaranthus* и *Chenopodium*, по 6 видов – в *Euphorbia*, *Rosa* и *Setaria*, по 5 видов – *Allium*, *Lepidium* и *Veronica*. *Chenopodium*, *Euphorbia*, *Veronica*, *Amaranthus*, *Lepidium*, *Vicia* и *Rosa* являются одними из наиболее распространённых видов чужеродной флоры Европейской России [5]. 12 родов содержат по 4 вида, 27 родов – по 3, 44 рода – по 2 и 168 родов представлены единственным видом.

Анализ жизненных форм показывает резкое преобладание однолетников – 235 видов (53.4%), тогда как двулетники представлены 31 видом (7.0%), травянистые многолетники – 97 видами (22.1%), кустарники и кустарнички – 54 видами (12.3%), деревья – 23 видами (5.2%). Значительная доля однолетников и преобладание травянистых растений над древесными в группе чужеродных характерны для большинства регионов Европейской части России. Исключением является регион Москвы и Московской области [1], где травянистые многолетники преобладают (40%) над однолетними растениями (35%).

При анализе географического состава чужеродной флоры Среднего Поволжья ареалы растений были объединены в 8 флорогенетических групп. Выявлено преобладание видов Европееко-азиатской (136 видов, 31.0%, в том числе 40 видов с европееко-югозападноазиатским ареалом) и Азиатской (114 видов, 26.0%, в том числе 40 видов с восточноазиатским ареалом) флорогенетических групп. Существенную роль играют растения американской флорогенетической группы – 89 видов (20.2%), а среди них – североамериканские виды (69). Европейскую группу представляют 68 видов (15.5%). Значительно меньше участие африканских растений (4, 0.9%) и видов, возникших в культуре (18, 4.0%), а также имеющих голарктический (5, 1.1%) и евразийский (6, 1.3%) типы ареалов.

По основным способам заноса чужеродные виды распределяются почти одинаково – 228 ксенофитов, т.е. случайно занесенных видов (51.8%) и 212 эргазиофитофитов, т.е. «беглецов из культуры» (48.2%). Подобная картина наблюдается и в Московском регионе [1], правда с обратным распределением доли участия. Таким образом, чужеродные растения с одинаковой частотой «уходят» из культуры и заносятся стихийно.

При классификации видов чужеродной флоры по степени натурализации использована наиболее распространенная терминологическая система [3, 15, 16] с некоторыми изменениями, предложенными рабочей группой по определению основных понятий и терминов, используемых при изучении адвентивной и синантропной флоры [7]:

○ эфемерофиты (*casual species*) – чужеродные растения, временно присутствующие на нарушенных и полуестественных местообитаниях в течение одного-двух или более лет, не дающие диаспор;

○ колонофиты (*naturalized species*) – чужеродные растения, встречающиеся на вторичных местообитаниях, распространение которых ограничено местами заноса;

○ эпекофиты (*invasive species*) – чужеродные растения, закрепившиеся и успешно размножающиеся в месте заноса, или одичания на нарушенных местообитаниях, иногда образующие заросли, но не распространяющиеся в естественные и полуестественные сообщества;

○ агриофиты (*transformers*) – виды, активно внедряющиеся в естественные и полуестественные сообщества, изменяющие облик экосистем, нарушающие сукцессионные связи, выступающие в качестве эдификаторов и доминантов, образующих значительные по площади одновидовые заросли, вытесняющие и (или) препятствующие возобновлению видов природной флоры. Такая трактовка схожа с понятиями «вид-эдификатор», предложенным В.Н. Сукачевым в 1928 г. и «ключевой вид», предложенным Р. Пэйном в 1969 г., однако использование термина «агриофиты» («трансформеры») оправдано, поскольку указывает на чужеродную природу вида и вносит иерархичность в систему понятий относительно классификации чужеродных видов.

Структура чужеродной флоры Среднего Поволжья по степени натурализации выглядит следующим образом: 146 эфемерофитов (33.2%), 122 колонофита (27.7%), 151 эпекофит (34.3%) и 21 агриофит (4.8%).

Натурализация видов напрямую связана с присущими им жизненными стратегиями, выявление которых имеет большое значение для понимания биологии и экологии чужеродных видов, а также для оценки перспектив их закрепления на новой территории. При определении жизненных стратегий был использован дихотомический ключ, приведенный в работе Дж. Грайма с соавт. [12]. Оценочные результаты представлены в таблице 1.

Таблица – Типы жизненных стратегий чужеродных видов растений Среднего Поволжья

Тип стратегии	Количество видов	
	абс.	%
Стресс-толеранты-рудералы (S-R)	186	42.2
Рудералы (R)	120	27.3
Виды с неопределенным типом стратегии	37	8.4
Конкуренты-рудералы (C-R)	35	8.0
Стресс-толеранты-конкуренты (C-S)	29	6.5
Стресс-толеранты (S)	18	4.1
Сочетание всех трех стратегий (C-S-R)	12	2.8
Конкуренты (C)	3	0.7

На долю видов основных типов жизненных стратегий (R, S и C) приходится 32.1%, из которых преобладающая доля приходится на рудеральные виды, встречающиеся на местообитаниях со значительным уровнем нарушений – в основном это одно- и малолетние сорняки: представители родов *Amaranthus*, *Ambrosia*, *Atriplex*, *Chenopodium*, *Lepidium*, *Cardaria draba*, *Conyza canadensis*, *Cyclachaena xanthiifolia*, *Dodartia orientalis*, *Kochia densiflora* и др. Стресс-толеранты адаптированы к воздействию неблагоприятных факторов и временной доступности ресурсов, характерной для бедных местообитаний. Из травянистых растений к ним относятся виды родов *Corispermum*, *Leymus*, *Juncus tenuis*, *J. dichotomus*, из древесных – *Hippophaë rhamnoides* и *Mahonia aquifolium* и др. Чистых конкурентов не много – к ним, пожалуй, можно отнести *Elodea canadensis*, *Lupinus polyphyllus* и *Phragmites altissimus*. Небольшая группа видов обладает чертами всех трех типов стратегий, среди них – *Ballota nigra*, *Onobrychis viciifolia*, *Acorus calamus*, виды родов *Solidago*, *Symphotrichum* и др.

Наиболее многочисленной группой оказались виды стресс-толеранты-рудералы. Большинство из них – дичающие однолетники и малолетники – виды родов *Allium* и *Helianthus*, *Hemerocallis fulva*, *Phalacrolooma septentrionalis*, *Nepeta cataria* и др., а также сорные виды из родов *Centaurea*, *Lamium* и *Senecio*, *Astrodaucus littoralis*, *Chaerophyllum aureum*, *Lamium*

purpureum, *Urtica urens*. Сюда же относятся некоторые древесные растения, например, виды рода *Rosa*, *Chaenomeles japonica*, *Sorbaria sorbifolia* – от стресс-толерантов они отличаются отсутствием адаптивных приспособлений к стрессовым условиям.

Среди конкурентов-рудералов – довольно крупные быстрорастущие малолетние растения (*Conium maculatum*, *Heracleum sosnovskyi*, *Impatiens glandulifera*, *Onopordum acanthium*, *Hyoscyamus niger*, виды рода *Oenothera* и др.), корневищные (виды рода *Symphytum*, *Xanthoxalis stricta*), или корнеотпрысковые (*Acroptilon repens*, *Ambrosia psilostachya*) растения.

К стресс-толерантам-конкурентам относятся виды мест обитаний с низким уровнем нарушений, или прочно внедрившиеся в состав естественных сообществ – *Acer negundo*, *Echinocystis lobata*, *Parthenocissus inserta*, *Ulmus pumila*, виды родов *Epilobium*, *Sambucus* и др.

37 видов имеют неопределенный тип жизненной стратегии, в основном это деревья и кустарники-эргазиофиты.

Среди чужеродных видов выделены ценотически активные (50 видов), малоактивные (46) и неактивные (344). Наибольшее число активных видов представлено однолетниками (27 видов) и многолетниками (14). Среди них – широко распространившиеся виды, активное расселение которых началась во второй половине XX в. и продолжается в настоящее время. Причем активные и малоактивные виды преобладают среди ксенофитов (41), тогда как среди эргазиофитов их гораздо меньше (24 вида). Именно группа ценотически активных растений требует к себе пристального внимания как обладающая наибольшими шансами к натурализации в регионе и дальнейшей широкой экспансии.

Среди видов этой группы – растения, активно натурализующиеся в естественных и полунатуральных местообитаниях (*Atriplex tatarica*, *Conyza canadensis*, *Impatiens parviflora*, *Lepidium densiflorum* и др.), натурализующиеся и активно расселяющиеся по антропогенным местообитаниям (*Acroptilon repens*, *Amaranthus retroflexus*, *Ambrosia trifida*, *Cardaria draba*, *Cuscuta campestris*, *Cyclachaena xanthiifolia*, *Galinsoga ciliata*, *Hordeum jubatum*, *Lepidotheca suaveolens* и др.), а также потенциально инвазионные виды (*Ambrosia artemisiifolia*, *Arrhenatherum elatius*, *Lupinus polyphyllus*, *Sisymbrium volgense*, *Thladiantha dubia* и др.) и виды-трансформеры (*Bidens frondosa*, *Echinocystis lobata*, *Elaeagnus angustifolia*, *Elodea canadensis*, *Heracleum sosnowskyi*, *Impatiens glandulifera*, *Parthenocissus inserta*, *Phragmites altissimus*) [10].

Большая часть вселенцев встречается очень редко (177 видов, 40.2%) и редко (105, 23.9%), в основном они представлены десятками особей, или отдельными экземплярами. Изредка встречаются 75 видов (17%), спорадически – 46 (10.5%) и часто встречаются 37 видов (8.4%).

О динамике чужеродной флоры в регионе пока говорить рано и, подобно А.А. Нотову (2009), сопоставить историческую и современную чужеродные флоры, – слишком мало для этого подробных сведений. В упомянутой выше работе К. Клауса среди отмеченных для региона 794 видов лишь 53 являются чужеродными. Хорошую основу для выявления динамики представляет диссертационная работа С.И. Сидорука «Основные черты растительности Среднего Поволжья», защищенная в 1952 г., в которой приводятся сведения о 1380 видах, в том числе 170 чужеродных растений. Однако приводимые в списке растения не обозначены как чужеродные, что снижает объективность оценки. Кроме того, в списке пропущены 15 видов занесенных растений, известных до момента защиты диссертации по литературным источникам и гербарным материалам, среди них – *Amaranthus blitoides* (известен в Среднем Поволжье с 1945 г.), *Cyclachaena xanthiifolia* (1932-1946 гг.), *Epilobium adenocaulon* [*E. ciliatum*] (1927 г.), *Euphorbia peplis* (1941 г.), *Galinsoga parviflora* (1945 г.), *Lepidium densiflorum* (1930 г.), *Turgenia latifolia* (1931 г.), *Xanthium albinum* (1922 г.). Вместе с тем, можно обнаружить и некоторые тенденции. К примеру, чужеродные виды, встречающиеся в середине XX в. на территории Среднего Поволжья, в настоящее время не обнаруживаются: *Agrostemma githago*, *Cannabis sativa*, *Caucalis platycarpus*, *Datura stramonium*, *Setaria italica*, *Solanum cornutum*, *Vaccaria hispanica*, *Veronica agrestis*, *Xanthium strumarium*.

Только с начала XXI в. выявлено 126 чужеродных видов, новых для региона. Среди находок последнего времени – *Echinochloa esculenta*, *Eriochloa villosa*, *Juncus dichotomus*, *Isa-*

tis praecox, *Petrorhagia saxifraga*, *Malus niedzwetzkyana*, *Potentilla* × *tobolensis*, *Rosa tschatyrdagi*, *Elaeagnus oxycarpa*, *Chaerophyllum aureum* [2].

Таким образом, анализ современных данных о структуре и таксономическом разнообразии чужеродных видов во флоре Среднего Поволжья позволяет сделать следующие общие заключения. В настоящее время наблюдается высокий темп адвентизации региональной флоры – 126 чужеродных видов растений (28.6% от общего их количества) зафиксированы за последние 17 лет. До настоящего времени отсутствует оценка воздействия чужеродных растений на растительный покров региона. Семейственно-видовой спектр чужеродной флоры Среднего Поволжья схож с таковым, составленным для Европейской части России и Европы в целом. Региональная специфика в большей степени отражена в родовом спектре и на видовом уровне – среди ведущих родов чужеродных растений лишь *Euphorbia* и *Chenopodium* входят в десятку лидеров в европейской флоре, а из 150 видов чужеродных растений, наиболее распространенных в Европе [13], в Среднем Поволжье встречаются лишь 84 вида, причем большая часть из них не проявляют высокой активности в исследуемом регионе. Основываясь на данных о ценотической активности, жизненных стратегиях и распространении чужеродных видов в регионе выявлено 59 инвазионных и потенциально инвазионных видов, расселение которых уже вызывает экологические последствия, или может стать угрозой в будущем [10]. Готовящийся в настоящее время конспект чужеродной флоры Среднего Поволжья станет основой для отслеживания динамики и ее интенсивности, а также актуализирует разработку системы эколого-экономической оценки последствий внедрения чужеродных видов растений в региональную флору.

Работа частично поддержана грантом РФФИ № 17-44-630113 р_Поволжье_a.

Список литературы

1. Адвентивная флора Москвы и Московской области / Майоров С.Р., Бочкин В.Д., Насимович Ю.А., Щербаков А.В. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2012. 412 с.
2. Васюков В.М., Раков Н.С., Саксонов С.В., Сенатор С.А. Новые чужеродные растения в Среднем Поволжье // Инвазионная биология: современное состояние и перспективы. Материалы рабочего совещ. (Москва, 10-13 сентября 2014 г.). М.: МАКС Пресс, 2014. С. 53-57.
3. Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун Л.В. Черная книга флоры Средней России (Чужеродные виды растений в экосистемах Средней России). М.: ГЕОС, 2009. 494 с.
4. Майоров С.Р., Новиков В.С., Щербаков А.В., Калинин И.М. Прогресс в изучении адвентивной и синантропной флоры Средней России за последнее десятилетие // Проблемы изучения адвентивной и синантропной флоры России и стран ближнего зарубежья: Материалы IV международ. науч. конф. / Под ред. О.Г. Барановой и А.Н. Пузырева. М.; Ижевск: Ин-т компьютерных исследований, 2012. С. 131-133.
5. Морозова О.В., Стародубцева Е.А., Царевская Н.Г. Адвентивная флора Средней России: итоги инвентаризации // Изв. РАН. Сер. геогр. 2008. № 5. С. 85-94.
6. Нотов А.А. Адвентивный компонент флоры Тверской области: динамика состава и структуры. Тверь: Тверск. гос. ун-т, 2009. 473 с.
7. Панасенко Н.Н., Сенатор С.А. Совещание по проблемам использования терминов при изучении адвентивной и синантропной флоры (г. Тольятти, 15-16 марта 2013 г.) // Бюл. Брянск. отд. Рус. бот. об-ва. 2013. № 1(1). С. 63-64.
8. Сенатор С.А. Флористическое богатство физико-географических районов и схема флористического районирования Среднего Поволжья // Поволж. экол. журн. 2016. № 1. С. 94-105.
9. Сенатор С.А., Розенберг А.Г. Эколого-экономическая оценка от ущерба инвазионных видов растений // Успехи современной биологии. 2016. Т. 136, № 6. С. 531-538.
10. Сенатор С.А., Саксонов С.В., Васюков В.М., Раков Н.С. Инвазионные и потенциально инвазионные растения Среднего Поволжья // Российский журнал биологических инвазий. 2017. № 1. С. 57-69.
11. Стратегия и План действий по сохранению биологического разнообразия Российской Федерации. М., 2014. 275 с.
12. Grime J.P., Hodson J.G., Hunt R. Comparative plant ecology: a functional approach to common British. London: Unwin Hyman, 1988. 742 p.
13. Lambdon Ph.W., Pyšek P., Basnou C., Hejda M., Arianoutsou M. et al. Alien flora of Europe: species diversity, temporal trends, geographical patterns and research needs // Preslia. 2008. Vol. 80. Pp. 101-149.
14. Pyšek P., Pergl J., Essl F., Lenzner B., Dawson W. et al. Naturalized alien flora of the world: species diversity, taxonomic and phylogenetic patterns, geographic distribution and global hotspots of plant invasion // Preslia. 2017. Vol. 89. Pp. 203-274.

15. Pyšek P., Richardson D.M., Rejmanek M., Webster G.L., Williamson M., Kirschner J. Alien plants in checklists and floras: towards better communication between taxonomists and ecologists // Taxon. 2004. Vol. 53, no. 1. Pp. 131-143.

16. Richardson D.M., Pyšek P. Plant invasions: merging the concepts of species invasiveness and community invasibility // Progr. Phys. Geogr. 2006. Vol. 30. Pp. 409-431.

РЕГРЕССИОННЫЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКИ УРОЖАЙНОСТИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

О.В. Созинов¹, Г.Н. Бузук²

¹Гродненский государственный университет им. Я. Купалы; Гродно, Беларусь, e-mail: o.sozinov@grsu.by

²Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет; Витебск, Беларусь, e-mail: buzuk@tut.by

Проведена апробация и анализ различных методических подходов в оценке проективного покрытия и использования уравнений экспресс-оценки ресурсной фитомассы лекарственных растений на примере брусники.

В оценке связей параметров ресурсно-ценотического значения растений используют ряд вариантов регрессионных моделей, в том числе линейную и полиномиальную регрессию, а также экспоненциальную, логарифмическую, аллометрическую, функции роста и асимптотические [2-4, 6, 7, 9, 10]. Установлен нелинейный характер зависимости между урожайностью растительного сырья и проективным покрытием, в связи с не пропорциональным ростом фитомассы относительно проективного тпокрытия при высоких значениях обилия (проективное покрытие регистрируется в двухмерном пространстве (2D-формат), а фитомасса формируется в трехмерном пространстве (3D-формат). Из исследованных Г.Н. Бузуком [3] моделей одной из лучших аппроксимирующих функций для оценки связи проективного покрытия с фитомассой является Weibull (уравнение Вейбулла). Ее преимущество в определении надземной фитомассы на примере брусники (*Vaccinium vitis-idaea* L.) по проективному покрытию показано Г.Н. Бузуком [3] и [8].

Мы провели исследование изменчивости оценки проективного покрытия глазомерным и программным способом (метод точек в программе ImadeJ <https://imagej.nih.gov/ij> [5], плотности запаса сырья (урожайности, г/дм²) и сырьевой цены 1% проективного покрытия брусники при различных масштабах: на уровне фитоценозов, административных районов и сезонов в условиях западной Беларуси. Ресурсы брусники изучены в сосняках мшистого типа и производных от них березняках. Учетные микроплощадки (20x0,09 дм²) закладывали в пределах каждой пробной площади (400 м²) по градиенту проективного покрытия брусники. С каждой площадки снимали глазомерно проективное покрытие, делали фотоснимок каждой площадки и срезали всю сырьевую фитомассу брусники (олиственные побеги) с последующей воздушно-теновой сушкой. В программе ImadeJ методом точек (100 ед.) определяли проективное покрытие. Для аппроксимации зависимостей между проективным покрытием и урожайностью побегов брусники использовали линейные и нелинейные функции: линейную регрессию и асимптотические функции, т.к. первые наиболее распространены в ресурсоведении, а вторые наиболее точны. Коэффициент детерминации (R²) мы рассчитывали из регрессионных зависимостей проективного покрытия от фитомассы, т.к. именно надземная часть растений формирует покрытие, а не наоборот, что придает коэффициенту функциональный аспект. Но необходимо учитывать, что в зависимости от выбора показателя в качестве зависимой или независимой переменной степень аппроксимации при нелинейной форме зависимости может существенно отличаться [3]. Цену 1 % мы рассчитывали как частное от деления массы сырья с 1 дм² учетной площадки (масса сырья с площадки (г) / площадь учетной площадки (9 дм²)) на величину проективного покрытия брусники в пределах площадки. Минимальное достаточное число площадок

рассчитывали по формуле: $n_{p10\%} = C_v^2 / p^2$, где $n_{p10\%}$ – необходимое число учетных площадок, шт, C_v – коэффициент вариации, %, p – уровень точность (10%) [2].

В результате обработки полученных данных нами созданы уравнения экспресс-оценки урожайности лекарственного сырья брусники (воздушно-сухое сырьё олиствелённых побегов) по проективному покрытию: линейные и Вейбулла (таблица 1, рисунок).

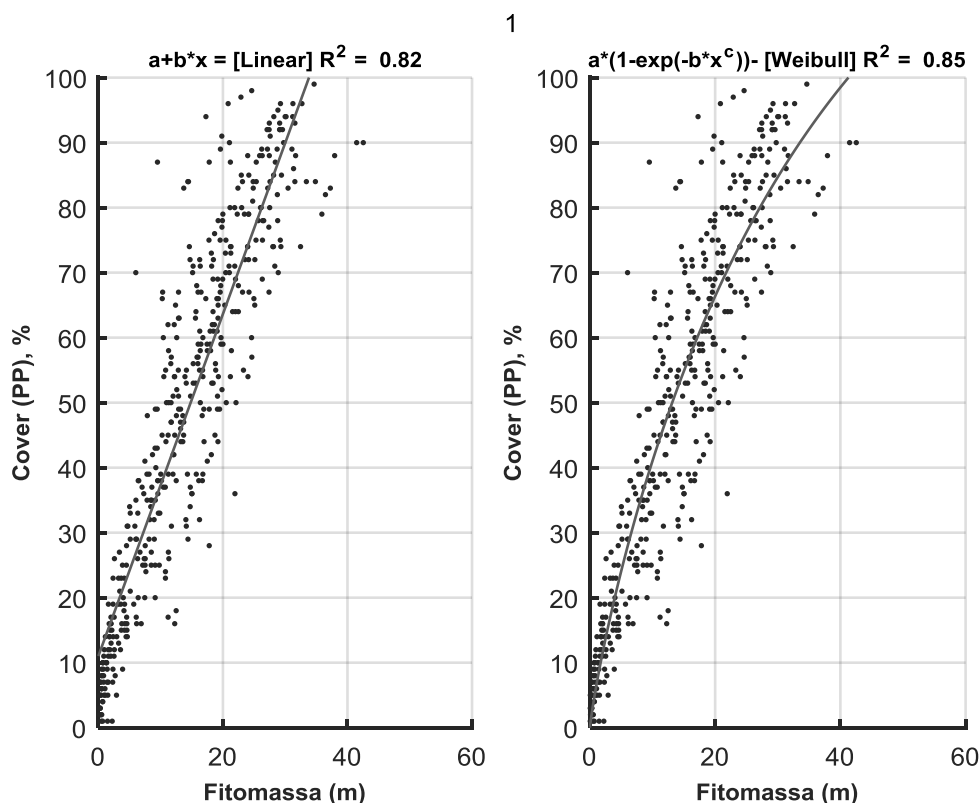
Таблица 1 – Параметры функций линейных уравнений ($г/дм^2=(\%-a)/b$) и уравнений Вейбулла ($г/дм^2=\exp((\ln(-\ln(1-(\%/a)/b)))/c)$) для изученной выборки ценопопуляций брусники

Район, год	Способ оценки %	Тип уравнения	a	b	c	R ^{2*}
Вороновский, 2015	программный	линейное	15,92448	2,309332	0	0,79
		Вейбулла	92,04785	0,086076	92,04785	0,87
	глазомерный	линейное	14,47922	2,37836	0	0,79
		Вейбулла	188,1988	0,051578	0,70389	0,82
Вороновский, 2016	программный	линейное	11,1777	2,650435	0	0,73
		Вейбулла	103,2307	0,041424	1,095601	0,78
	глазомерный	линейное	13,79748	2,404026	0	0,76
		Вейбулла	92,57204	0,058934	1,024305	0,84
Волковысский, 2015	программный	линейное	4,069422	2,900123	0	0,89
		Вейбулла	4015,183	0,000957	0,933091	0,88
	глазомерный	линейное	3,772544	2,911994	0	0,89
		Вейбулла	4312,653	0,000851	0,947358	0,89
Волковысский, 2016	программный	линейное	8,557322	2,900934	0	0,98
		Вейбулла	4393,98	0,001478	0,78318	0,97
	глазомерный	линейное	6,382968	2,86536	0	0,99
		Вейбулл	5027,61	0,00103	0,842831	0,98
Вороновский, 2015-2016	программный	линейное	13,70232	2,47095	0	0,75
		Вейбулла	99,47968	0,062135	0,973018	0,82
	глазомерный	линейное	14,15257	2,390208	0	0,77
		Вейбулла	110,5531	0,067239	0,868289	0,83
Волковысский, 2015-2016	программный	линейное	6,90861	2,861118	0	0,92
		Вейбулла	4296,738	0,00124	0,836941	0,92
	глазомерный	линейное	5,347206	2,873117	0	0,93
		Вейбулла	4673,083	0,000958	0,886885	0,93
Вороновский и Волковысский, 2015-2016	программный	линейное	11,01663	2,631012	0	0,82
		Вейбулла	150,9137	0,043074	0,867642	0,85
	глазомерный	линейное	10,67208	2,586514	0	0,84
		Вейбулла	218,9805	0,03209	0,797003	0,86

Примечание. a, b и c – коэффициенты уравнений, R² – коэффициент детерминации, * – расчет R² проведен по: линейное уравнение: $\% = a + b \cdot г/дм^2$; уравнение Вейбулла: $\% = a \cdot (1 - \exp(-b \cdot (г/дм^2)^c))$.

Анализ полученных результатов показал, что урожайность на учетных площадках варьирует от 13 до 16 г/0,09 м² (возд.-сух.), при несколько более высоких значениях в Волковысском районе (таблица 2). Результативность экспресс-уравнений показывает незначительно завышение данных как при глазомерной съемке облилия, так и при использовании метода точек в программе ImageJ (таблица 1). Оба уравнения достаточно точны на различных уровнях экспресс-оценки (на уровне 1 сезона 1 района, на уровне района и в обоих районах одновременно), при этом отмечено, что при использовании линейных уравнений при невысоких значениях облилия (до 10-15%) получают отрицательные значения по массе, что ограничивает использование данного типа зависимости в практике на нересурснозначимых популяциях. Коэффициент детерминации уравнений варьировал в пределах от 0,73 до 0,99, и в уравнениях Вейбулла был на 0,01-0,06 единиц больше по сравнению с линейными зависимостями при более высокой разнице результатов уравнений Вейбулла по сравнению с реальными величинами урожайности и линейными зависимостями (таблица 1, рисунок). Соответственно, оба типа уравнения вполне применимы для экспресс-оценки фитомассы брусники на малых учетных площадках, и при работе на ресурснозначимых популяциях (10%-70%) вполне допустимо применение линейных

уравнений (как более простых в использовании) для экспресс-оценки урожайности побегов брусники.



Cover (PP), % – проективное покрытие, Fitomassa (m) – воздушно-сухое сырье брусники, г/0,09дм², R² – коэффициент детерминации, n=436.

Рисунок – Характер зависимости проективного покрытия от фитомассы брусники при линейной функции и асимптотической функции Вейбулла на основе оценки проективного тпокрытия методом точек на фотоплощадках по обобщенным результатам с Вороновского и Волковысскоого районов за два сезона

Принципиальных отличий по точности уравнений при глазомерной и программной оценке обилия нет, отмечено только достоверное различие между урожайностью выявленной через глазомерную оценку с помощью 2-х уравнений (линейного и Вейбулл) по Волковысскому району 2016 г. (таблица 2), что возможно связано с субъективным фактором оценки обилия. При возрастании степени генерализации данных снижается различие в результатах между урожайностью снятую путем глазомерной и программной съемки обилия и двумя типами уравнений (таблица 2).

Сравнительный анализ проективного покрытия популяций брусники по районам каждого сезона показал отсутствие достоверных различий результатов оценки визуальным и программным способом оценки ($p > 0,05$) (таблица 3). Сравнение обилия брусники, а также урожайности её сырья между районами и сезонами выявило различие только относительно Волковысского района 2015 года ($p = 0,01-0,02$). В тоже время цена 1% облиственных побегов брусники оказалась схожа во всех исследованных районах и сезонах и составила $0,03 \pm 0,001$ г/1% (возд.-сух.) (таблица 3), что позволяет использовать найденную весовую цену 1% в экспресс-оценке запасов сырья брусники.

Оценка минимального количества учётных площадок (9 дм²) необходимых для определения проективного покрытия, плотности сырья (урожайности) и ресурсной цены 1% проективного покрытия с точностью 10% по нашим данным показало достаточно высокие величины, особенно относительно плотности сырья (до 60 учетных площадок) (таблица 3), а минимальное достаточное количество учетных площадок – для оценки цены 1%: от 9 до 34

едениц). Схожие тенденции по минимальному достаточному количеству учетных площадок отметил и Г.Н. Бузук [2] на меньшем объеме выборки.

Подтверждением относительной константности цены 1% растительного сырья брусники служат данные Г.Н. Бузука [2], полученные в Витебском районе: цена 1% по его результатам составила с учетом 45% выхода воздушно-сухого сырья [1], около 0,03 г/%, при более высокой степени изменчивости урожайности: от 1,2 до 2,4 г/дм² (возд.-сух. сырья). По нашим данным изменчивость урожайности брусники была меньше и составила от 1,47 до 1,84 г/дм². По нашему мнению, причина таких различий может быть в неточностях при пересчете сырой массы на воздушно-сухую по единому шаблону = 45%, но в целом и по урожайности получаются сходные средние величины: в нашем случае 1,6 г/дм², по данным Г.Н. Бузука 1,8 г/дм². Соответственно, полученные относительно устойчивые ресурсные показатели применимые в экспресс-оценке растительных ресурсов (брусники).

Таблица 2 – Урожайность ресурсной фитомассы брусники (20x0,09м²)

Параметр	Тип уравнения	Районы исследования			
		Вороновский район (N=6)		Волковысский район (N=5)	
		2015	2016	2015	2016
Фитомасса, г/0,09м ²		13,26±0,94	13,63±0,88	16,59±0,93	13,65±0,87
		13,45±0,64		15,12±0,65	
		14,45±0,46			
Программная оценка обилия	Линейное	13,26±0,06	13,63±1,03	16,59±0,98	13,65±0,89
	Вейбулла	14,92±1,35	14,87±1,15	16,74±0,96	13,75±0,89
	Линейное	13,45±0,74		15,12±0,68	
	Вейбулла	15,12±0,95		15,12±0,65	
	Линейное	14,21±0,51			
	Вейбулла	14,61±0,52			
Глазомерная оценка обилия	Линейное	13,66±1,09	13,63±1,00	16,59±0,98	13,65±0,89
	Вейбулла	13,83±1,11	14,48±1,11	16,75±0,96	11,31±0,72
	Линейное	14,45±0,73		15,27±0,66	
	Вейбулла	14,35±0,79		15,12±0,67	
	Линейное	14,22±0,50			
	Вейбулла	14,49±0,51			
Разница между реальной и расчетной фитомассой (программная оценка)	Линейное	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	Вейбулла	-1,66	-1,24	-0,15	-0,1
	Линейное	<0,001		<0,001	
	Вейбулла	-0,9		<0,001	
	Линейное	<0,001			
	Вейбулла	-0,39			
Разница между реальной и расчетной фитомассой (глазомерная оценка)	Линейное	-0,4	<0,001	<0,001	<0,001
	Вейбулла	-0,57	-0,85	-0,16	2,34
	Линейное	-1		-0,15	
	Вейбулла	-0,9		<0,001	
	Линейное	<0,001			
	Вейбулла	-0,27			

Примечание. N – количество ценопопуляций брусники; линейное уравнение: $г/дм^2 = (\% - a)/b$ и уравнение Вейбулла: $г/дм^2 = \exp(\ln((-\ln(1-(\%/a)/b))) / c)$.

Таким образом, на примере бруснике успешно апробировано использование различных регрессионных моделей для экспресс-оценки растительного сырья, а также выявлены ресурсные константы позволяющие оптимизировать работы по оценке растительного сырья на микроплощадках без изъятия фитомассы (урожайность и цена 1%).

Таблица 3 – Изменчивость ценотических и ресурсных параметров брусники

Параметры		Статистики параметров			
		M±m	Min–Max	Cv, %	N _{p10%}
¹ Проективное покрытие, %/9дм ²	гл	46,02±2,55	2–97	59,3	35
	пр	46,55±2,44	1–91	56,8	32
¹ Урожайность сырья, г/дм ²		1,47±0,1	0,006–4,22	76,6	59
¹ Цена 1 % (г/%)	гл	0,029±0,002	0,0007–0,12	58,2	34
	пр	0,031±0,002	0,001–0,25	88,0	32
² Проективное покрытие, %/9дм ²	гл	46,57±2,42	1–95	56,8	32
	пр	47,31±2,73	1–99	62,8	39
² Урожайность сырья, г/дм ²		1,51±0,1	0,006–4,73	70,2	49
² Цена 1 % (г/%)	гл	0,031±0,001	0,006–0,08	36,65	14
	пр	0,032±0,001	0,004–0,08	41,7	17
³ Проективное покрытие, %/9дм ²	гл	52,1±2,9	3–96	55,1	30
	пр	52,2±2,9	5–96	54,7	30
³ Урожайность, г/дм ²		1,84±0,1	0,04–3,47	56,1	32
³ Цена 1 % (г/%)	гл	0,034±0,001	0,008–0,07	31,1	10
	пр	0,034±0,001	0,008–0,07	32,2	10
⁴ Проективное покрытие, %/9дм ²	гл	45,5±±2,6	2–95	56,2	32
	пр	48,2±2,6	3–94	54	29
⁴ Урожайность сырья, г/дм ²		1,5±0,1	0,02–3,5	64,9	42
⁴ Цена 1 % (г/%)	гл	0,029±0,0009	0,006–0,05	29,3	9
	пр	0,027±0,0009	0,003–0,04	31,9	10

Примечание. ¹ – Вороновский район, 2015; ² – Вороновский район, 2016, ³ – Волковысский район, 2015; ⁴ – Волковысский район, 2016; N_{p10%} – минимальное количество учётных площадок необходимых для определения проективного покрытия, плотности сырья (урожайности) и ресурсной цены 1% проективного покрытия с точностью 10% (округление до целых значений); гл – глазомерная оценка проективного покрытия, пр – оценка проективного покрытия методом уколов (точек) по фотоснимкам в программе ImadeJ.

Список литературы

1. Буданцев А.Л., Харитонов Н.П. Ресурсоведение лекарственных растений – С.-Петербург. гос. хим.-фармацевт. акад., СПб, 1999. – 56 с.
2. Бузук Г.Н. К вопросу определения "цены" 1% проективного покрытия // Вестник фармации. – 2014. – № 1 (63). – С. 67-71.
3. Бузук Г.Н. Применение функций роста и асимптотических функций при определении проективного покрытия и урожайности лекарственных растений // Вестник фармации. – 2014. – № 1 (63). – С. 59-67.
4. Бузук Г.Н. Характер связей между проективным покрытием и урожайностью побегов брусники в сосняке зеленомошном // Вестник фармации. – 2013. – № 4 (62). – С. 44-49.
5. Бузук Г.Н., Созинов О.В. Методы учета проективного покрытия растений: сравнительная оценка с использованием фотоплощадок // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16. – № 5(5). – С. 1644-1649.
6. Кононов К.Е., Розенберг Г.С. Прогнозирование урожайности аласных сенокосов по гидрометеорологическим факторам методами самоорганизации // Биол. науки. – 1981. – № 3. – С. 99-104.
7. Кузьмичева Н.А., Бузук Г.Н., Ломако Е.В. Линейные и нелинейные связи урожайности и проективного покрытия лекарственных растений // Вестник фармации. – 2015. – № 1 (67). – С. 24-28.
8. Руденко Е.В., Бузук Г.Н., Кузьмичева Н.А. Определение качества аппроксимации зависимостей урожайности и проективного покрытия ландыша майского с помощью функции Weibull и аллометрической // Вестник фармации. – 2017. – № 1 (75). – С. 41-47.
9. Созинов О.В., Кузьмичева Н.А. Ценопопуляции *Ledum palustre* L. и их сырьевая характеристика в условиях Средненёманской низины (Республика Беларусь) // Растительные ресурсы. – 2003. – Т. 39. – № 3. – С. 55-62.
10. Сысой И.П. Оценка массы сырья дикорастущих лекарственных растений по некоторым биометрическим и продукционным // Ботаника (исследования): Сборник научных трудов. Выпуск 45 / Ин-т эксперимент. бот. НАН Беларуси. – Минск: 2016. – С. 145-159.

СЕКЦИЯ 1. БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И СИСТЕМАТИКА СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ, МОХООБРАЗНЫХ, ГРИБОВ, ЛИШАЙНИКОВ И ВОДОРОСЛЕЙ

OVERVIEW OF GEOPHYTES OF QUBA AND QUSAR DISTRICTS IN AZERBAIJAN

P.N. Aghayeva, P.X. Qarakhani

Institute of Botany, Azerbaijan National Academy of Sciences; Baku, Azerbaijan, e-mail: apn_aghayeva@yahoo.com

Geophytes or bulbous plants represent essential part of the wild ornamental grasses. They are perennial with the underground food storage organ, that differentiated as bulb, tuber, corm and rhizome. The aim of our study was to reveal the ornamental geophyte diversity of Quba and Qusar districts and identify species with further potential of decoration and use in landscape designs. In this work we report about 75 geophytes residing to the 9 orders, 16 families and 35 genera.

Study of the wild flora including ornamental plants are important for documentation and protection of world plant diversity. Under increasing anthropogenic influence last decades natural flora is noticeable reduced. In the result of long-term studies 266 rare and threatened plant species were declared of which 17 species are geophytes (Red Book of Azerbaijan, 2013).

Geophytes according to C. Raunkiaer (1934) are plants with an underground perennation organs such as bulb, corm, tuber or rhizome (pachymorphic type) and leaves die back annually. They can be evergreen and and seasonally green in numerous genera and in depending on geographical occurrence. Geophytes involve numerous plant groups, with mostly ornamental phenology that attract interest of researchers worldwide. Many studies devoted to vegetation structure, taxonomic positions, ecology and evolutionary assessment based on advances in molecular approaches, distribution and traditional uses.

Geophytes of Azerbaijan have been studied as a part of various investigation (Капинос 1956, Садыхов 1967, Прилипко, Капинос 1974, Гаджиев 1979, Ibadli 2002). Knowledge on geophytes occurring in Quba and Qusar districts is comparatively poor, in the context of biotic and abiotic pressures during last decades. The aim of our study was to reveal the current state of ornamental geophyte diversity of Quba and Qusar districts by considering taxonomic novelties, establishing rare and endangered taxa and study the potential of decoration and use in landscape designs.

Quba and Qusar districts are part of Shahdagh National Park, in the North-East of Azerbaijan. Research materials were collected beginning from February till October, during 2014-2016. Plant samples with ornamental features, growing in different soil types, in various vegetation groups and at different altitudes were collected and identified based on morphology. For identification appropriate literature was used (Ibadli 2002, Əsgərov 2005, 2006, 2008; Флора Азербайджана I-VIII, 1950-1955, 1957, 1961). Classification of species was crosschecked with APG IV system (2016).

Quba and Qusar districts possess the floristic richness due to its climate and soil types. Here the climate is mainly warm and temperate with great deal of rainfall (average 498 mm) even in the driest summer months according to Köppen climate classification. Soil types of these districts are mainly mountain-forest brown, mountain light chestnut, meadow chestnut and gray meadow. The territory of the districts consists of different heights zones including foothill, middle upland and high upland. Geophytes growing in these districts are resided to 9 orders, 16 families and 35 genera. Few orders have been registered with one family and one genus (table 1). These include Arecales (*Arum elongatum* Stev.), Brassicales (*Cardamine quinquefolia* (M.Bieb.) Schmalh.), Dipsacales (*Valeriana alpestris* Stev., *V. officinalis* L.), Ericales (*Primula woronowi* Losinsk., *P. macrocalyx* Bunge, *P. ruprechtii* Kusn. ex Lipsky), Geraniales (*Geranium tuberosum* L.) and Rosales (*Filipendula ulmaria* (L.)Maxim.).

Table 1 – Taxonomic structure and spread of geophytes in Quba and Qusar districts of Azerbaijan

Families	Genera	Under-ground organ	Occurrence
Arecales Araceae Juss	<i>Arum</i> L. (1)	rhizome	grassy meadows, shrubby place
Asparagales Amaryllidaceae J. St.-Hil	<i>Allium</i> L. (13), <i>Galanthus</i> L (3)	bulb	forest, shrubby place, stony-grassy slopes and rocs, river side, glade
Asparagaceae Juss.	<i>Asparagus</i> L.(1), <i>Muscari</i> Mill. (1), <i>Ornithogalum</i> L. (3), <i>Puschkinia</i> Adams (1), <i>Scilla</i> (1), <i>Polygonatum</i> Mill. (1)	rhizome	shrubby place, grassy slopes, gardens, beech, oak, hornbeam forests, meadows
Asphodelaceae Dumort.	<i>Eremurus</i> M.Bieb (1)		meadows, grassy slope, dry clayey-stony slope
Iridaceae Juss.	<i>Crocus</i> L.(2), <i>Gladiolus</i> L. (3), <i>Iridodictum</i> (1)	bulb or corm	grassy slopes, shrubby place, glade, meadow
Orchidaceae Juss.	<i>Cephalanthera</i> Rich. (1), <i>Coeloglossum</i> Hartm. (1), <i>Herminium</i> L. (1), <i>Limodorum</i> Boehm. (1), <i>Neottia</i> Guett. (1), <i>Ophrys</i> L. (1), <i>Orchis</i> Tourn. Ex L. (4) <i>Gymnadenia</i> R.Br. (1)	rhizome bulb or corm	beech, oak, hornbeam forests, shrubby place, glade, meadows, grassy slopes, subalpine and alpine meadows
Brassicales Brassicaceae Burnett	<i>Cardamine</i> L. (1)	rhizome	beech forests, mountainous forest, meadow, shrubby place, slopes, gardens
Dipsacales Caprifoliaceae Juss.	<i>Valeriana</i> L. (2)	rhizome	mountainous meadow, rocky and stony places, shrubby places in forest, along the rivers, subalpine meadows
Ericales Primulaceae Batsch ex Borkh.	<i>Primula</i> L. (3)	rhizome	mountainous forest, shrubby place, forest glade, meadow
Geraniales Geraniaceae Juss.	<i>Geranium</i> L. (1)	rhizome	lower and middle mountain zone
Liliales Colchicaceae DC.	<i>Colchicum</i> L. (3)		subalpine and alpine meadows, grassy slope
Liliaceae Juss.	<i>Fritillaria</i> L. (1), <i>Gagea</i> Salisb. (3), <i>Lilium</i> L.(1), <i>Tulipa</i> (1)	bulb	humid subalpine and alpine meadows, glade, grassy slope, dry clayey-stony slope, shrubby place, sowings, forest glade
Melanthiaceae Batsch ex Borkh.	<i>Paris</i> L. (1)	bulb	forest
Ranunculales Papaveraceae Juss.	<i>Corydalis</i> DC. (2)	bulb	mountainous forest, alpine meadows
Ranunculaceae Juss.	<i>Aconitum</i> L. (1), <i>Ranunculus</i> L. (10)	rhizome	meadow, glade
Rosales Rosaceae Juss.	<i>Filipendula</i> Mill. (1)	rhizome	meadows

The Asparagales was the richest order with 5 families (Amaryllidaceae, Asparagaceae, Asphodelaceae, Iridaceae, Orchidaceae) and 17 genera. The family Amaryllidaceae includes 16 species belonging two genera (*Allium* and *Galanthus*). Asphodelaceae was recorded with only one species (*Eremurus spectabilis* M.Bieb.) and Iridaceae with 3 genera and 6 taxa (*Crocus adamii* J.Gay., *C. speciosus* M.Bieb., *Gladiolus communis* L., *G. imbricatus* L., *G. kotschyanus* Boiss. subsp. *kotschyanus*, *Iridodictum reticulatum* M.Bieb.). Other two families (Asparagaceae and Orchidaceae) include a multiple number of genera and species and were dominant among the order. The family Asparagaceae composed of 6 genera and 8 species, Orchidaceae 8 genera and 11 species.

The species of order Liliales also were the most frequently found in the districts. Of those, the family Colchicaceae is recorded with 3 species of *Colchicum* (*C. speciosum* Stev., *C. szovitsii* Fisch.

& C.A.Mey, *C. umbrosum* Stev.), Liliaceae with 1 species of *Fritullaria* (*F. lagodechiana* Kharkev.) and 3 species of *Gagea* (*G. chlorantha* (M.Bieb.) Schult. & Schult., *G. sarmentosa* K.Koch., *G. liotardii* (Vill.) Sternb.), 3 species of *Tulipa* (*T. eichleri* Regel, *T. sylvestris* L. and *T. biflora* Pall.) and *Lilium monadelphum* Bieb. Melanthiaceae is recorded with *Paris incompleta* M. Bieb.

The order Ranunculales includes 2 families (Papaveraceae, Ranunculaceae). Papaveraceae was recorded with taxa belonging to *Corydalis* (*C. marschalliana* (Willd.) Pers., *Corydalis* sp.), Papaveraceae with *Aconitum confertiflorum* (DC.) Gay, and 10 *Ranunculus* species (*R. brachylobus* Boiss. et Hoh., *R. crassifolius* (Rupr.) Grossh., *R. acutilobus* Ledeb., *R. meyerianus* Rupr., *R. oreophyllus* M. Bieb., *R. tuberosus* Lapeyr., *R. elegans* C. Koch., *R. sceleratus* L., *R. polyanthemus* L., *R. cicutarius* Schlecht.

Geophytes can be differentiated into the following groups based on storage organs. Species of Araceae, Asparagaceae, Orchidaceae, Brassicaceae, Caprifoliaceae, Primulaceae, Ranunculaceae and Rosaceae possess the creeping rhizome, Amaryllidaceae, Liliaceae, Melanthiaceae and Papaveraceae bulb type storage organ. In Iridaceae and in some Orchidaceae (*Gymnadenia*) storage organ is bulb or corm.

Growing habitat of geophytes is differing greatly. Some of them, such as *Ornithogalum* species are usually grow in meadows, in the edges of forests or under the bushes, from lowland till the middle upland. *P. scilloides* grows in the middle and high upland, such as subalpine and alpine zones, up to 3500m a.s.l. *Lilium monadelphium* grows well in the humid subalpine hill-sides, *F. lagodechiana* occurs mainly in alpine slopes. Many species of geophytes residing to the genera *Colchicum*, *Gladiolus*, *Lilium* and *Tulipa* can be easily used for garden and park decorations.

Literature

1. Əsgərov A. Azərbaycanın alı bitkiləri. Azərbaycan florasının konspekti / A.Əsgərov – Bakı: Elm, I c. 2005. – 247s., II c. 2006. – 283s., III c. 2008. – 240 s.
2. Ибадлы О.В. Геофиты Кавказа. Баку / О.В. Ибадлы. – Баку: Элм, 2002. – 271 p.
3. Флора Азербайджана – Изд-во АН Азерб. ССР. Баку. I т. 1950. – 369 с., II т. 1952. – 317с., III т. 1952. – 407с., IV т. 1953. – 401с., V т. 1954. – 578 с., VI т. 1955. – 539с., VII т. 1957. – 646с., VIII т. 1961. – 688с.
4. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. 2016. / Byng J.W., Chase M.W., Christenhusz M.J.M. et al. // Botanical Journal of the Linnean Society, 181: 1-20.
5. Raunkiaer C. The life forms of plants and statistical plant geography / Oxford: Clarendon Press. 1934. 632p.
6. Гаджиев В.Д. Высокогорная растительность Большого Кавказа и ее хозяйственное значение / В.Д. Гаджиев. – Баку: Элм, 1979. – 529с.
7. Прилипко Л.И., Капинос Г.Е. Дикорастущие луковичные Восточного Закавказья и перспективы их использования в декоративном садоводстве / Бюл. гл. ботан. Сада. – 1974, – вып. 94, – С. 42-47.
8. Садыхов А.М. Итоги и перспективы интродукции декоративных травянистых растений в Азербайджане // Бюл. гл. ботан. Сада, 1967, вып. 66. – С. 47-50.
9. Капинос Г.Е. Красивоцветущие луковичные растения / Вопросы озеленения Апшерона. // Изд-во АН Азерб. ССР. Баку, 1956. – С. 137-157.

НОВЫЕ ОСОБО ЦЕННЫЕ ПРИРОДНЫЕ И ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ НА ЗАПАДЕ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ (РОССИЯ)

М.И. Хомутовский

Ботанический сад МГУ им. М.В. Ломоносова; Москва, Россия, e-mail: Maks-BsB@yandex.ru

Представлено краткое описание ряда природных и природно-антропогенных комплексов в Андреапольском районе Тверской области, которым может быть присвоен охранный статус.

Одной из важнейших задач Глобальной стратегии сохранения растений является обеспечение охраны наиболее ценных территорий, обладающих высоким видовым разнообразием. В России существует сеть особо охраняемых природных территорий (ООПТ), действующая

щая как на государственном, так и на региональном уровнях, которая включает в себя различные категории (заповедники, национальные и природные парки, памятники природы, заказники и др.) [1]. Своеобразие природных комплексов определяет богатство и уникальность флоры, а также большое число редких видов. На современном этапе развития система ООПТ Андреапольского административного района, расположенного на западе Тверской области, представлена 17 государственными природными заказниками (площадь – 26359 га), 5 памятниками природы (1,5 га), частью территории ЦЛГПБЗ (8243 га) с общей площадью 34603,5 га, что составляет 11,34 % от общей площади района [2; 7]. Однако, как показали многолетние флористические исследования, эта система не позволяет обеспечить охрану ряда редких видов растений. В связи с этим дополнительно были выделены объекты, которые могут быть включены в систему ООПТ региона.

Минеротрофное болото в г. Андреаполь. Болото с выходами карбонатных пород и соединений железа расположено на северо-восточной окраине города. Исследования здесь ведутся с 2006 г. Первоначально были обнаружены, такие редкие виды как *Dactylorhiza baltica* (Klinge) Nevski, *D. incarnata* (L.) Soó', *Epipactis palustris* (L.) Crantz, причем численность последнего вида превышала 7 тыс. условных особей. По окраине болота произрастают *Listera ovata* (L.) R. Br. и *Epipactis helleborine* (L.) Crantz. В 2009 г. была выявлена крупная популяция *Liparis loeselii* (L.) Rich., занесенного в Красную книгу РФ [4]. На сегодняшний момент ее численность превышает 500 разновозрастных особей, что не характерно для данного вида. В известных точках на территории Европы популяции представлены единичными экземплярами или группами из нескольких десятков особей. Кроме орхидных на болоте отмечен редкий для региона вид мха – *Limprichtia cossonii* (Schimp.) Anderson & al. [5]. На территории объекта отмечено более 50 видов сосудистых растений.

Отвалы у карьера по добыче известняка (окрестности дер. Кремено). Разработки на карьере не ведутся уже более 20 лет и в данное время он заполнен водой. Отвалы зарастают ольхой, березой, осиной и сосной, травянистый ярус в некоторых местах практически отсутствует. В результате обследования отвалов карьера было выявлено 6 видов орхидей: *Dactylorhiza baltica*, *D. fuchsii* (Druce) Soó', *D. incarnata*, *Gymnadenia conopsea* (L.) R. Br., *Epipactis palustris*, *Listera ovata*. На окраине карьера сформировалось небольшое минеротрофное болото, где помимо уже указанной орхидеи *E. palustris*, произрастает еще один редкий краснокнижный вид – *Equisetum variegatum* Schleih. ex Web. Mohr. Местонахождение этого вида хвоща является пока единственным для района.

Карьер по добыче известняка у дер. Думино. На данном объекте исследования были проведены июне-июле 2017 г. Информация о времени разработки карьера отсутствует, но, судя по заросшим ивой, березой, елью, сосной и ольхой участкам, добыча известняка не ведется уже более 30 лет. Наиболее редкими растениями на карьере оказались два вида орхидей (*Gymnadenia conopsea*, *Neotinea ustulata* (L.) R.M. Bateman, Pridgeon et M.W. Chase). Численность популяции *G. conopsea* превышает 700 особей. Что же касается *Neotinea ustulata*, то этот крайне редкий вид, занесенный в Красную книгу РФ [4], впервые отмечен на территории Валдайской возвышенности. Ближайшее местонахождение вида выявлено только на западе Новгородской области [3]. Численность популяции не превышает 30 особей. Любое новое место произрастания этой орхидеи несомненно требует охраны.

Озеро Глухое. Оно расположено на западе от дер. Монино в понижении, напоминающем котловину. Неровный рельеф территории является результатом деятельности Валдайского ледника. Склоны холмов, окружающих озеро большей частью покрыты лесной растительностью. В древесном ярусе отмечены широколиственные породы. В настоящий момент широколиственные леса на территории Валдайской возвышенности сохранились лишь небольшими фрагментами, поэтому место исследований можно считать уникальным. На облеженных берегах озера были обнаружены виды, занесенные в региональную Красную книгу [5] (*Platanthera chlorantha* (Cust.) Rchb., *Malaxis monophyllos* (L.) Sw.), а также требующие мониторинговых наблюдений (*Dactylorhiza fuchsii*, *Listera ovata*). На сформировавшейся почти по

всему периметру озера сплаvine произрастали, такие редкие виды как *Epipactis palustris*, *Drosera anglica* Hids., *Baeothryon alpinum* (L.) T.V.Egorova, *Dactylorhiza maculata* (L.) Soo'.

Болото «Зыбкий Мох». Осоково-сфагновое болото расположено в 7,5 км к юго-востоку от дер. Луги. На самом болоте были отмечены, такие редкие виды как *Baeothryon alpinum*, *Rhynchospora alba* (L.) Vahl, *Empetrum nigrum* L., *Rubus chamaemorus* L., *Salix myrtilloides* L. По окраине болота обнаружена микотрофная орхидея – *Corallorhiza trifida* Chatel. Особи в данной популяции произрастали одиночно или небольшими группами (по 2–5 побегов) совместно с другими орхидными (*Platanthera bifolia* (L.) Rich., *Dactylorhiza maculata*). Кроме этого на юго-восточной границе, на мезотрофном участке болота выявлена группа особей, относящихся к роду *Dactylorhiza*, происхождение которых требует дополнительных исследований. При первичном осмотре особи имеют признаки, которые характерны для растений *D. incarnata* и *D. maculata*.

Болото у озера Кривое. Болото расположено в 2,5 км востоку от дер. Боталы на южном берегу зарастающего озера. На сплавинах по берегу были отмечены *Rhynchospora alba*, *Drosera anglica*, а также *Hammarbya paludosa* (L.) Kuntze. Последний вид на территории Тверской области выявлен лишь в 5 районах [8]. *Drosera anglica* также встречается на группе свободно перемещающихся по озеру сплавин площадью от 3 до 15 кв.м. На самом болоте произрастает *Rubus chamaemorus*.

Водно-болотные комплексы у озер Среднее и Быковское. Озера расположены между пос. Бологово и дер. Немково и разделены лесным участком с грунтовой дорогой. По берегам озер сформировались осоково-сфагновые болота, постепенно зарастающие сосной. На обоих болотах отмечены: *Rubus chamaemorus*, *Rhynchospora alba*, *Empetrum nigrum*, *Drosera anglica*. Обнаружен гибрид – *Drosera* x *obovata* Mert. et Koch. На болоте у оз. Среднее выявлена небольшая популяция *Lycopodiella inundata* (L.) Holub, а также *Oxycoccus microcarpus* Turcz. ex Rupr. Судя по гербарным образцам, ранее (2003 г.) для этого болота отмечали *Dactylorhiza traunsteineri* (Saut. ex Rchb.) Soó, однако, наши многолетние наблюдения не позволили выявить данный вид. Возможно, его спутали с яркоокрашенными особями *Dactylorhiza maculata*, который часто встречается по всему болоту. В том же году здесь найдена *Hammarbya paludosa*. Мониторинговые наблюдения с 2007 г. показали, что численность популяции варьирует в зависимости от года в пределах от 120 до 230 особей. В 2014 г. в сосняке водяниково-сфагновом на берегу оз. Быковское была выявлена еще одна редкая орхидея – *Listera cordata* (L.) R.Br. В популяции насчитывалось более 400 условных особей. В основании облесенного склона у южного берега оз. Быковское произрастают *Huperzia selago* (L.) Bernh. ex Schrank & Mart. и *Platanthera chlorantha*.

Озеро Паршинское. Как и большинство озер района, исследуемое озеро имеет ледниково-происхождение. Оно расположено у дер. Паршино. В 2007 г. на мелководье у восточного берега озера были отмечены редкие атлантические виды, которые характерны для приокеанических районов: *Isoetes lacustris* L., *I. setacea* Durieu, *Subularia aquatica* L. В 2016 г. там же было обнаружено крайне редкое для Центральной и Северо-Западной России реликтовое растение – *Caulinia tenuissima* (A. Braun ex Magnus) Tzvelev [6] и *Elatine hydropiper* L. Из-за усиливающейся рекреационной нагрузки (купание, катание на лодках) подобные олиготрофные озера требуют охраны.

Предложенная группа объектов – лишь часть природных комплексов, которые заслуживают охранного статуса на территории района. Безусловно необходимо продолжать поиск и выделение участков, отвечающих критериям ключевых ботанических территорий [9] с целью совершенствования системы ООПТ региона.

Список литературы

1. Варлыгина Т.И., Новиков В.С. Изучение и охрана растений в России / Т. И. Варлыгина, В.С. Новиков // Ключевые ботанические территории Северной Евразии: Сб. статей. – М.: Изд-во Представительства Всемирного Союза Охраны природы (IUCN) для России и стран СНГ, 2004. – Вып. 1. – С. 18-22.

2. Введение кадастра особо охраняемых природных территорий в пределах компетенции исполнительных органов государственной власти Субъекта и Российской Федерации и Красной книги Тверской области: Отчет / ГОУ ВПО Твер. гос. ун-т; рук. А. С. Сорокон. – Т. 1. – Тверь, 2005. – 108 с.
3. Ефимов П.Г. Орхидные северо-запада европейской России (Ленинградская, Псковская, Новгородская области) / П.Г. Ефимов. – М.: Товарищество научных изданий КМК. 2-е изд., испр. и доп. – 2012. – 220 с.
4. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). – М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2008. – 855 с.
5. Красная книга Тверской области. Изд. 2-е, перераб. и доп. – Тверь: Тверской Печатный Двор, 2016. – 400 с.
6. Нотов А.А., Гарин Э.В., Беляков Е.А., Зуева Л.В., Нотов В.А. Флористические находки на озерах юго-западной части Валдайской возвышенности (Тверская область) / А.А. Нотов, Э.В. Гарин, Е.А. Беляков, Л.В. Зуева, В.А. Нотов // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. – 2016. – № 3. – С. 92-103.
7. Основные направления развития Центрально-Лесного биосферного государственного заповедника. 3-е изд. – [М.]: ЦЛБГЗ, 1999. – 40 с.
8. Пушай Е.С., Дементьева С.М. Биология, экология и распространение видов сем. Orchidaceae Juss. в Тверской области: Монография / Е.С. Пушай, С.М. Дементьева. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2008. – 206 с.
9. Anderson S. Important Plant Areas (IPAs): National projects with a regional and global perspective / S. Anderson // Ключевые ботанические территории Северной Евразии: Сб. статей. – М.: Изд-во Представительства Всемирного Союза Охраны природы (IUCN) для России и стран СНГ, 2004. – Вып. 1. – С. 7-11.

ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФЛОРЫ МУРАНСКОГО БОРА

А.В. Красникова¹, О.В. Калашникова²

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева; Самара, Россия,
e-mail: ¹kras.anastasia95@yandex.ru, ²kalashnikova.samara@mail.ru

Статья посвящена изучению флоры высших растений Муранского бора. Впервые для данной территории проведен всесторонний флористический анализ растительного покрова. Отмечены новые виды для флоры Муранского бора Самарской области. Составлен список растений, внесенных в красные книги Российской Федерации и Самарской области.

В Правобережье Самарской области располагается ценный лесной массив — Муранский бор. Территория бора составляет 13 тыс. га — это ценный природный комплекс, который обладает чертами северных лесов, богат разнообразием растительных сообществ, а также, возвышаясь над поймой р. Усы, выполняет водозащитную роль и препятствует ветровой эрозии на террасы [1, 3, 7].

За время наших исследований (2014-2016 гг.) было собрано более 400 гербарных образцов. На основании собственных полевых исследований, выполненных, как в настоящее время, так и в прошлые годы, а также литературных источников [4, 6, 8], в Муранском бору установлено произрастание 636 видов растений, принадлежащих к 329 родам.

Флора бора насчитывает 79 семейств, из них можно выделить 10 ведущих по числу видов. Ведущие семейства объединяют 377 видов (59,2% от общего числа видов). Первые три семейства составляют 184 вида (28,9%). Самым многочисленным семейством является *Compositae (Asteraceae)* - 88 видов (13,9%), на втором месте семейство *Gramineae (Poaceae)* – 61 вид (9,6%). Преобладание данных семейств является характерной чертой голарктической флоры. Третье место занимает семейство *Papilionaceae (Fabaceae)* представлено 35 видами (5,5%). Это указывает на сближение флоры с горными районами Средней Азии и Южной Сибири [2, 9].

В исследуемой флоре можно выделить 10 семейств, которые являются ведущими по числу родов. В них входят 201 род (61,1% от общего числа родов). Первое место в спектре ведущих семейств по числу родов занимает семейство *Compositae (Asteraceae)*, которое содержит 46 родов (13,9%). Семейство *Gramineae (Poaceae)* занимает второе место и содержит 31 род (9,5%). Эти семейства характерны для голарктической флоры. Семейство *Umbelliferae (Apiaceae)* занимает третье место – 24 рода (7,3%), которое характерно для древнесредиземноморской флоры [2, 9].

Первые два ведущих семейства *Compositae* и *Gramineae* по числу видов и числу родов

совпадают. Эти семейства выполняют основную роль в сложении видового состава растительности изучаемой территории. Что совпадает с данным по Волго – Уральскому региону [5]. Свое положение в спектрах практически не изменило семейство *Rosaceae*. Семейство *Papilionaceae* в спектре ведущих семейств по числу родов стоит ниже, чем в распределении семейств по видам, так как содержит несколько многовидовых родов - *Trifolium*, *Lathyrus* и *Astragalus*. В спектре ведущих по числу родов семейства *Umbelliferae*, *Labiatae* и *Cruciferae* стоят выше, чем в спектре ведущих по числу видов семейств, что объясняется преобладанием в данных семействах одновидовых родов. В спектр ведущих семейств по числу родов не вошло семейство *Cyperaceae*, которое представлено в перечне семейств, ведущих по числу видов. Это объясняется видовым разнообразием рода *Carex* (29 видов), который произрастает во многих фитоценозах Муранского бора.

Нами впервые для территории Муранского бора были отмечены следующие виды сосудистых растений:

Elymus sibiricus L. – Пырейник сибирский, 10 июля 2014 года на песчаных участках дубово-соснового насаждения.

Koeleria grandis Bes. ex. Gorski - Келерия большая, 3 июня 2015 года на сухом, песчаном бугре в окружении сосен.

Calamagrostis neglecta (Ehrh.) Gaertn., B. Mey. et Scherb. - Вейник незамеченный, 15 сентября 2016 года по берегу водоема, на сырой почве в окружении березово-соснового насаждения.

Из вышеуказанного ясно, что флора бора достаточно богата и несет в себе разнообразие растительных сообществ.

При экобиоморфном анализе было выявлено 8 гигроморф. Лидирует группа мезофитов - 202 вида (31,8%). Ксеромезофиты – 119 вида (18,8%) и Мезоксерофитами - 79 видов (12,5%). На территории Муранского бора большое количество озер, болот и увлажненных участков, поэтому довольно большой группой являются гигрофиты - 71 вид растений (11,2%).

В нашей работе мы сопоставили флору Муранского бора с флорой Рачейского бора, т.к. их площади примерно одинаковы и оба бора располагаются на Приволжской возвышенности, с доминированием сосны обыкновенной. Интересно сравнить их с флористической точки зрения.

При рассмотрении ведущих по числу видов семейств во флорах Муранского и Рачейского боров было выявлено, что семействам *Compositae* и *Gramineae* принадлежат лидирующие места (таблица). Данные показатели последовательности первых двух ведущих семейств (*Compositae* и *Gramineae*) указывают на сближение с флорой южного Средиземноморья [34, 57].

Таблица – Места, занимаемые ведущими семействами по числу видов во флоре Муранского и Рачейского бора

Ведущие семейства по числу видов	Муранского бора	Рачейского бора
<i>Compositae (Asteraceae)</i>	I	I
<i>Gramineae (Poaceae)</i>	II	II
<i>Papilionaceae (Fabaceae)</i>	III	IV
<i>Caryophyllaceae</i>	IV	VI
<i>Cyperaceae</i>	V-VIII	III
<i>Rosaceae</i>	V-VIII	V
<i>Labiatae (Lamiaceae)</i>	V-VII	VII
<i>Umbelliferae (Apiaceae)</i>	VIII	VIII
<i>Cruciferae (Brassicaceae)</i>	IX-X	X
<i>Scrophulariaceae</i>	IX-X	IX

Одним из простых показателей флористического сходства является Коэффициент Жаккара [9]:

$$K_J = \frac{c}{a + b - c} \cdot 100\%$$

где, а – число видов в одной флоре (648 видов во флоре Рачейского бора), b - число видов в другой флоре (636 видов во флоре Муранского бора), с - число общих видов двух флор (456).

$$K_J = \frac{456}{648+636 - 456}$$

Таким образом, коэффициент Жаккара равен 0,55 (55%), что говорит об особенностях каждого из этих боров. Несмотря на их внешнюю схожесть, флора каждого очень индивидуально, хотя ведущие семейства по числу видов имеют большую схожесть, но видовой состав различен, т.к. биогеоценозы и оводненность боров различны. Рачейский бор более увлажнен, имеет в своем составе родники, озера, болота, что в Муранском бору на данный момент иссушается, ввиду чего таежные элементы и папоротники так же отмечены меньшим числом. Так же рельеф, который имеет свои индивидуальные черты. В Рачейском бору отмечены наскальные элементы, что не отмечается в Муранском бору.

Список литературы

- 1.«Зеленая книга» Поволжья: Охраняемые природные территории Самарской области. Сост. Захаров А.С., Горелов М.С. Самара: Кн. изд – во, 1995. – 352 с.
- 2.Мальшев Л.И. Флористическое районирование на основе количественных признаков // Ботан. журн. 1973. Т.58., №11. – С. 1581-1588.
- 3.Обедиентова Г.В. Из глубины веков: Геологическая история и природа Жигулей. Куйбыш. кн. изд-во, 1988. – 216 с.
- 4.Плаксина Т.И. Конспект флоры Волго – Уральского региона. Самара: Изд – во «Самарский университет», 2001. – 388 с.
- 5.Плаксина Т.И. Анализ флоры. Самара: Изд-во «Самарский университет», 2004. – 152 с.
- 6.Плаксина Т.И. Редкие, исчезающие растения Самарской области. Самара: Изд-во "Самарский университет", 1998. – 272 с.
- 7.Природа Куйбышевской области. Куйбышев: Обл. гос. изд-во, 1951. – 408с.
- 8.Путеводитель по Самарской флоре (1851-2011). Флора Волжского бассейна / Саксонов С.В., Сенатор С.А. Т. 1. Тольятти, 2012. – 512 с.
- 9.Толмачев А.И. Введение в географию растений /А.И.Толмачев. Л.: ЛГУ, 1974. – 344 с.

О НАХОЖДЕНИИ *HERMINIUM MONORCHIS* (L.) R. BR. (ORCHIDACEAE JUSS.) В УШАЧСКОМ РАЙОНЕ ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ

В.Н. Лебедько, С.С. Савчук

Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»; Минск, Беларусь, e-mail: ovata@yandex.by

Приводятся сведения о нахождении самой крупной популяции в Беларуси очень редкого охраняемого вида орхидных *Herminium monorchis*.

Herminium monorchis (L.) R. Br. – реликтовый, по происхождению подтаежный горный вид, встречающийся в Беларуси исключительно редко. С 1993 г. он включен в Красную книгу Республики Беларусь, с присвоением ему наивысшего статуса охраны (I категория национального природоохранного значения), который сохранился и до настоящего времени. Этот

вид редок, он включен в Приложение II к Конвенции СИТЕС и подлежит охране во многих регионах Европы. Например, в сопредельных с Беларусью странах под государственной охраной находится в Латвии, Литве, Польше и Украине; под региональной – в Псковской и Смоленской обл. Российской Федерации [2].

Согласно классификации жизненных форм орхидных И.В. Татаренко (1997, 2007), *H. monorchis* – это вегетативный однолетник со сферическим тубероидом на длинном столоне и симподиально нарастающими моноциклическими вегетативно-генеративными побегами, ежегодно полностью замещаемыми.

Общий ареал вида состоит из западноевропейского, скандинавского и восточно-европейско-сибирского фрагментов. Отдельные эксклавы имеются на юге Великобритании, на Балканах, Кавказе, Тибете, Тянь-Шане, в Карпатах и Гималаях, на востоке Китая и Японии [2].

По территории Беларуси проходит западная граница его восточноевропейско-сибирского фрагментов ареала (Евразийский лугово-болотный вид). Здесь он встречается очень редко, преимущественно в северной части республики, где произрастает на сырых и увлажненных низкотравных лугах, ключевых болотах, реже на лесных полянах.

В настоящее время он известен в Верхнедвинском, Докшицком, Лепельском (Березинский биосферный заповедник) и Полоцком р-нах Витебской обл., Молодечненском р-не Минской обл., Пружанском р-не Брестской обл. (Беловежская Пуца), Брагинском р-не Гомельской обл. Ранее отмечался в Могилевском и Шкловском районах. По литературным данным приводится для Слуцкого уезда Минской губернии, для Могилевской губернии без более точного указания местонахождений, а также для Гродненского, Новогрудского и Кореличского районов Гродненской области. В последние годы в некоторых ранее обнаруженных местообитаниях вид повторно не отмечается, возможно исчез. Во всех известных на данный момент местообитаниях численность вида не велика: встречается единичными экземплярами и небольшими группами на ограниченной территории.

Нами *H. monorchis* был найден в окрестностях д. Заозерье Ушачского района Витебской области (22.07.2016 г., В.Н. Лебедев, С.С. Савчук). Он произрастал на суходольном лугу с редким подростом сосны, холмистого участка вблизи озера Муроги. Почва участка суглинистая, среднегумусная, с содержанием карбонатов. Здесь было отмечено несколько тысяч генеративных и вегетативных особей (примерное процентное соотношение 60 : 40), которые произрастали как единичными экземплярами, так и небольшими, а местами довольно значительными группами. Растения находились в фазе конца цветения и начала плодоношения.

Общее проективное покрытие травостоя составляет 50 – 80 %. Доля *H. monorchis* в сообществах в среднем составляет 0,5 – 1,0 % ОПП (5 – 30 шт. / м²). На некоторых участках при отсутствии конкуренции со стороны других видов его доля повышается до 20 – 40 %, а плотность – до 150 – 300 шт. / м², при этом доля генеративных особей составляет 80 – 150 шт. / м². Растительность участка представляет собой комплекс луговой, болотной и кустарниковой растительности. *H. monorchis* встречается в составе настоящих лугов с участием преимущественно мезофитов. Видовой состав: *Achillea millefolium* L. s. str., *Agrimonia eupatoria* L., *Antennaria dioica* (L.) Gaertn., *Artemisia campestris* L., *A. vulgaris* L., *Astragalus danicus* Retz., *A. glycyphyllos* L., *Avenula pubescens* (Huds.) Dumort., *Briza media* L., *Campanula glomerata* L., *C. patula* L., *C. rapunculoides* L., *C. rotundifolia* L., *Carex hirta* L., *C. pallescens* L., *C. panicea* L., *Carlina biebersteinii* Bernh. ex Hornem., *Centaurea jacea* L., *Cichorium intybus* L., *Convolvulus arvensis* L., *Cuscuta epithymum* (L.) L., *Dactylis glomerata* L., *Dianthus deltoides* L., *Echium vulgare* L., *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Equisetum pratense* L., *Erigeron acris* L., *Frangula alnus* Mill., *Galium verum* L., *G. album* Mill., *Hypericum perforatum* L., *Jasione montana* L., *Juniperus communis* L., *Knautia arvensis* (L.) Coult., *Leontodon danubialis* Jacq., *Leucanthemum vulgare* Lam., *Linaria vulgaris* L., *Luzula pallescens* Sw., *Medicago falcata* L., *Melilotus albus* Medik., *M. officinalis* (L.) Pall., *Odontites vulgaris* Moench, *Parnassia palustris* L., *Phalacrolooma septentrionale* (Fern. et Wieg.) Tzvel., *Pilosella officinarum* F. Schultz et Sch. Bip., *Pimpinella saxifraga* L., *Plantago lanceolata* L., *P. media* L., *Poa angustifolia* L., *P. annua* L., *Potentilla erecta* (L.) Raeusch., *Prunella vulgaris* L., *Pyrus communis* L., *Ranunculus acris* L., *R.*

polyanthemos L., *Rumex acetosa* L., *R. acetosella* L., *Schedonorus pratensis* (Huds.) Beauv., *Senecio jacobaea* L., *Solidago virgaurea* L., *Sonchus arvensis* L., *Tanacetum vulgare* L., *Taraxacum officinale* Wigg. s. l., *Thymus serpyllum* L., *Trifolium pretense* L., *T. repens* L., *Tussilago farfara* L., *Veronica chamaedrys* L., *Vicia cracca* L.

Редкие и охраняемые виды: *Botrychium lunaria* (L.) Sw. (небольшими группами и единично, нередко), *Epipactis atrorubens* (Hoff. ex Bernh.) Bess. (несколько небольших групп), *E. palustris* (L.) Crantz (довольно часто), *Listera ovata* (L.) R. Br. (редко, по краю луга), *Ophioglossum vulgatum* L. (изредка), *Primula veris* L. (изредка), *Polygala amarella* Crantz (нередко).

Также в данном экотопе были отмечены и инвазионные виды растений: *Heracleum sibiricum* L. (единичные вегетирующие особи), *Schedonorus arundinaceus* (Schreb.) Dumort. (выявлено несколько дерновин) и *Solidago canadensis* L. (отмечено 2 куста).

Выявленная популяция является самой многочисленной на территории Беларуси и одной из самых крупных в Восточной Европе. Жизненность популяции оценивается как высокая.

Несомненно, на территории Беларуси *H. monorchis*, наряду с *Neotinea ustulata* (L.) R.M. Bateman, Pridgeon et M.W. Chase, *Epipogium aphyllum* (F.W. Schmidt) Sw. и *Ophrys insectifera* L., является одним из самых быстро вымирающих видов орхидных. Основные причины вымирания вида, по всей вероятности, состоят в уменьшении площадей низкотравных лугов. Есть также сведения о том, что вследствие усиления изменчивости погодных условий в отдельные годы растения не получают достаточного количества влаги, что приводит к преждевременному засыханию листьев. Молодой тубероид не успевает накопить достаточное количество запасных питательных веществ, из-за чего снижается интенсивность семенного и вегетативного размножения на следующий год [1].

В настоящее время подготовлены соответствующие природоохранные документы (паспорт и охранное обязательство) для последующей передачи выявленного местопроизрастания *H. monorchis* под государственную охрану. В дальнейшем необходимо более детальное изучение возрастной и генетической структуры популяции, а также обустройство постоянного пункта мониторингового наблюдения и проведение обследований прилегающих территорий с целью выявления новых местонахождений данного растения.

Список литературы

1.Ефимов П.Г. Орхидные северо-запада европейской России (Ленинградская, Псковская, Новгородская области). Москва: Товарищество научных изданий КМК. 2-е изд., испр. и доп. 2012 – 220 с.

2.Красная книга Республики Беларусь. Растения : редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / гл. редкол. : И.М. Качановский (предс.), М.Е. Никифоров, В.И. Парфенов [и др.]. – 4-е изд. – Минск : Беларус. Энцыкл. імя П. Броўкі, 2015. – 488 с.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СЕКВЕНИРОВАНИЯ В ВИДОВОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ГЕРБАРНЫХ ОБРАЗЦОВ ГРИБОВ СЕМЕЙСТВА *ERYSIPHACEAE*

В.О. Лысюк

Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»; Минск, Беларусь, e-mail: nikaragua100@gmail.com

В настоящее время все большую силу набирают методы на основе ДНК-анализа, среди которых самым мощным инструментом является секвенирование, как для решения вопросов видовой идентификации, так и для любого биологического анализа в целом. В микологии определение видов и систематического положения организмов не теряет своей актуальности. Традиционно для решения данного вопроса используются методы на основе морфологических характеристик, однако, согласно полученным результатам, не всегда такие методы могут дать однозначный ответ, что может стать критичным для решения некоторых задач, как например, для создания гербарных коллекций.

Одним из самых актуальных вопросов в микологии является определение систематического положения всех грибных организмов, которое подразумевает использование разнообраз-

разных методов и концепций для достижения этой цели. Традиционно в таксономии грибов преобладает классификация на основе морфологических критериев, таких как размер и форма спор или плодовых структур и т.п.

В последние десятилетия разработана эффективная платформа для амплификации, зондов и различных методик количественной ПЦР, появление возможности полногеномного секвенирования произвело революцию в области обнаружения и идентификации грибов. Применение методов молекулярной биологии, таких как секвенирование ДНК и филогенетический анализ, позволило существенно повысить уровень знаний в изучении биологического и генетического разнообразия в пределах различных таксономических групп.

В настоящее время для решения вопросов видовой идентификации используются многочисленные методы, среди которых наибольшую популярность набирают методы молекулярно-генетического анализа (AFLP, RFLP, PCR, RAPD и т.д.). Широкое применение молекулярных маркеров в современной микологии становится возможным благодаря интенсивным исследованиям нуклеотидных последовательностей ДНК отдельных генов и геномов различных представителей *Fungi* [1]. Одним из последних направлений в области обнаружения данных стал широко применяться метод секвенирования. Используя процесс расшифровки нуклеотидных последовательностей участков ДНК и их анализ, появилась возможность выявлять и идентифицировать грибные организмы, которые ранее не были определены с точностью до вида [3]. Несомненным преимуществом использования метода секвенирования является возможность получить доступ непосредственно к первичной последовательности ДНК, что позволяет перевести разрешающую способность биологического анализа на качественно более высокий уровень.

Многие виды грибов могут вызывать заболевания растений, животных и человека. Точная и надежная идентификация и количественное определение грибов имеют большую значимость в области диагностики заболеваний, более глубокого понимания природных сообществ, роли того или иного вида в экосистеме. Применение методов анализа ДНК грибных патогенов позволяет сократить сроки исследования и определить инфицирование на самой ранней стадии, когда внешне оно еще никак не проявляется, что дает возможность применять меры борьбы с инфекциями в ранние сроки, когда они наиболее эффективны [2].

Erysiphaceae – группа облигатных паразитических грибов, которая вызывает заболевания более чем у 10 тыс. покрытосеменных растений. Эта группа поражает многие экономически важные растения, такие как виноград, фруктовые деревья, зерновые культуры и декоративные растения, вызывая у них заболевание «мучнистая роса» [6].

На первый взгляд, кажется, что данные фитопатогены являются хорошо изученными и легко узнаваемыми организмами, однако недавние исследования указали на то, что их биология намного сложнее. Многие вопросы до сих пор остаются открытыми и широко обсуждаемыми между учеными всего мира [9].

Как упоминалось выше, основным инструментом определения видов остается морфологический метод. По мнению многих авторов, характеристики анаморфной стадии жизненного цикла мучнисторосяных грибов являются основными для универсальной систематики видов семейства *Erysiphaceae*. Более того, на основе анализа нуклеотидных последовательностей анаморфы увеличивается шанс отобразить филогению этой группы грибов в полном объеме [4]. Однако информации об анаморфе недостаточно для 75% видов мучнисторосяных грибов [4]. Поэтому в отсутствие зрелых плодовых тел точная видовая идентификация паразитов затруднительна, в связи с чем, применение методов молекулярной генетики приобретает большую актуальность.

Секвенирование рибосомальных генов стало полезным инструментом в быстром обнаружении и идентификации грибов, независимо от того, образуются ли особые морфологические структуры. Одной из наиболее распространенных показательных последовательностей является область внутреннего транскрибируемого спейсера (the Internal transcribed spacer, ITS-region). Эта область содержит два информативных района (ITS1 и ITS2), которые располагаются между 18S и 28S последовательностями рибосомальных субъединиц, разделенные по-

следовательностью 5.8S рРНК. Область внутреннего транскрибируемого спейсера является одной из самых распространенных последовательностей, используемой в определении видов грибов и филогенетических исследованиях [5]. По всем видам грибов исследование ITS района позволяет в 72 % случаев успешно идентифицировать образцы [1]. Следующей по значимости является последовательность 28S большой субъединицы рРНК, в частности, ее варибельная область D1/D2, располагающаяся на 5'-конце. Данная последовательность успешно амплифицируется у широкого спектра грибов. Последовательности генов большой субъединицы рРНК и ITS-области имеют огромное количество сиквенсов в различных базах данных.

Хоть эти две области демонстрируют достаточную изменчивость последовательностей, для некоторых грибных организмов данных областей недостаточно для точной идентификации на видовом уровне. В таких случаях могут быть использованы иные последовательности, например, последовательности белок-кодирующих генов (β -тубулина, фактора элонгации трансляции 1- α , большой субъединицы РНК-полимеразы II и т.д.) либо последовательностей генов митохондрий (*cox1*, *nd6*) [10].

В данной работе в качестве объекта исследования выступили гербарные образцы грибов семейства *Erysiphaceae* из коллекции MSK-F Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси. Для выделения геномной ДНК использовали классический СТАВ-метод с модификациями. Исследуемой последовательностью стала ITS-область рибосомального РНК-цистрона. Для наработки продукта применяли «вложенную» ПЦР (nested PCR) с двумя парами универсальных праймеров ITS5/P3 и ITS5/ITS4, визуализацию результатов проводили в 2% горизонтальном агарозном геле [7, 8]. Секвенирование полученных фрагментов ДНК проводили по методу Сэнгера с использованием генетического анализатора АВ-3500 (Applied Biosystems, США), очистку от невстроенных терминаторов после ферментативной реакции производили с использованием набора Exo/SAP-IT (ThermoFisher, Литва). Сравнение и выравнивание полученных нуклеотидных последовательностей осуществляли при помощи пакета программ BLAST.

В результате проведенных исследований были выявлены образцы, которые по данным молекулярно-генетического анализа имели иную видовую принадлежность, в отличие от данных, полученных согласно морфологическим характеристикам. Таким образом, использование морфологических методов не всегда может привести к однозначному результату, более того появляется риск вынести ошибочное предположение насчет видовой принадлежности того или иного организма. Это может стать критичным в решении ряда задач, в особенности, когда речь идет о создании гербарных коллекций – необходимом этапе любых таксономических исследований в фитоценозах. Наличие гербарных коллекций делает их одним из важнейших источников в изучении биоразнообразия и генетического разнообразия, установления филогенетических связей. Совершенно не означает, что при определении видов необходимо ограничиваться только методами молекулярной генетики, поскольку информация о сиквенсах ряда грибов присутствует не в полном объеме, а иногда отсутствует вообще. Поэтому важно морфологические методы использовать в тандеме с методами молекулярной биологии для решения вопросов видовой идентификации.

Список литературы

1. Изучение геномов грибов. Достижения и перспективы: материалы 2 Междунар. конф. Биология, систематика и экология грибов и лишайников в природных экосистемах и агрофитоценозах, Минск-Каменюки, 20-23 сентября 2016 года. – Минск: Колорград, 2016. – 324 с.
2. Применение методов молекулярной генетики для анализа наличия фитопатогенов в лесных насаждениях и питомниках Российской Федерации / Т. С. Алимова [и др.] // Сибирский лесной журнал. – 2014. – № 4. – С. 35-41.
3. Применение метода секвенирования в видовой идентификации фитоплазм: 20-я Междунар. Пущинская школа-конф. мол. уч. Биология – наука XXI века, 18-22 апреля 2016 года. – Магнитогорск: КТ «Буки-Веди», 2016. – 486 с.
4. A new subgenus, *Microidium*, of *Oidium* (Erysiphaceae) on *Phyllanthus* spp. / Ch. Toanun [et al] // Mycoscience. – 2005. – Vol. 46. – P. 1-8.
5. Design of a primer for ribosomal DNA internal transcribed spacer with enhanced specificity for *Ascomycetes* / I. Larena [et al] // Journal of Biotechnology. – 1999. – Vol. 75, № 2-3. – P. 187-194.

6. Comprehensive molecular phylogenetic analysis and evolution of the genus *Phyllactinia* (Ascomycota: Erysiphales) and its allied genera / S. Takamatsu [et al] // Mycological Research. – 2008. Vol. 112, № 3. – P. 299-315.
7. Comprehensive phylogenetic analysis of the genus *Golovinomyces* (Ascomycota: Erysiphales) reveals close evolutionary relationships with its host plants / S. Takamatsu [et al] // Micologia. – 2013. – Vol. 105, № 5. – P. 1135-1152.
8. First comprehensive phylogenetic analysis of the genus *Erysiphe* (Erysiphales, Erysiphaceae) II: the *Uncinula* lineage S. Takamatsu [et al] // Micologia. – 2015. – Vol. 107, № 5. – P. 903-914.
9. The Powdery Mildews: A Review of the World's Most Familiar (Yet Poorly Known) Plant Pathogens / D.A. Glawe // Ann. Rev. Phytopathol. – 2008. – Vol. 46. – P. 27-51.
10. Sequence-based identification of filamentous basidiomycetous fungi from clinical specimens: a cautionary note / A. M. Romanelli [et al] // J. Clin. Microbiol. – 2010. – Vol. 48, № 3. – P. 741-752.

НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ О ГАСТЕРОМИЦЕТАХ ИЗ БАСЕЙНА Р. ПСЁЛ (УКРАИНА, ЛЕВОБЕРЕЖНАЯ ЛЕСОСТЕПЬ)

Я.Н. Макаренко

Полтавский национальный педагогический университет имени В.Г. Короленко; Полтава, Украина,
e-mail: ya_makarenko@ukr.net

Приводятся сведения о распространении на территории бассейна р. Псёл (Левобережная Лесостепь Украины, Полтавская обл.) 18 видов гастеромицетов. Из них *Lycoperdon echinatum*, *L. molle*, *L. muscorum*, *L. radicum*, *L. umbrinum* и *L. weinmannii* являются редкими для Украины. *Bovista plumbea* и *Lycoperdon pratense* – впервые отмеченные в Левобережной Лесостепи.

Гастеромицеты – исторически сложившееся название полифилетической группы базидиевых грибов, характеризующихся замкнутыми плодовыми телами и пассивным освобождением спор. Их зрелые плодовые тела различной формы – главным образом округлые, клубне-, груше-, бокало- или звездообразные. Подавляющее большинство видов – сапротрофы, развивающиеся на различных субстратах (почва, подстилка, мертвая древесина и др.). Некоторые представители этой группы – микоризообразователи или паразиты высших растений. Согласно данным, которые в своей работе приводит Ю.А. Ребриев, известно около 800 видов гастеромицетов [5].

Для территории бывшего СССР приводили около 250 видов гастеромицетов [8]. В 70-е годы прошлого века в Украине было известно 74 их эпигейных вида, 60 из них – в правобережных регионах (на Правобережном Полесье – 41, в Правобережной Лесостепи – 34 и Правобережной Степи – 25). На Левобережье Украины зарегистрировано 91 вид этих грибов, в Крыму – 55 видов. В микобиоте Северо-Западного Причерноморья выявлено 34 вида гастеромицетов [1–3, 6, 7]. На востоке Украины (в пределах Донецкой и Старобельской злаково-луговых степей) известно 59 их видов [4].

Мы исследовали видовой состав макромицетов на территории бассейна р. Псёл (Левобережная Лесостепь Украины, Полтавская обл.). Были найдены и гастероидные грибы, принадлежащие к порядкам *Agaricales* (17 видов) и *Boletales* (1 вид). Большинство из них уже известны для Левобережной Лесостепи. Однако мы обнаружили два вида, которые ранее для данного региона не приводились. Это *Bovista plumbea* и *Lycoperdon pratense*. Кроме того, шесть видов (*L. echinatum*, *L. molle*, *L. muscorum*, *L. radicum*, *L. umbrinum* и *L. weinmannii*) оказались редкими для территории Украины.

Приводим список собранных нами видов (все из Полтавской обл.).

Agaricales

Agaricaceae Chevall.

***Bovista nigrescens* Pers.**

Кременчугский р-н, северо-восточная окраина ст. Потоки, левый берег р. Псёл, луг, на почве, 01.09.2012.

***Bovista plumbea* Pers.**

Шишацкий р-н, с. Ярьськи, ул. Набережная, вдоль дороги, 13.09.2013.

***Bovista pusilla* (Batsch) Pers.**

Гадячский р-н, северная окраина с. Вельбовка, возле автодороги Полтава-Гадяч, восточная граница РЛП «Гадячский», сосновый лес, на почве, 10.10.2013.

***Calvatia candida* (Rostk.) Hollós**

Гадячский р-н, окраина с. Петровка-Роменская, луг, 01.07.2012.

***Calvatia gigantea* (Batsch) Lloyd**

Кременчугский р-н, окраина с. Омельник, правый берег р. Псёл, тополежник, на почве, 14.07.2014.

***Lycoperdon echinatum* Pers.**

Великобагачанский р-н, поворот на с. Малая Решетиловка, сосновый лес, 10.10.2013.

***Lycoperdon excipuliforme* (Scop.) Pers.**

Шишацкий р-н, окраина с. Ярьськи, геологический заказник «Бутовая гора», кленово-липово-дубовый лес, опушка, на почве, 11.07.2012.

***Lycoperdon molle* Pers.**

Шишацкий р-н, окраина пгт Шишаки, правый берег р. Псёл, смешанный лес, на почве, 12.08.2013.

***Lycoperdon muscorum* Morgan**

Гадячский р-н, поворот на с. Лютенька по автотрассе Полтава-Гадяч, поляна, 14.08.2012.

***Lycoperdon perlatum* Pers.**

Шишацкий р-н, окраина пгт Шишаки, за мостом через р. Псёл, пойменный лес с *Quercus robur* L., *Tilia cordata* Mill., *Populus tremula* L., на почве, 15.09.2013.

***Lycoperdon pratense* Pers.**

Шишацкий р-н, окраина ст. Ярьськи, слева от железнодорожного переезда, на обочине дороги, 28.09.2012.

***Lycoperdon pyriforme* Schaeff.**

Гадячский р-н, окраина г. Гадяч, западная граница РЛП «Гадячский», смешанный лес, среди мха, 14.08.2012.

***Lycoperdon radicum* Durieu & Mont.**

Кременчугский р-н, окраина с. Омельник, база отдыха, лиственный лес, под *Quercus robur* L., 14.07.2014; Шишацкий р-н, окраина с. Ярьськи, левый берег р. Псёл, геологический заказник «Бутовая гора», кленово-липово-дубовый лес, 11.07.2012.

***Lycoperdon umbrinum* Pers.**

Гадячский р-н, окраина с. Вельбовка, заповедное урочище «Гадячский бор», правый берег р. Псёл, смешанный лес с *Quercus robur* L., на почве, 20.09.2013.

***Lycoperdon utriforme* Bull.**

Великобагачанский р-н, поворот на с. Малая Решетиловка по трассе на с. Великая Багачка, луг, на унавоженной почве, 08.06.2013.

***Lycoperdon weinmannii* Sosin**

Шишацкий р-н, окраина пгт Шишаки, правый берег р. Псёл, за мостом, лиственный лес с *Quercus robur* L., на почве, 15.09.2013.

Boletales

Rhizopogonaceae Gäum. & C.W. Dodge

***Rhizopogon luteolus* Fr.**

Шишацкий р-н, южная окраина с. Федунка, левый берег р. Псёл, сосновый лес, на почве, 15.09.2013.

Список литературы

1. Бабенко О.А. Епігейні гастероміцети Північно-Західного Причорномор'я / О.А. Бабенко // Укр. ботан. журн. – 2004. – 70, №5. – С. 669–677.
2. Гриби заповідників та національних природних парків Лівобережної України / І.О. Дудка, В.П. Гелюта,

- Т.В. Андрианова, В.П. Гайова, Ю.Я. Тихоненко, М.П. Придюк, Ю.І. Голубцова, Т.І. Кривомаз, В.В. Джаган, Д.В. Леонтьев, О.Ю. Акулов, О.В. Сивоконь. – К.: Арістей, 2009. – Т.1. – 306 с.
3. Визначник грибів України. Т. 5. Базидіоміцети. Кн. 2 / М.Я. Зерова, П.Є. Сосін, Г.Л. Роженко. – К.: Наук. думка, 1979. – 565 с.
4. Лешан Т.А., Колесник Д.В., Ляшенко А.М., Радіонова Н.М. Гастероміцети (*Basidiomycetes*) Сходу України / Т.А. Лешан, Д.В. Колесник, А.М. Ляшенко, Н.М. Радіонова // Вісн. Луган. нац. ун-ту ім. Т.Г. Шевченка. Біол. науки. – 2009. – № 2. – С. 73-78.
5. Ребриев Ю.А. Гастероміцети. Современные взгляды на объем группы и положение в системе *Basidiomycetes* // Микол. и фитопатол. 2005. – 39, вып. 1. – С. 3-10.
6. Сивоконь О.В. Гастероїдні базидіоміцети Національного природного парку «Гомільшанські ліси» / О.В. Сивоконь // Заповідна справа в Україні. – 2008. – 14, № 2. – С. 56-62.
7. Сивоконь О.В., Дудка І.О. Гастероїдні базидіоміцети Ічнянського національного парку (Чернігівська область) / О.В. Сивоконь, І.О. Дудка // Заповідна справа в Україні. – 2007. – 13, №1-2. – С. 56-60.
8. Сосин П.Е. Определитель гастероміцетов СССР \ П.Е. Сосин. – Л.: Наука, 1973. – 164 с.

ВТОРИЧНАЯ СТРУКТУРА ITS2-ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ *SILENE SYTNIKII* (CARYOPHYLLACEAE) В СРАВНЕНИИ С БЛИЗКИМИ ВИДАМИ

В.А. Мартынюк¹, Н.И. Карпенко², И.Ю. Костиков¹

¹Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Учебно-научный центр «Институт биологии и медицины», кафедра биологии растений; Киев, Украина, e-mail: vikamartynuk@ukr.net

²Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Учебно-научный центр «Институт биологии и медицины», НДЛ «Биохимии»; Киев, Украина

Silene sytnikii Krytzka, Novosad et Protopopova (*Caryophyllaceae*) – эндемик гранитно-степного Побужья Украины, близкий к *S. chlorantha* (Willd.) Ehrh. и особенно *S. frivaldszkyana* Hampe. Сходство морфологических признаков не позволяет четко дифференцировать эти таксоны. Цель нашего исследования состояла в сравнительном анализе вторичных структур ITS2-последовательностей рибосомальной ДНК. Показано, что *S. sytnikii* отличается от *S. chlorantha* и близко по результатам BLAST-поиска *S. multicaulis* Guss. В то же время, отличий между *S. sytnikii* и *S. frivaldszkyana* не обнаружено.

Смолевка Сытника (*Silene sytnikii* Krytzka, Novosad et Protopopova) – узколокальный эндемичный вид, встречающийся исключительно на гранитных обнажениях бассейнов рек Южный Буг и Ингул в пределах Николаевской области Украины [2, 3, 7]. Популяции этого вида локальные, с небольшой плотностью (1-2 особи на 1 м²), занесены в Красную книгу Украины [7] и находятся под охраной. Тем не менее, таксономический статус этого вида является спорным. Например, Н.М. Федорончук считает, что *S. sytnikii* – «критический таксон из группы родства *S. chlorantha* (Willd.) Ehrh.» [5], а Н.Н. Цвелев в «Флоре Восточной Европы» [6] приводит его в качестве синонима балканского вида *S. frivaldszkyana* Hampe [1, 12]. Предпосылкой такой трактовки вида является сходство морфологических признаков, не позволяющее дифференцировать эти таксоны.

В подобных спорных случаях необходимо применение иных подходов, в частности молекулярно-генетических. Часто применяется анализ внутреннего транскрибируемого спейсера 2 (internal transcribed spacer, ITS2) кластера ядерных рибосомальных генов, расположенного между генами 5,8S и 26S. Эта последовательность легко амплифицируется и является достаточно вариабельной [8, 9]. Более того, последовательность ITS2 имеет определенную вторичную структуру, отличия в которой позволяют определить степень репродуктивной изоляции и дифференцировать таксоны различного ранга [13, 15, 16, 18, 19].

Целью нашего исследования являлось изучение вторичной структуры последовательности ITS2 эндемичного вида *S. sytnikii* и ее сравнение с близкими таксонами.

Материалом для исследования использовали фрагменты листьев гербарного образца *S. sytnikii* из ок. с. Софиевка Николаевской обл. (Национальный гербарий Украины – KW, № 080657). ДНК выделяли СТАВ-методом [17] с модификациями для гербарных образцов [4]. ПЦР проводили по общепризнанной методике с использованием универсальных праймеров

ITS1 и ITS4 [20]. Секвенирование с использованием тех же праймеров проводилось на коммерческой основе в компании Macrogen.

Редактирование сиквенса осуществляли путем визуальной инспекции хроматограмм с помощью программы BioEdit. Аннотацию последовательности ITS2 проводили с помощью веб-сервера Mfold [21] путем моделирования спирали B9 (согласно терминологии [11]), которая состоит из терминального участка 5,8S и комплементарного ему стартового участка 26S. Моделирование вторичной структуры ITS2 *S. sytnikii* осуществляли посредством прямой сборки транскриптов с помощью Mfold [21], а визуализацию модели – с использованием Pseudoviewer 3.0 [10]. Для сравнительного анализа вторичных структур ITS2 использовали сиквенсы близких видов: *S. frivaldszkyana* (KP849852), *S. chlorantha* (KP849842, KX757527), а также *S. multicaulis* Guss. (KX757468), распространенный на Балканах и в Италии [12].

Результаты BLAST-поиска показали 99%-е сходство полученного нами сиквенса *S. sytnikii* с *S. multicaulis* (KX757468) при перекрытии сиквенсов на 100%.

Модель вторичной структуры ITS2-последовательности состоит из четырех спиралей (рисунок). О правильности ее укладки свидетельствует наличие пиримидин-пиримидинового несовпадения (мисматча U-U) в основании второй спирали, а также наличие в субапикальной части третьей спирали консервативного для высших растений мотива NRUGGU [14], который в случае *S. sytnikii* и близких видов представлен последовательностью GGUGGU.

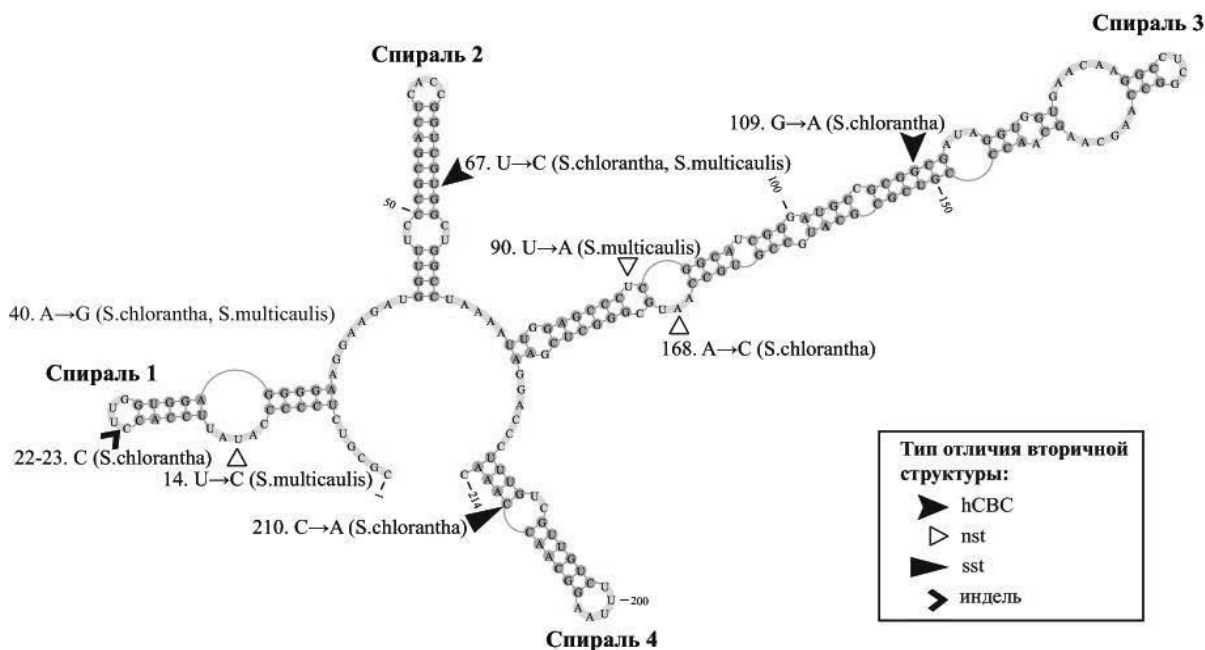


Рисунок – Вторичная структура ITS2-последовательности *Silene sytnikii* с обозначением отличий от близких видов

Результаты сравнительного анализа вторичных структур позволили найти ряд отличий между исследуемыми таксонами. Наименее весомой считается нуклеотидная замена в одноцепочном участке (петле), которая не приводит к изменению вторичной структуры – nst (non-structural substitution). Nst отличают *S. sytnikii* от близких видов в сайтах 14, 40, 90 и 168. Сиквенсы *S. chlorantha* (которые являются идентичными) отличаются от остальных изучаемых видов наличием инделя (вставки) в апикальной петле первой спирали. Также этот вид характеризуется нуклеотидной заменой, которая приводит к нарушению вторичной структуры (sst, structural substitution) четвертой спирали ITS2. Существенным отличием также считается замена одного нуклеотида в двухцепочном участке с сохранением связи – hCBC (hemi-compensatory base change). hCBC содержатся в сайтах 67 и 109.

Из рисунка 1 видно, что *S. sytnikii* четко отличается от *S. multicaulis* тремя nst и одной hCBC. Отличий *S. chlorantha* от *S. sytnikii* еще больше: две nst, индель, одна sst, а также две

hСВС. В то же время, отличий *S. sytnikii* от *S. frivaldszkyana* во вторичной структуре последовательности ITS2 нами не обнаружено.

Таким образом, *S. sytnikii* и *S. frivaldszkyana*, возможно, являются более близкими к северосредиземноморскому виду *S. multicaulis* из секции Siphonomorpha Otth, чем к широко распространенному *S. chlorantha* Sclerocalycinae (Boiss.) Schischkin. Отсутствие отличий во вторичной структуре ITS2 между *S. sytnikii* и *S. frivaldszkyana* свидетельствуют в пользу рассмотрения *S. sytnikii* в качестве синонима *S. frivaldszkyana*, однако для окончательных выводов требуется провести дополнительные исследования.

Список литературы

1. Йорданов Д. Род 269 (26). Плюскавиче, хлопка – *Silene* L. В: Флора на НР България / Д. Йорданов, П. Панов – Т. 3. – София: БАН, 1966. – С. 435-512.
2. Новосад В.В. Новый для науки эндемический вид гранитно-степного Побужья смолевка Сытника (*Silene sytnikii* Krytzka, Новосад et Проторопова), его таксономические, эколого-ценотические, хорологические, генезисные и созологические особенности / В.В. Новосад, Л.И. Крицкая, В.В. Протопопова // Укр. ботан. журн. – 1996. – Т. 53, № 5. – С. 578-585.
3. Новосад В.В. Смілка Ситника: систематика, морфологія, хорологія, екотопологи́я, філогенія, структура популяцій, інтродукція, созологія / В. В. Новосад, Л. І. Крицька, О. Ф. Щербакова – Київ: Фітон, 2011. – 110 с.
4. Тареев А.С. Модифицированная методика выделения ДНК из гербарных образцов / А.С. Тареев, А.И. Гирин, Н.И. Карпенко, О.В. Тищенко, И.Ю. Костиков // Черноморск. бот. ж. – 2011. – Т. 7, № 4. – С. 309-317.
5. Федорончук Н.М. *Silene* L. sensu lato в Украине: обзор рода *Silene* sensu stricto (Caryophyllaceae) / Н.М. Федорончук // Укр. ботан. журн. – 1997. – Т. 54, № 6. – С. 557-564.
6. Цвелев Н.Н. Род Смолевка – *Silene* L. В: Флора Восточной Европы / Н.Н. Цвелев – Москва-Санкт-Петербург: Товарищество научных изданий КМК, 2004. – Т. 11. – С. 233-247.
7. Червона книга України. Рослинний світ / ред.: Я.П. Дідух – Київ: Глобалконсалтинг, 2009. – 900 с.
8. Álvares I. Ribosomal ITS sequences and plant phylogenetic inference / I. Álvares, J.F. Wendel // Molecular Phylogenetics and Evolution. – 2003. – № 29. – P. 417-434.
9. Baldwin B.G. The ITS region of nuclear ribosomal DNA: A valuable source of evidence on angiosperm phylogeny / B.G. Baldwin, M.J. Sanderson, J.M. Porter, M.F. Wojciechowski, C.S. Campbell, M.J. Donoghue // Annals of the Missouri Botanical Garden. – 1995. – Vol. 82. – P. 247-277.
10. Byun Y. PseudoViewer3: generating planar drawings of large-scale RNA structures with pseudoknots / Y. Byun, K. Han // Bioinformatics. – 2009. – Vol. 25. – P. 1435-1437.
11. Caisová L. A consensus secondary structure of ITS2 in the Chlorophyta identified by phylogenetic reconstruction / L. Caisová, B. Marin, M. Melkonian // Protist. – 2013. – Vol. 164. – P. 482-496.
12. Chater A.O. *Silene* L. In: Flora Europaea / A.O. Chater, S.M. Walters, J.R. Akeroyd. – Vol. 1. – Cambridge: Cambridge University Press, 1993. – P. 191-211.
13. Coleman A.W. ITS2 is a double-edged tool for eukaryote evolutionary comparisons / A.W. Coleman // Trends Genet. – 2003. – Vol. 19, № 7. – P. 370-375.
14. Coleman A.W. Pan-eukaryote ITS2 homologies revealed by RNA secondary structure / A.W. Coleman // Nucleic Acid Research. – 2007. – Vol. 35, № 10. – P. 3322-3329.
15. Coleman A.W. Ribosomal DNA ITS-1 and ITS-2 sequence comparisons as a tool for predicting genetic relatedness / A.W. Coleman, J.C. Mai // J. Mol. Evol. – 1997. – Vol. 45. – P. 168-177.
16. Coleman A.W. The significance of a coincidence between evolutionary landmarks found in mating affinity and a DNA sequence / A.W. Coleman // Protist. – 2000. – Vol. 151. – P. 1-9.
17. Doyle J.J. Isolation of plant DNA from fresh tissue / J.J. Doyle, J.L. Doyle // Focus. – 1990. – Vol. 12. – P. 13-15.
18. Müller T. Distinguishing species / T. Müller, N. Philippi, T. Dandekar, J. Schultz, M. Wolf // RNA. – 2007. – Vol. 13. – P. 1469-1472.
19. Ruhl M.W. Compensatory base changes illuminate morphologically difficult taxonomy / M.W. Ruhl, M. Wolf, T.M. Jenkins // Mol. Phylogenet. Evol. – 2010. – Vol. 54, № 2. – P. 664-669.
20. White T. J. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics / T.J. White, T. Bruns, S. Lee, J.W. Taylor // PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications. – New York: Academic Press Inc. – 1990. – P. 315-322.
21. Zuker M. Mfold web server for nucleic acid folding and hybridization prediction / M. Zuker // Nucleic Acids Research. – 2003. – Vol. 31, № 13. – P. 3406-3415.

БОТАНИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ И ФИТОХОРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АБОРИГЕННОГО КОМПОНЕНТА ФЛОРЫ БАССЕЙНА РЕКИ ЯСЕЛЬДЫ

А.Н. Мялик

Государственное научное учреждение «Полесский аграрно-экологический институт Национальной академии наук Беларуси»; Брест, Беларусь, e-mail: aleksandr-myalik@yandex.by

В статье рассматриваются ботанико-географические особенности аборигенного компонента флоры бассейна реки Ясельды (левый приток Припяти). Специфика географической структуры флоры данной территории проявляется в меньшем участии теплолюбивых субмеридиональных и меридиональных видов, а также таксонов восточноевропейского распространения, что обусловлено положением данного региона в северо-западной части Белорусского Полесья. Хорологические особенности флоры заключаются в том, что около 70 видов сосудистых растений (более 10 %) находятся здесь на пределе своего распространения.

В последние десятилетия все большую популярность при изучении природных ресурсов и поиске подходов их рационального использования приобретает бассейновая концепция. Ее привлекательность заключается в том, что почти вся суша в геоморфологическом плане представляет собой макросистему бассейнов, каждый из которых имеет естественные природные границы. Физико-географическими особенностями территории бассейна определяется также специфика экологических условий формирования биоты, что делает бассейновый подход приоритетным при изучении флористического разнообразия [9].

В пределах южной части Беларуси удобным объектом для всесторонних флористических исследований является бассейн Ясельды (средней реки, являющейся крупнейшим левым притоком Припяти), расположенный в центральной части Брестской области. Его преимущество заключается в том, что водосбор площадью 7790 км² полностью расположен в пределах Республики Беларусь [1] на стыке двух геоботанических подзон: грабово-дубово-темнохвойных и широколиственно-сосновых лесов. Все это наряду с разнообразием геоморфологических, почвенных, гидрологических и мезоклиматических условий способствует формированию здесь флоры, которая с одной стороны отражает специфику растительного покрова всего Белорусского Полесья, а с другой имеет ряд региональных особенностей.

Согласно нашим подсчетам современная флора бассейна реки Ясельды представлена 668 аборигенными видами сосудистых растений, которые относятся к 332 родам и 108 семействам. В целом, флора этой территории является репрезентативной в отношении флоры всего Белорусского Полесья и его отдельных природных регионов. Она включает в себя более 77 % аборигенных видов флоры Припятского Полесья (668 видов из 866) в пределах которого находится большая часть бассейна Ясельды [6]. Также в ее составе отмечается более 80 % (668 видов из 826) представителей аборигенной флоры расположенного рядом Брестского Полесья (Малоритской равнины) [8]. Крупнейшими семействами в составе аборигенной фракции флоры бассейна Ясельды являются: *Gramineae*, *Compositae* и *Cyperaceae*, представленные 67, 56 и 46 видами растений соответственно, что свойственно большинству региональных флор умеренного пояса Голарктики [4].

Известно, что первостепенное значение для выяснения происхождения и истории формирования флоры имеет анализ географического распространения слагающих ее видов. В таблице 1 представлена географическая структура флоры рассматриваемого региона, согласно усовершенствованной схеме геоэлементов флоры Беларуси по Н.В. Козловской [2]. Анализ таблицы показывает, что флора бассейна Ясельды представлена видами, имеющими различное географическое происхождение, наиболее многочисленными из которых являются таксоны с голарктическим (*Equisetum hyemale*, *Persicaria amphibia*, *Scheuchzeria palustris* и др.), европейским (*Eupatorium cannabinum*, *Dactylorhiza majalis*, *Melittis sarmatica* и др.), евразийским (*Salix rosmarinifolia*, *Hieracium umbellatum*, *Thymus serpyllum* и др.) и евросибирским (*Rhinanthus aestivalis*, *Verbascum lychnitis*, *Vincetoxicum hirsutinaria* и др.) типами ареала. Среди широтных геоэлементов преобладают умеренно-теплолюбивые температурные (*Arnica montana*, *Campanula trachelium*, *Succisa pratensis* и др.) и бореально-температурные

(*Oxalis acetosella*, *Senecio paludosus*, *Sium latifolium* и др.) таксоны. Схожее распределение видов по географическим элементам свойственно и другим региональным флорам южной части Беларуси [5, 7–8].

Таблица – Распределение аборигенных видов флоры бассейна реки Ясельды по географическим элементам

Долготные элементы флоры	Широтные элементы флоры									
	Плоризональные	Аркто-бореальные	Аркто-борео-температные	Бореальные	Бореально-температные	Температные	Субмеридиональные	Меридиональные	Всего	%
Космополиты	16	-	-	-	-	-	1	-	17	2,6
Голарктические	46	12	31	4	23	3	-	1	120	18,0
Евразийские	32	3	14	1	30	13	9	-	102	15,3
Евроамериканские	6	-	4	-	12	1	-	-	23	3,4
Евросибирские	26	2	12	4	74	24	15	-	157	23,5
Евросибирско-аралокаспийские	13	-	-	-	9	16	23	2	63	9,4
Европейско-малоазийские	3	-	-	-	1	7	20	4	35	5,2
Европейские:	22	2	1	3	27	82	13	1	151	22,6
панъевропейские	22	-	-	-	9	23	2	-	56	8,4
атлантические	-	-	-	-	3	12	2	-	17	2,6
северные	-	2	1	3	6	-	-	-	12	1,8
центральные	-	-	-	-	6	41	4	-	51	7,6
восточные	-	-	-	-	3	6	4	-	13	1,9
южные	-	-	-	-	-	-	1	1	2	0,3
Всего	164	19	62	12	176	146	81	8	668	
%	24,5	2,8	9,3	1,8	26,4	21,9	12,1	1,2		100

Характерной особенностью географической структуры флоры бассейна реки Ясельды можно назвать несколько меньшее участие в ее составе теплолюбивых меридиональных (*Trifolium fragiferum*, *Hypericum tetrapterum* и др.) и субмеридиональных (*Trifolium dubium*, *Platanthera chlorantha* и др.) видов. В сумме их насчитывается только 13,3 %, в то время как в составе флоры всего Припятского Полесья таких видов более 15,4 %. Расположением значительной части бассейна Ясельды в подзоне грабово-дубово-темнохвойных лесов объясняется большее участие (почти 14 %) в составе его флоры холодостойких видов, ареалы которых связаны с аркто-бореальной областью (*Andromeda polifolia*, *Scheuchzeria palustris* и др.). Учитывая нахождение бассейна реки Ясельды в западной части Припятского Полесья можно объяснить гораздо меньшее участие в формировании его флоры видов с восточноевропейским типом ареала (1,9 % против 3,5 %) [5]. Таксоны центрально- и атлантическоевропейского распространения здесь наоборот являются более многочисленными.

Большинство аборигенных представителей флоры бассейна Ясельды распространены по всей его территории в зависимости от экологических предпочтений конкретных видов. Однако около 70 таксонов (немногим более 10 % от их общего числа) находятся здесь на пределе своего естественного распространения, являясь тем самым хронологически детерминированными для данной территории [3]. Их особенность заключается в том, что они являются не просто редкими видами с узкой экологической амплитудой, а могут произрастать только в географически определенных местообитаниях.

Самой многочисленной среди хронологически детерминированных видов является южная ареалогическая группа, представленная 27 таксонами, которые на территории бассейна реки Ясельды произрастают на южных границах ареала: *Alchemilla glaucescens*, *Daphne mezereum*, *Rhynchospora alba*, *Stellaria longifolia* и другие. Некоторые представители этой группы в пределах всего Полесского региона имеют хронологическую дизъюнкцию между

равнинной бореальной и горной (карпатской) частями ареалов: *Picea abies*, *Huperzia selago*, *Trollius europaeus* и другие. Северная ареалогическая группа, представленная видами с северной границей ареала, насчитывает 21 таксон: *Laphangium luteo-album*, *Phleum phleoides*, *Salvinia natans*, *Teucrium scordium* и другие теплолюбивые виды. Количество их местонахождений, как правило, уменьшается от устья к истокам Ясельды, т.е. с юго-востока на северо-запад. На восточном пределе естественного распространения находятся преимущественно атлантическоевропейские (*Lotus uliginosus*, *Hedera helix*, *Polypodium vulgare* и др.) и центральноевропейские (*Dianthus carthusianorum*, *Melittis sarmatica* и др.) виды. Всего эта группа представлена 17 таксонами, распространение которых на запад сдерживается нарастающей континентальностью климатических условий. Противоположными экологическими требованиями обладают виды с западными границами ареалов. В составе флоры бассейна Ясельды обнаружено только 3 представителя из этой группы: *Alisma praecox*, *Asparagus officinalis* и *Jurinea cyanooides*. Местообитания всех этих видов приурочены исключительно к низовьям долины реки Ясельды. Следует отметить, что только 1 вид – *Alchemilla polessica* – можно отнести к эндемикам в отношении флоры рассматриваемого региона и Беларуси.

Таким образом, видовой состав, таксономическая и географическая структура аборигенной флоры бассейна реки Ясельды сходны с региональными флорами рядом расположенных территорий – Брестским и Припятским Полесьем. Ботанико-географические особенности рассматриваемой флоры определяются в первую очередь географическим положением бассейна Ясельды, что отражается в количественном участии в ее составе узкоареальных видов с противоположными экологическими требованиями: атлантико- и восточноевропейских, теплолюбивых меридиональных и холодостойких аркто-бореальных. Фитохорологические особенности флоры заключаются в том, что около 70 видов (более 10 % от их общего количества) находятся здесь на пределе своего естественного распространения.

Список литературы

1. Блакітная кніга Беларусі : (Водныя аб'екты Беларусі): Энцыкл. / рэдкал.: Н. А. Дзісько і інш. – Мінск : БелЭн, 1994. – 414 с.
2. Козловская, Н. В. Флора Белоруссии, закономерности ее формирования, научные основы использования и охраны / Н. В. Козловская. – Минск: Наука и техника, 1978. – 128 с.
3. Козловская, Н. В. Хорология флоры Белоруссии / Н. В. Козловская, В. И. Парфенов. – Минск: Наука и техника, 1972. – 309 с.
4. Морозова, О. В. Таксономическое богатство флоры Восточной Европы: факторы пространственной дифференциации / О. В. Морозова. – Москва : Наука, 2008. – 328 с.
5. Мялик, А. Н. Анализ географического распространения видов аборигенной флоры Припятского Полесья / А. Н. Мялик // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя біялагічных навук. – 2016. – № 2. – С. 15-21.
6. Мялик, А. Н. Таксономический анализ флоры Припятского Полесья / А. Н. Мялик // Материалы XVII Респ. науч.-практ. конф. молодых ученых: в 2 ч., Брест, 15 мая 2015 г. / БрГУ им. А. С. Пушкина; редкол.: А. Е. Будько. – Брест, 2015. – Ч. 1. – С. 112-114.
7. Парфенов, В. И. Флора Белорусского Полесья: современное состояние и тенденции развития / В. И. Парфенов. – Минск : Наука и техника, 1983. – 295 с.
8. Савчук, С. С. Состояние и тенденции развития флоры Брестского Полесья как природной модели антропогенной динамики биоразнообразия: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.01 / С. С. Савчук; Ин-т эксперим. ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси. – Минск, 2013 – 23 с.
9. Шереметова, С. А. Применение бассейновой концепции при изучении флоры (на примере горной Шории) / С. А. Шереметова // Вестник Кемеровского гос. ун-та. – 2013. – № 2 (54). Том 1. – С. 26-32.

ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД В СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЯХ ГОМЕЛЬСКОГО ГПЛХО

А.М. Потапенко¹, П.Е. Мохначев²

¹ Государственное научное учреждение «Институт леса Национальной академии наук Беларуси»; Гомель, Беларусь, e-mail: anto_ha86@mail.ru

²ФГБУН «Ботанический сад Уральское отделение РАН»; Екатеринбург, Россия, e-mail: mohnachev74@mail.ru

Под пологом сосняков мшистых, черничных, орляковых и кисличных Гомельского ГПЛХО на всех пробных площадях в естественном возобновлении преобладает дуб черешчатый. Отмечается наличие в составе подроста ели, сосны, граба и клена. В возобновлении дуба превалируют крупные растения, произрастающие под пологом насаждения равномерно или куртинно. В условиях отсутствия рубок леса в сосняках мшистых в естественном возобновлении преобладают жизнеспособный подрост дуба и ели. Наибольшее его количество выявлено в приспевающих насаждениях, наименьшее – в спелых.

Основным компонентом хвойных лесов Республики Беларусь являются сосновые насаждения. По данным Государственного лесного кадастра Республики Беларусь на 01.01.2016 года, сосняки произрастают на площади 4143 тыс. га, что составляет 50,3% от общей площади покрытых лесом земель с запасом древесины на корню 968,4 млн м³ [1]. Наибольшее их распространение отмечено в Гомельской области – 1110,4 тыс. га. За последние десятилетия отмечается тенденция к увеличению площади сосняков по республике, в т.ч. и по Гомельской области, соответственно, на 4,7% и 5,9%.

По данным ряда авторов [2], в сосновых насаждениях на более 70% площади отмечается подрост дуба. В составе подроста его долевое участие составляет от 1–2 до 10 единиц, что обусловлено более благоприятными световыми условиями и естественной сменой пород.

Оценка лесовозобновительной способности сосняков Гомельского ГПЛХО проводилась в сосновых насаждениях 60–120-летнего возраста в кисличном, черничном и орляковом типах леса. Средний возраст сосновых насаждений составлял 79 лет. Насаждения сосны имели полноту 0,4–0,7, запас стволовой древесины составлял 160–398 м³/га. Исследуемые доминирующие типы сосняков имели свежие и влажные гигротопы почв. Трофотопы – субори и судубравы.

Проведенные исследования показали, что долевое участие сосны в составе древостоев составляет 50–100%. В зависимости от условий местопроизрастания в насаждениях присутствуют береза, осина, ольха черная, реже граб. Изучение приспевающих и спелых сосновых насаждений Гомельского ГПЛХО и анализ данных лесоустройства (охвачена площадь около 16 тыс. га) показало, что в сосняках кисличных и черничных на 39–51% площади преобладает подрост дуба и других хозяйственно-ценных древесных пород (таблица). Значительная доля сосняков (80–90%) обеспечена подростом дуба и других хозяйственно-ценных древесных пород в количестве 1,0–4,0 тыс. шт./га при их средней высоте 4,0–4,3 м [3].

Таблица – Наличие подроста дуба и других хозяйственно-ценных древесных пород в приспевающих и спелых сосняках

Тип леса (ТЛУ)	Распределение насаждений по количеству подроста дуба и других хозяйственно-ценных древесных пород							
	всего насаждений		в том числе с подростом, тыс. шт./га					
			менее 1,0		1,0–2,0		2,1–4,0	
	га	%	га	%	га	%	га	%
С. кис. (С ₂), С. чер. (В ₃)	13947,9	100,0	1404,5	10,1	7054,5	50,6	5488,9	39,3

Сосняки кисличные (56-120 лет) характеризуются Ia-I классами бонитета. Деревья на пробных площадях (ПП) имели высоту от 22 до 28 м, диаметр от 26 до 38 см, запас сырорастущей древесины составлял 190–350 м³/га.

Выявлено, что жизнеспособный подрост в сосняках кисличных представлен дубом, кленом, грабом, сосной и березой. В составе жизнеспособного подроста преобладает дуб (0,7 тыс.

шт./га). Среднее доленое участие дуба в составе жизнеспособного подроста составляет 74%. В возобновлении дуба преобладают крупные растения, имеющие высоту в среднем 7,0 м, произрастающие равномерно (встречаемость – 100%).

В сосняках черничных древостоев в 50–120-летнем возрасте имеют высоту 20–29 м и характеризуются I^a классом бонитета. При диаметрах 24–40 см запасы сырорастущей древесины составляют 220–360 м³/га.

Подрост в сосняках черничных представлен шестью древесными породами: дубом, кленом, грабом, сосной, березой и осинкой. Выявлено, что количество жизнеспособного подроста дуба в данном типе леса самое высокое (1,2 тыс. шт./га) по сравнению с другими типами лесов. Характер распределения возобновления дуба по площади равномерный, что обусловлено также высоким долевым участием дуба (69–73%) в подросте. В то же время, обеспеченность естественного возобновления дуба низкая, его средняя густота составляет 1,2 тыс. шт./га. Отмечено также наличие в составе подроста клена (0,05 тыс. шт./га), граба (0,2 тыс. шт./га), сосны (0,09 тыс. шт./га), березы (0,1 тыс. шт./га), осины (0,01 тыс. шт./га).

Сосняки орляковые в 60–110-летнем возрасте характеризуются I^a–I классами бонитета. Диаметр деревьев составляет 22–40 см, высота – 22–29 м, полнота – 0,3–0,8, запас сырорастущей древесины – 160–398 м³/га. Проведенные исследования показали, что в сосняках орляковых в составе возобновления леса помимо дуба, клена, граба, березы, сосны встречаются ель и осина. Среднее доленое участие дуба в составе подроста составляет 37%. Качественные показатели возобновления дуба в этом типе леса уступают его возобновлению в предыдущих типах леса. Густота редкого возобновления дуба составляет 1,1 тыс. шт./га, в основном преобладает крупная категория подроста.

В условиях отсутствия рубок леса лесовозобновительные процессы в сосняках протекают не всегда в нужном для лесного хозяйства направлении. Так длительное нахождение сосновых древостоев на высокозагрязненных радионуклидами территориях без проведения в них лесоводственных уходов сказывается не только на росте и развитии древесного яруса, но и на других ярусах растительности, в т.ч. подросте.

Установлено, что в средневозрастных сосняках (на примере мшистого типа леса) в зонах загрязнения свыше 15 Ки/км² (рисунок) в естественном возобновлении леса отмечается преобладание дуба черешчатого средним количеством 0,6 тыс. шт./га, встречаются береза – от 16,6% до 36,4%. Единично на пробных площадях наблюдается возобновление осины.

Доленое участие дуба черешчатого в составе жизнеспособного подроста составляет в среднем 75,1%, ели – 5,9%. В возобновлении дуба преобладают деревья, имеющие высоту, в среднем 1,0 м. Незначительное количество ели европейской ($H_{ср}=0,9$ м) в естественном возобновлении отмечается лишь на 42,9% пробных площадей, густота ели колеблется от 75 шт./га до 143 шт./га. Следует отметить, что на одной ПП имеется наличие в подросте сухостоя сосны в количестве (600 шт./га) и березы – 50 шт./га.

В приспевающих сосняках на всех ПП отмечалось преобладание (83,3%) крупного подроста дуба, средняя высота которого составляет 3,3 м, отмечается также увеличение в составе подроста доленого участия дуба. В то же время в спелых сосняках отмечается преобладание крупного подроста дуба, средняя высота которого составляет 3,5 м и ели – 1,9 м. Мелкий и средний по высоте подрост дуба отмечается редко. Максимальный по высоте подрост дуба имел среднюю высоту 6,0 м. Следует отметить, что на части ПП отмечается наличие 0,9–4,4% сухостоя подроста от общего его количества. Количество сухостоя дуба на ПП составляло 10–167 шт./га, ели – 11–570 шт./га и березы – 18 шт./га.

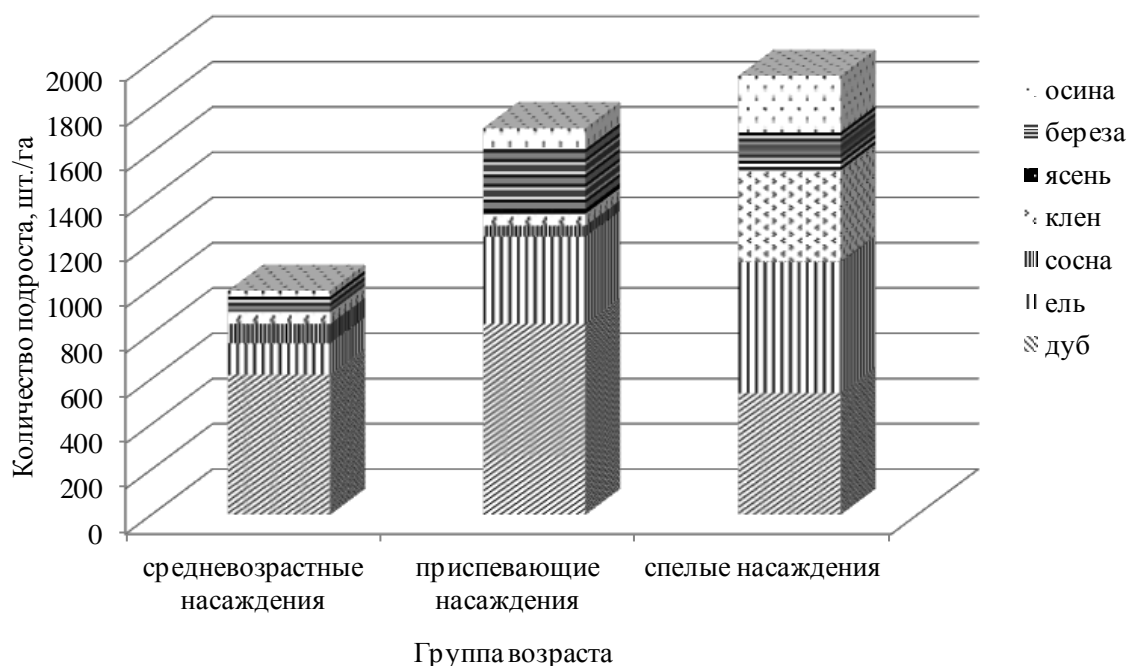


Рисунок – Количество жизнеспособного подроста древесных пород в сосняках мшистых ГСЛХУ «Ветковский спецлесхоз» Гомельского ГПЛХО

Таким образом, в сосновых насаждениях Гомельского ГПЛХО как при проведении рубок леса, так и при их отсутствии, естественное возобновление чаще всего представлено жизнеспособным подростом дуба. Наибольшее количество жизнеспособного подростка дуба выявлено в сосняках черничных – 1,2 тыс. шт./га, наименьшее – 0,7 тыс. шт./га – в сосняках кисличных. В сосняках мшистых в зонах загрязнения свыше 15 Ки/км² в естественном возобновлении преобладают жизнеспособный подрост дуба и ели. Наибольшее количество жизнеспособного подростка дуба и ели выявлено в приспевающих сосняках, наименьшее – в спелых насаждениях.

Список литературы

1. Государственный лесной кадастр Республики Беларусь по состоянию на 01.01.2016 / М-о лес. хоз-ва Респ. Беларусь, Лесоустр. респ. унитар. предприятие «Белгослес». – Минск, 2016. – 90 с.
2. Скригаловская, В.А. Естественное возобновление в сосновых насаждениях Беларуси / В.А. Скригаловская, Н.В. Гордей, А.К. Козлов // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр. / Ин-т леса НАН Беларуси; редкол.: В.Ф. Багинский [и др.]. – Гомель, 2004. – Вып. 60. – С. 44-52.
3. Потапенко, А.М. Восстановление плакорных смешанных дубрав с использованием естественного возобновления дуба черешчатого в условиях юго-востока Беларуси: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.02 / А.М. Потапенко; Ин-т леса НАН Беларуси. – Гомель, 2015. – 22 с.

К ВОПРОСУ РЕКОНСТРУКЦИИ ПУТЕЙ МИГРАЦИИ НЕКОТОРЫХ МОХООБРАЗНЫХ-КАЛЬЦЕФИЛОВ НА ТЕРРИТОРИЮ БЕЛАРУСИ

А.А. Сакович

Гродненский государственный университет имени Я. Купалы; Гродно, Беларусь,
e-mail: anastasia_pryaz@inbox.ru

В работе представлены материалы по экспансии мохообразных-кальцефилов на территорию Беларуси. Выделены основные миграционные пути мохообразных, предложена классификация аллохтонных видов.

Время формирования бриофитного комплекса на старых бетонных фортификациях Беларуси в сравнении с природными местообитаниями невелик, что облегчает возможность анализа путей миграции видов мохообразных как производных от орогенных флор в составе данно-

го комплекса. Специфика таких антропогенных местообитаний является некоторым ограничительным барьером для экспансии одних видов мохообразных и благоприятна для поселения других, экологические требования которых отвечают данным местообитаниям. Поскольку фортификации, представляют собой искусственные скалоподобные места произрастания, обогащенные карбонатами, они служат подходящими экотопами для поселения в равнинных условиях видов мохообразных определенной горной экологии. Подобные виды представлены и во флоре Беларуси. Некоторые из них могли мигрировать сюда с более отдаленных районов, в частности с побережья Балтийского моря и как альтернативный путь – с Украинских и Польских Карпат. Такие виды представляют наибольший интерес во флорогенетическом аспекте, являясь своего рода моделями природной миграции, учитывая большие возможности мохообразных в освоении широкого спектра природных и антропогенных субстратов.

Автохтонных видов мохообразных на территории Беларуси неизвестно, поскольку бриофлора страны полностью имеет реэвакуационно-миграционное происхождение, в такой связи вопрос выделения автохтонных видов представляет большую сложность. Все виды в составе бриофлоры Беларуси имеют заносный характер как следствие климатических изменений в голоцене, когда происходило заселение данной территории представителями разных флор [4]. В таком аспекте нами выделяются аллохтонные реликтовые мохообразные – это виды, проникновение которых датируется началом голоцена, и аллохтонные молодые виды, проникновение которых датируется субатлантическим периодом голоцена.

В работе рассматриваются системы уникальных для Беларуси сооружений – фортификационных групп, состоящих из пояса фортов – Гродненская крепость и Брестская крепость [2,6] и дотов – Гродненский укрепрайон (УР), Брестский, Нарочанский, Барановичский, Пинский, Полоцкий, Мозырский УРы [5].

Цель работы – определить пути проникновения некоторых мохообразных кальцефилов на территорию Беларуси.

В качестве материалов для работы использована авторская гербарная коллекция мохообразных в количестве более 5000 гербарных экземпляров мохообразных. Гербарные сборы хранятся в гербариях ИЭБ НАН Беларуси (MSK-B) и ГрГУ им. Я. Купалы (GRSU). Более подробно методика изучения мохообразных фортификаций Беларуси изложена в [8-10, 16]. Названия укрепрайонов (УР) и крепостей даны в соответствии с их исторической привязкой по [2, 5-6]. Распространение мохообразных на территории Беларуси, Украины Польши, Литвы по [3, 12-15, 17-18].

Для анализа следует выделить, прежде всего, те виды мохообразных, которые предпочитают скально-каменистый субстрат или ограничены в своем произрастании только таким субстратом. Поскольку этот субстрат обогащен карбонатами, особое значение здесь имеют мохообразные-кальцефилы, как облигатные, так и факультативные, более или менее отвечающие его экологической специфике. В настоящей работе более подробно рассматривается флорогенез именно облигатных мохообразных-кальцефилов.

Из общего числа – 144 выявленных видов в составе бриокомплекса, к облигатным на данной территории кальцефилам относятся 12: *Campyliadelphus chrysophyllus*, *Encalypta streptocarpa*, *Didymodon rigidulus*, *Syntrichia virescens*, *Tortella tortuosa*, *Tortula mucronifolia*, *T. muralis*, *Orthotrichum anomalum*, *O. cupulatum*, *Homalothecium lutescens*, *Schistidium apocarpum*, *Sch. crassipilum*.

Облигатные кальцефилы выступают как модельная группа наиболее четко позволяющая реконструировать возможные пути миграций на территорию Беларуси. Максимальное сосредоточение их отмечается на северо-западе Беларуси – в Гродненской области. Это обнаруживается на «высоковозрастных» сооружениях Первой мировой войны (Гродненская крепость) [5-6]. Данный район характеризуется наибольшим влиянием мягкого и влажного атлантического климата самого благоприятного для многих бриофитов (преобладают западные и южные ветра) [4]).

На основе анализа распространения кальцефильных видов в Беларуси и прилежащих к ней территорий нами выделены три основные миграционные пути для проникновения на

территорию страны – северо-западный (с побережья Балтийского моря); юго-западный (с горных систем Судет и Карпат); юго-восточный (с аридных районов Восточной Европы). По этим путям могут распространяться как горные виды-кальцефилы, так и другие редкие виды иной экологии, для которых фортификации могут служить рефугиумами [16]. При анализе использованы виды, которые отмечены на территории Беларуси позже времени сооружения бетонных фортификаций и соответственно являются аллохтонными молодыми видами.

Северо-западным путем распространялись *Encalypta streptocarpa*, *Tortella tortuosa*, *Syntrichia virescens*, *Tortula mucronifolia*, *Rhynchostegium murale*.

Особое внимание привлекают такие виды, как *Encalypta streptocarpa* и *Tortella tortuosa*, имеющие эксклавы и форпосты в дизъюнкции между горными системами Северной и Центральной Европы. *Tortella tortuosa* отмечена в незначительном обилии (встречаемость 8-11 %, обилие 1-3 балла) на фортификациях северной части западной половины Беларуси (Полоцкий и Нарочанский УРы), а также в западной части Полесья (Пинский и Мозырский УРы), тогда как в северо-западной части (Гродненская крепость) показатели встречаемости и обилия довольно высокие (50-75 %, 4-5 баллов). *Encalypta streptocarpa* по основным местам произрастания проявляет сходство с предыдущим видом, только лишь не отмечена в Мозырском Уре.

Rhynchostegium murale и *Tortula mucronifolia* представлены на территории страны только на фортификациях в северо-западной части в незначительном обилии и низкой встречаемостью. Данные виды довольно широко распространены в Польше на территории Западного и Восточного Поморья и, учитывая преобладание северо-западных ветров, наиболее вероятный вектор их распространения в Беларусь – северо-западный. Однако, поскольку *T. mucronifolia* отмечена на территории Западной части Украинского Полесья, ее проникновение возможно и через западную часть Белорусского Полесья на северо-запад Беларуси, т.е. второй возможный вектор – юго-западный. В связи со спецификой нахождения и определения этого вида необходимо дальнейшее изучение бриофитов западной части территории республики.

Syntrichia virescens встречается на территории Польши и Украины в основном на коре лиственных деревьев, реже на карбонатных скалах и камнях. Находки в Беларуси в последнее время приурочены только лишь к фортификациям (Гродненская крепость, Барановичский УР, Мозырский УР). Судя по расположению местонахождений *S. virescens* на территории Беларуси, миграционный вектор этого вида мог проходить из северо-восточной Польши через северо-запад Беларуси, где отмечены довольно высокие ценотические параметры данного вида (42 %, 3 балла) (Гродненский УР), далее на юго-запад (60 %, 3 балла) (Барановичский УР) вплоть до юго-восточных районов Полесья (60 %, 3 балла) (Мозырский УР).

Юго-западным путем, очевидно, распространялись *Schistidium crassipilum* и *Orthotrichum cupulatum*.

Sch. crassipilum отмечен в Беларуси только на сооружениях Брестской и Гродненской крепостей. Незначительная частота его регистрации на фортификациях, возможно, связана с тем, что данный вид достаточно близок по своей морфологии к *Sch. apocarpum*, что затрудняет его идентификацию, а также с тем, что данный вид является европейско-североамериканским и он находится на территории Беларуси на пределе своего восточного распространения. Наиболее вероятный миграционный путь его простирается с Польских Карпат (юго-западный) ввиду значительного распространения там данного вида [17-18].

Возможный вектор расселения *Orthotrichum cupulatum* на территории страны – юго-западный через искусственные экологические коридоры, которыми представлены фортификационные линии на Украинском Полесье. Однако распространение на территории Беларуси его довольно узкое (Гродненская и Брестская крепости, Мозырский УР). Требуется дальнейшее изучение его распространения.

Юго-восточный путь миграций характерен для бриофитов с аридной экологией – виды родов *Didymodon*, *Barbula*, *Syntrichia*, *Tortula*, *Bryoerythrophyllum recurvirostrum* и др. Такие виды, как *Bryoerythrophyllum recurvirostrum*, *Schistidium apocarpum*, *Homomallium incurvatum*, *Campyliadelphus chrysophyllus*, *Orthotrichum anomalum*, *Didymodon rigidulus*, *Homalothecium lutescens* являются аллохтонными реликтовыми и в современный период ведут себя в

Беларуси преимущественно как облигатные кальцефилы, распространение некоторых из них ограничено только бетонными фортификациями.

Подтверждением наших суждений о миграционных путях кальцефильных бриофитов является нахождение ряда видов В.М. Вирченко [1] на старых бетонных фортификациях в Украинском Полесье, а также некоторых видов на бетонных фортификациях Литвы [13].

Таким образом, миграция данных видов реально могла происходить по антропогенным аналогам карбонатных скально-каменистых горных пород, т.е. по системе старых бетонных фортификаций, преимущественно по тем, которым насчитывается 70 и более лет. Они расположены несколькими линиями простирающимися с севера на юг (меридионально) по территории Беларуси. Такой временной период, по всей вероятности, достаточен для продвижения мохообразных горной экологии по этим путям с Карпат и Прикарпатья, далее через территорию Полесья в более северные регионы Беларуси вплоть до Поозерья.

Список литературы

1. Вирченко, В.М. Мохоподібні природно-заповідних територій Українського Полісся / В. М. Вирченко. – Київ : ТОВ “НВП “Інтерсервіс”, 2014. – 224 с.
2. Данилов, И. Советские укрепленные районы – прошлое и настоящее / И. Данилов // Фортеца. – 1997. – №1. – С. 61-63.
3. Мельничук В. М. Определитель листовых мхов средней полосы и юга Европейской части СССР / В. М. Мельничук. – Киев : Наукова думка, 1970. – 120 с.
4. Национальный атлас Беларуси. – Минск, Белкартография, 2002. – 291 с.
5. Немецкая фортификация ПМВ [Электронный ресурс] / Крепость Беларусь. Фортификация и военная история. – 2011. Режим доступа: http://www.fortressby.com/index.php?option=com_deeppockets&task=catShow&id=56&Itemid=29. – Дата доступа: 09.01.2016.
6. Пивоварчик, С.А. Белорусские земли в системе фортификационных строений Российской империи и СССР (1772 – 1941 гг.) / С.А. Пивоварчик. – Гродно: ГрГУ, 2006. – 252 с.
7. Рыковский, Г.Ф. Происхождение и эволюция мохообразных / Г.Ф. Рыковский ; науч. ред. В.И. Парфенов. – Минск : Беларус. наука, 2011. – С. 433.
8. Сакович, А.А. Флорогенез бриофлоры фортификационных сооружений северо-запада Беларуси / А.А. Сакович, Г.Ф. Рыковский // Черноморский ботанический журнал. – 2012. – Т. 8, № 1. – С. 98-103.
9. Сакович, А.А. Мохообразные-кальцефилы на фортификациях Беларуси / А.А. Сакович // Бюллетень Брянского отделения РБО. – 2017. – № 1 (9). – С. 13-22.
10. Сакович, А.А. Изменчивость ценологических параметров бриофитов фортификационных сооружений I и II Мировых войн в Беларуси / А.А. Сакович / Современные экологические технологии. – 2016. – №4. – С. 32-49.
11. Флора Беларуси. Мохообразные. В 2 т. / под ред. В. И. Парфенова – Минск : Беларуская навука, 2009. – Т. 2: Hepaticopsida – Sphagnopsida / Г. Ф. Рыковский, О. М. Масловский. – 2009. – С. 213.
12. Флора Беларуси. Мохообразные. В 2 т. / под ред. В. И. Парфенова – Минск : Тэхналогія, 2004. – Т. 1: Andreopsida–Bryopsida / Г. Ф. Рыковский, О.М. Масловский. – 2004. – С. 437.
13. Jukonene, I. Lietuvos kiminai ir zaliosios samanų / I. Jukonene. – Vilnius : Botanikos instituto leidykla, 2003. – 402 p.
14. Mchy. Flora Polska. Rosliny Zarodnikowe Zolski i Ziemi Osciennych : in 2 vol. / ed.: Z. Czubinski [and etc.]. – Warszawa : Panstwowe Wydawnictwo Naukowe, 1957. – 1 vol.
15. Mchy. Flora Polska. Rosliny Zarodnikowe Zolski i Ziemi Osciennych : in 2 vol. / ed.: Z. Czubinski [and etc.]. – Warszawa : Panstwowe Wydawnictwo Naukowe, 1961. – 2 vol.
16. Sakovich A. Comparative analysis of the bryophyte floras of northwest Belarus concrete fortification and the Carpathians / A. Sakovich, G. Rykovskij // Biodiversity. Research and Conservation. – 2012. – Vol. 24. – P. 31-35.
17. Stebel, A. Bryophytes of the Polish Carpathians / A. Stebel, R. Ochyra. – Poznan : Sorus, 2008. – 339 p.
18. Stebel, A. Mosses of the Pieniny Range (Polish Western Carpathians) / A. Stebel, R. Ochyra, V. Gregorz. – Poznan : Sorus, 2010. – 114 p.

РОД *BRYUM* В БРИОФЛОРЕ БЕЛАРУСИ

М.С. Шабета

Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»; Минск, Беларусь, e-mail: Zentsova2009@gmail.com

В статье представлен таксономический анализ видового состава рода *Bryum* в бриофлоре Беларуси. Род *Bryum* насчитывает 400-450 видов и представлен на территории Беларуси тридцатью видами, 3 из которых приводятся для республики впервые.

Род *Bryum* представляет собой сложную для детерминации и интересную для изучения группу мохообразных. Он насчитывает 400-450 видов, распространенных в основном в пионерных условиях, что связано с низкой конкурентной способностью представителей данного рода и соответственно придерживающихся жизненной стратегии уклонения от конкуренции и освоения экотопов и экониш с неблагоприятными условиями среды. На территории Беларуси в составе рода известно 30 видов, 3 из которых приводятся для данной территории впервые (для Смолевичского района Минской области).

Использованы данные фундаментального издания цикла «Флора Беларуси» по мохообразным [12], и другие научные работы [5-10], образцы гербарной коллекции мохообразных Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси, собственные бриологические сборы [13-14], дополненные и переработанные отчетные материалы лаборатории флоры и систематики растений.

Таксономическая структура и цитирование видовых названий мохообразных Беларуси соответствуют современной классификации мхов [15] с некоторой корректировкой [11, 16-17]. Авторы таксонов не указываются, но соответствуют данным источникам.

Определение видов проводилось при помощи стандартных методик и ключей, по определителям [1-4].

Род *Bryum* Hedw. – Бриум (название произошло от латинского *bryon* – мох) относится к семейству *Bryaceae*, порядку *Bryales*, классу *Bryopsida*, отделу *Bryophyta*. В настоящее время для территории Беларуси в составе рода *Bryum* – 30 видов (таблица), что составляет 6,87% от видового состава бриофлоры Беларуси в целом, а также 8,77% от видового состава отдела *Bryophyta*, 9,84% от видового состава класса *Bryopsida*, 96,77% видового состава семейства *Bryaceae*, содержащего 31 вид из 2 родов (*Bryum* и *Rhodobryum*).

Таблица – Видовой состав рода *Bryum* Hedw. во флоре Беларуси.

№ п/п	Вид (синонимы)
1.	<i>Bryum algovicum</i> Sendtn. ex Muell. Hal. (<i>B. angustirete</i> , <i>B. pendulum</i>)
2.	<i>Bryum amblyodon</i> Muell. Hal. (<i>B. imbricatum</i> , <i>B. inclinatum</i>)
3.	<i>Bryum argenteum</i> Hedw. (<i>B. lanatum</i>)
4.	<i>Bryum badium</i> (Bruch ex Brid.) Schimp. (<i>B. caespiticium</i> var. <i>badium</i>)
5.	<i>Bryum bimum</i> (Schreb.) Turner (<i>B. pseudotriquetrum</i> var. <i>bimum</i> , <i>Mnium bimum</i>)
6.	<i>Bryum caespiticium</i> Hedw.
7.	<i>Bryum capillare</i> Hedw.
8.	<i>Bryum creberrimum</i> Taylor (<i>B. affine</i> , <i>B. cuspidatum</i>)
9.	<i>Bryum cyclophyllum</i> (Schwaegr) Bruch et al. (<i>B. tortifolium</i>)
10.	<i>Bryum dichotomum</i> Hedw. (<i>B. bicolor</i>)
11.	<i>Bryum elegans</i> Nees (<i>B. capillare</i> var. <i>elegans</i>)
12.	<i>Bryum funckii</i> Schwaegr.
13.	<i>Bryum intermedium</i> (Brid.) Blandow
14.	<i>Bryum klinggraeffii</i> Schimp.
15.	<i>Bryum knowtonii</i> Barnes (<i>B. lacustre</i>)
16.	<i>Bryum lonchocaulon</i> Muell.Hal. (<i>B. cirrhatum</i>)
17.	<i>Bryum longisetum</i> Blandow ex Schwaegr.
18.	<i>Bryum moravicum</i> Podp. (<i>B. subelegans</i> , <i>B. capillare</i> var. <i>flaccidum</i> , <i>B. laevifilum</i>)
19.	<i>Bryum neodamense</i> Itzigs.

№ п/п	Вид (синонимы)
20.	<i>Bryum pallens</i> Sw. ex anon. (<i>B. fallax</i>)
21.	<i>Bryum pallescens</i> Schleich. ex Schwaegr. (<i>B. cirratum</i> , <i>B. contextum</i>)
22.	<i>Bryum pseudotriquetrum</i> (Hedw.) P. Gaertn., B. Mey. & Scherb. (<i>B. ventricosum</i>)
23.	<i>Bryum rubens</i> Mitt. (<i>B. erythrocarpum</i> , <i>B. subapiculatum</i>)
24.	<i>Bryum sauteri</i> Bruch et al.
25.	<i>Bryum schleicheri</i> DC.
26.	<i>Bryum subapiculatum</i> Hampe (<i>B. erythrocarpum</i> auct. partim, <i>B. microerythrocarpum</i>)
27.	<i>Bryum turbinatum</i> (Hedw.) Turner
28.	<i>Bryum uliginosum</i> (Brid.) Bruch et al. (<i>B. cernuum</i>)
29.	<i>Bryum warneum</i> (Roehl.) Brid.
30.	<i>Bryum weigelii</i> Spreng. (<i>B. duvalii</i>)

Представители рода Бриум – это многолетние преимущественно напочвенные мхи в рыхлых или плотных дерновинках зеленого, желто-зеленого или красно-бурого цвета. Стебли прямостоячие, большей частью войлочные, часто с подверхушечными побегами.

Листья в нижней части стебля меньше, к верхушке стебля крупнее и здесь обычно собраны в хохолок или розетку, от яйцевидных до ланцетных, заостренные или тупые до закругленных, в основании часто суженные, иногда низбегающие, с плоскими или отогнутыми цельными или вверху зубчатыми, часто окаймленными краями. Жилка сильная, исчезает в верхушке листа или часто выступает из нее в виде гладкого или зубчатого острия. Клетки листа гладкие, ромбические, ромбоидально-шестиугольные, тонко- или толстостенные, в основании листа удлинено-прямоугольные и квадратные. Клетки каймы листа удлинённые, с утолщенными оболочками.

Коробочка на красной, удлинённой, вверху дуговидно согнутой ножке, горизонтальная или поникшая до висячей, яйцевидная, грушевидная, булавовидная, цилиндрическая до шаровидной, в сухом состоянии суженная под устьем, с шейкой и устьицами. Крышечка выпуклая, с бородавочкой. Колечко отделяющееся. Перистом двойной. Зубцы наружного перистоста ланцетные, желтые или оранжевые, внизу красные, вверху бесцветные, окаймленные, с прямой или зигзагообразной срединной линией, на внутренней стороне с параллельными или косыми поперечными пластинками, соединенными вертикальными или косыми перегородками. Внутренний перистом свободный и легко отделяется вместе со споровым мешком или более менее плотно соединенный с внешним. Основная перепонка высокая, отростки ланцетные, вдоль срединной линии щелистые; реснички нитевидные, преимущественно с хорошо развитыми придатками, реже рудиментарные.

Это двудомные, однодомные и обоеполые виды, вегетативное размножение которых осуществляется ломкими верхушками побегов, выводковыми почками и выводковыми нитями.

Встречаемость на территории Беларуси. Более 75 процентов видового состава рода *Bryum* является редкими, очень редкими и слабо изученными видами. Достаточно распространены по всей территории страны виды *Bryum argenteum*, *Bryum caespiticium*, *Bryum capillare*, *Bryum pseudotriquetrum*. Изредка встречаются *Bryum creberrimum*, *Bryum pallescens* и *Bryum algovicum*. Редкими представителями рода *Bryum* являются виды *Bryum amblyodon*, *Bryum dichotomum*, *Bryum elegans*, *Bryum lonchocaulon*, *Bryum pallens*, *Bryum rubens*, *Bryum turbinatum*, очень редкие – *Bryum badium*, *Bryum bimum*, *Bryum cyclophyllum*, *Bryum funckii*, *Bryum intermedium*, *Bryum klinggraeffii*, *Bryum knowtonii*, *Bryum longisetum*, *Bryum moravicum*, *Bryum neodamense*, *Bryum sauteri*, *Bryum schleicheri*, *Bryum subapiculatum*, *Bryum uliginosum*, *Bryum warneum*, *Bryum weigelii*.

Впервые для территории Беларуси (Смолевичский район Минской области) указываются виды *Bryum sauteri*, *Bryum lonchocaulon*, *Bryum subapiculatum*.

Такие виды, как *Bryum lonchocaulon* Muell.Hal. (*B. cirrhatum*) и *Bryum subapiculatum* Hampe (*B. erythrocarpum* auct. partim, *B. microerythrocarpum*) выделены соответственно из видов *Bryum pallescens* Schleich. ex Schwaegr. (*B. cirratum*, *B. contextum*) и *Bryum rubens* Mitt. (*B. erythrocarpum*, *B. subapiculatum*), и рассматриваются в настоящее время не как разновидности и вариации, а как самостоятельные виды.

Bryum badium (Bruch ex Brid.) Schimp. (*B. caespiticium* var. *badium*) выделен из *Bryum caespiticium* Hedw., ранее указывался для территории Беларуси А.С. Лазаренко [4].

Список литературы

1. Аболинь, А. А. Листостебельные мхи Латвийской ССР / А. А. Аболинь. – Рига, 1968.
2. Игнатов, М. С. Флора мхов средней части европейской России. Т. 1. Sphagnaceae – Hedwigiaceae / М. С. Игнатов, Е. А. Игнатова // *Arctoa*. – М. : КМК, 2003. – Т. 11, приложение 1. – С. 1-608.
3. Золотов, В. И. *Bryum sauteri* V. S. G. в средней части европейской России / В.И. Золотов // *Arctoa*. – 2003. – Т. 12. – Р. 117-120.
4. Лазаренко, А. С. Определитель листовых мхов БССР / А. С. Лазаренко. – Минск : Изд-во АН БССР, 1951. – 399 с.
5. Рыковский, Г. Ф. Биологическое разнообразие мохообразных Полесья / Г. Ф. Рыковский // Природное асыроддзе Полесья: сучасны стан і яго змены. – Брэст, 2002. – Ч. II. – С. 390-392.
6. Рыковский, Г. Ф. Биологическое разнообразие Национального парка «Браславские озера»: Мохообразные / Г. Ф. Рыковский, М. С. Шабета [и др.]. – Минск : Беларус. дом печати, 2012. – 263 с.
7. Рыковский, Г. Ф. Происхождение и эволюция мохообразных с оценкой современного состояния и генезиса бриофлоры : дисс. ... докт. наук : 03.00.05 / Г. Ф. Рыковский. – Минск, 1993. – 1153 с.
8. Рыковский, Г.Ф. Современная таксономическая структура бриофлоры Беларуси / Г.Ф. Рыковский, М.С. Шабета // Ботаника (исследования) : Сб. науч. тр. / Ин-т эксперимент. бот. НАН Беларуси. – Минск, 2015. – Вып. 44. – С. 85-102.
9. Рыковский, Г. Ф. Мохообразные Березинского биосферного заповедника / Г. Ф. Рыковский. – Минск : Наука и техника, 1980. – 136 с.
10. Рыковский, Г. Ф. Мохообразные Национального парка «Припятский» (эволюционный аспект, таксономия, экология, география, жизненные стратегии) / Г. Ф. Рыковский [и др.]. – Минск : Белорусский Дом печати, 2010. – 160 с.
11. Рыковский, Г. Ф. Происхождение и эволюция мохообразных / Г. Ф. Рыковский. – Минск : Беларус. навука, 2011. – 433 с.
12. Рыковский, Г. Ф. Флора Беларуси. Мохообразные : в 2 т. / Г. Ф. Рыковский, О. М. Масловский / под ред. В. И. Парфенова. – Минск : Тэхналогія, 2004-2009. – Т. 1 : *Andreeaeopsida–Bryopsida*. – 2004. – 437 с.
13. Шабета, М.С. Мохообразные хвойных лесов Беларуси / М.С. Шабета, Г.Ф. Рыковский, В.И. Парфенов; под ред. В.И. Парфенова, рецензенты чл.-корр., д.б.н. Е.А. Сидорович, д.б.н. С.А. Дмитриева. – Saarbrücken : Laplabert Academic Publishing, 2016. – 185 с.
14. Шабета, М.С. Структура бриокомпонента хвойных лесов Беларуси: таксономия, биоморфология, экология, география, созология: дисс. ... канд. биол. наук: 03.02.01, 03.02.08 / М.С. Шабета. – Минск, 2014. – 369 с.
15. Ignatov, M. S. Check-list of mosses of East Europe and North Asia / M. S. Ignatov, O. M. Afonina, E. A. Ignatova // *Arctoa*. – 2006. – Т. 15. – Р. 1-130.
16. Stebel, A. Mosses of the pieniny range (Polish Western Carpatians) / A. Stebel, R. Ochyra, G. Voncina. – Poland, 2010. – 214 p.
17. Szafnagel, K. Zapiski bryologiczne / K. Szafnagel. – Wilno, 1908. – S. 1-58.

БЕССОСУДИСТЫЕ РАСТЕНИЯ КАК КОМПОНЕНТЫ НАСТЕННЫХ ОБРАСТАНИЙ ГОРОДА ХЕРСОНА

Н.В. Загороднюк¹, С.В. Скребовская²

Херсонский государственный университет, кафедра ботаники; Херсон, Украина,
e-mail:¹natalybriolog@gmail.com, ²skribovskaia@ukr.net

В составе бессосудистой флоры настенных обрастаний обнаружено 12 видов водорослей, преобладают сине-зелёные водоросли, зелёные (в основном требуксиефициевые) и стрептофитовые. Видовой состав и доминирующий альгокомплекс характеризуют местообитания как типичные для приморской территории с засушливым климатом. Обнаружено 19 видов мхов, преобладают Поттиевые, Бриевые, Ортотриховые. Структура бриокомплекса имеет признаки антропогенных бриофлор южных городов Украины.

Неотъемлемой частью города, как многоуровневой экосистемы, являются группы растений, естественным путем формирующиеся на субстратах с различной степенью антропогенной трансформации, таких как стены строений и ограды. В формирующихся здесь экото-

пах активно разрастаются грибы, водоросли, мхи и лишайники, споровые и семенные растения. Эти комплексы именуется настенными обрастаниями, их природный аналог – литофильная флора скальных обнажений разных горных пород. Сравнение местных природных литофильных флор с растениями городских настенных обрастаний – один из способов выявления направленности антропогенной трансформации региональной флоры. Этим и обусловлена актуальность исследования бессосудистых растений (мохообразных и водорослей), произрастающих на каменистых антропо субстратах города Херсон (Украина).

Изучение бриофлористической компоненты обрастаний проведено согласно ранее апробированной классической методики [1, 5, 8]. Отбор проб водорослей осуществлялся в соответствии с общепринятыми методами [3]. Мохообразные и водоросли собирались в процессе маршрутных экскурсий в весенне-летний сезон 2017 года. Определение бриофитов выполнено с использованием классического сравнительного анатомо-морфологического метода [2], использованная типология характеристик мхов типична для классических структурных анализов бриофлоры – взята из схем классического бриофлористического исследования [1, 5]. Пробы водорослей изучали прямым микроскопированием и методом культур на агаризованной среде Болда – 3N BBM [10], в стандартных лабораторных условиях. В работе использовали систему высших таксонов водорослей приведенных в: «Водорості ґрунтів України» [6] с некоторыми уточнениями (www.algaebase.org), [9].

Пробы отобраны в четырех локалитетах, отмеченных в пределах селитебной зоны центрального района города Херсон: **точка 1** – служебный ход здания Академического лицея ХГУ, поверхность стен на высоту до 0,5 м, ступени; экспозиция северная, субстрат – декоративное бетонное покрытие, кирпич с пылеватой почвенной прослойкой; **точка 1а** – каменная ограда вокруг здания Академического лицея ХГУ, внешняя поверхность кладки на высоту до 0,5 м; экспозиция северная, субстрат – бетонные секции, декоративная известняковая облицовка («дикий камень»); **точка 2** – каменная ограда вокруг здания Детской областной клинической больницы, внутренняя поверхность кладки на высоту до 1,0 м; экспозиция восточная, субстрат – декоративная известняковая кладка; **точка 2а** – участок, прилегающий к зданию Детской областной клинической больницы, поверхность стен на высоту до 1,0 м, фундамент; экспозиция западная, субстрат – декоративное бетонное покрытие, асфальт с пылеватой почвенной прослойкой. При исследовании мхов в выбранных локалитетах заложено 23 пробных участка параметрами 0,1 × 0,1 м, для определения отобрано 40 пакетированных проб мохообразных.

В собранных образцах мхов идентифицировано 19 видов и 1 разновидность мохообразных, представителей 12 родов, 9 семейств, 6 порядков отдела Bryophyta. Состав бриофитов в пробах неоднороден, имеет место разная частота встречаемости видов: Mn – единичный, Rar – редкий (2-5 проб), Sp – спорадический (8-12 проб); Fg – рассеянный (13-20 проб); Com – широко распространенный (более 20-ти проб).

Мхи настенных обрастаний селитебной зоны города Херсона

Bryophyta

Grimmiaceae

1. *Grimmia pulvinata* (Hedw.) Sm. – **Rar**

Ditrichaceae

2. *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid. – **Fg**

Pottiaceae

3. *Barbula unguiculata* Hedw. – **Un**

4. *Syntrichia ruraliformis* (Besch.) Cardot – **Sp**

5. *Syntrichia ruralis* (Hedw.) F. Weber & Mohr – **Rar**

6. *Tortula muralis* Hedw. – **Com**

Bryaceae

7. *Bryum argenteum* Hedw. – **Sp**

8. *Bryum caespiticium* Hedw. – **Sp**

9. *Bryum dichotomum* Hedw. – **Sp**
 10. *Ptychostomum capillare* (Hedw.) Holyoak & N. Pedersen – **Fg**
 11. *Ptychostomum rubens* (Mitt.) Holyoak & N. Pedersen – **Rar**
 Orthotrichaceae
 12. *Orthotrichum diaphanum* Schrad. Ex Brid. – **Fg**
 13. *Orthotrichum pumilum* Sw. – **Com**
 14. *Orthotrichum speciosum* Nees – **Un**
 Amblystegiaceae
 15. *Amblystegium serpens* (Hedw.) Schimp. – **Sp**
Amblystegium serpens var. *rigescens* – **Rar**
 16. *Hygroamblystegium humile* (P. Beauv.) Vanderp., Goffinet & Hedenäs – **Un**
 Leskeaceae
 17. *Leskea polycarpa* Hedw. – **Rar**
 Brachytheciaceae
 18. *Brachytheciastrum velutinum* (Hedw.) Ignatov & Huttunen – **Rar**
 Hypnaceae
 19. *Pylaisia polyantha* (Hedw.) Schimp. – **Un**

Мохообразные представляют 6,1% бриофлоры степной зоны Украины, и 55,8 % видо-вого бриоразнообразия города Херсон [1, 4]. Новыми для города оказались редкий бокоспорогонный эпилит *Hygroamblystegium humile* и разновидность *Amblystegium serpens* var. *rigescens*. В целом бриофлора херсонских настенных обрастаний немногочисленна, в 2,5-3 раза беднее бриокомплексов подпорных стен других южных городов или естественных известняковых обнажений юга Украины [1, 5, 8]. В структуре отмечено высокое положение моновидовых таксономических групп: на их долю приходится 75% родов и 55% семейств. Некоторый перевес видового разнообразия отмечен у семейств *Bryaceae* (5 видов, 26,4%), *Pottiaceae* (4 вида, 21,2%), *Orthotrichaceae* (3 вида, 15,1%). Обнаруженные мхи способны формировать пять жизненных форм. На долю четырех – дерновины рыхлой и плотной, подушки малой, ковра плоского – приходится почти равное количество видов, то есть преобладают верхоспорогонные биоморфы (74,0%). Мхи настенных обрастаний Херсона преимущественно растения неморальные (9 видов, 47,4%) и мультизональные (6 видов, 31,6%), характеризуются широкими ареалами – космополитным (5 видов, 26,4%), биполярным (5 видов, 26,4%) и голарктическим (4 вида, 21,2%). С экологической точки зрения это преимущественно мезоксерофиты (11 видов, 57,9%), гелиофиты (11 видов, 57,7%), мезотрофы и олигомезотрофы (5 видов, 26,3% и 7 видов, 36,8% соответственно), инцертофильные по отношению к химизму заселенного субстрата (15 видов, 79,0%). Почти все мохообразные оказались апофитами (17 видов, 89,5%), с преобладанием группы гемиапофитов (13 видов, 68,4%). Отмечено равное количество однодомных и двудомных видов (1:1). Среди специфических признаков, связанных с размножением мхов, отметим значительное количество видов, способных к образованию структур специализированного вегетативного размножения (11 видов, 57,9%). Показатель выше, чем стандартное число подобных видов в составе природных флор [5]. Структуры довольно разнообразны – выводковые почки, листородные выводковые тельца, выводковые веточки, ризоидные геммы; последний тип наиболее распространен, он отмечен у 2/3 обнаруженных видов.

Структурные особенности бриофлоры эпифитных обрастаний соответствуют аналогичным показателям, рассчитанным для бриофлоры Херсона в целом. Несколько выше участие мхов, способных к специализированному вегетативному размножению, очевидно, за счет выпадения части эпигейных однолетних мхов-эфемеров. Также очевидно, что в эпилитной бриофлоре обрастаний сконцентрировано большинство гемиапофитных мхов Херсона, в отличие от эпифитных бриокомплексов, где высок процент индигенофитов.

Особенности альгофлоры состоят в следующем. Было отобрано 7 проб водорослей: 4 пробы из стены и 3 пробы зеленый налет на почве. Всего обнаружено 12 видов водорослей с

10 семейств, среди которых: синезелёные водоросли семейства - *Oscillatoriaceae*, *Nostocaceae*, зелёные водоросли – *Chlorococcaceae*, *Trebouxiophyceae*, *Trentepohliaceae*, стрептофитовые – *Klebsormidiophyceae*, желто-зеленые - *Trebonemataceae* и диатомовые водоросли – *Melosiraceae*, *Fragilariaceae*, *Tabellariaceae*.

Видовой состав альгофлоры также неоднороден. В первом местообитании (**точка 1**) в обрастаниях поверхности стен (бетонное кирпичное покрытие) обнаружено макроскопические разрастания водорослей *Desmococcus olivaceus* (Pers. ex Ach.) J.R. Laundon, *Klebsormidium cf. flaccidum* (Kütz.) P.C. Silva et al., *Trebouxia* spp. и *Trentepohlia* spp. Эти виды – типичные аэрофилы, основные компоненты обрастаний поверхности камней и коры деревьев в умеренной зоне [11].

Диатомовые водоросли на стене представлены слабо, это в основном по одному представителю из семейств *Melosiraceae*, *Fragilariaceae*, *Tabellariaceae*. Наличие диатомовых водорослей обусловлено постоянным увлажнением стены, дождевая вода стикающая с трубы скапливается, тем самым создает влажные условия в этом локалитете.

С поверхности почвы в **точке 1** были выделены синезеленые водоросли: *Gloeocapsa punctata* Nägeli, *Aphanizomenon flos-aquae* Ralfs ex Bornet & Flahault, *Lyngbya* spp, *Oscillatoria* spp, а также обнаружена жёлто-зеленая водоросль *Tribonema viride* Pascher.

Во втором локалитете (**точка 1а**) и в третьем (**точка 2**) были выделены водоросли *Desmococcus olivaceus*, *Trebouxia* spp., *Stichococcus bacillaris* Nägeli.

В точке 2а *Oscillatoria* spp, *Desmococcus olivaceus*, *Trebouxia* spp., *Chlorococcum* spp.

Преобладание по обилию видов *Trebouxiophyceae* характерно для аэрофитной альгофлоры умеренной зоны, что выявлено при изучении каменистых обнажений Украины [7].

Список литературы

1. Бойко М.Ф. Анализ бриофлоры степной зоны Европы / М.Ф. Бойко. – Херсон: Айлант, 1999. – 160 с.
2. Бойко М.Ф. Мохоподібні степової зони України / М.Ф. Бойко. – Херсон: Айлант, 2009. – 264 с.
3. Водоросли: Справочник / Под ред. С.П. Вассера. – Киев: Наук. думка, 1989. – 608 с.
4. Загороднюк Н.В. Життєві стратегії мохоподібних в умовах урбанізованого середовища / Н.В. Загороднюк, М.Р. Погарська // Рослини і урбанізація: Мат-ли 5-ї міжнар. науч. прак. конф. (Дніпропетровськ, 16-17 лютого 2016 р.). – Дніпропетровськ, 2016. – С. 69-71.
5. Загороднюк Н.В. Мохоподібні рівнинного Криму: автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.05 / Н.В. Загороднюк; НАН України, Нікіт. ботан. сад. – Ятла, 2011. – 19 с.
6. Костіков І.Ю. Водорості ґрунтів України / І.Ю. Костіков, П.О. Романенко, Е.М. Демченко [та ін.]. – К.: Фітосоціоцентр, 2001. – 300 с.
7. Михайлюк Т. И. Водоросли наземных местообитаний Казантипского природного заповедника и его окрестностей (Крым) / Т. И. Михайлюк // Альгология. – 2014. – Вып. 24(3). – С. 345-349.
8. Рагуліна М.Є. Мохоподібні (Bryobionta) настінних обростань Великої Ялти / М.Є. Рагуліна, В.П. Ісіков // Бюллетень Нікітск. Ботан. сада. – 2011. – Вып. 103. – С. 20-23.
9. Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography / P.M. Tsarenko, S.P. Wasser & E. Nevo – Ruggell: A.R.G. Gantner Verlag K.-G., 2006. – Vol. 1. – 713 p.; 2009. – Vol. 2. – 413 p.; 2011. – Vol. 3. – 511 p.
10. Bischoff H.W., Bold H.C. Some algae from enchanted rock and related algae species // Phycol. Stud. – 1963. – 6318. – P. 1-95.
11. Nienow J.A. Ecology of suberial algae // Nova Hedw. – 1996. – 112. – P. 537-552.

СОПОСТАВЛЕНИЕ ЕДИНИЦ ЛЕСОТИПОЛОГИЧЕСКОЙ И ФЛОРИСТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИЙ НА ПРИМЕРЕ СОСНОВЫХ ЛЕСОВ БЕЛАРУСИ

Р.В. Цвирко

Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»; Минск, Беларусь, e-mail: r.tsvirko@tut.by

На примере сосновых лесов Беларуси приведен результат сопоставления классификационных единиц отечественной типологии и установленных методом Ж. Браун-Бланке. Выявлено, что синтаксоны флористической классификации хорошо отражают как эдафические, так и зональные особенности ценотической структуры сосновых лесов.

Лесная типология в Беларуси базируется на концепции биогеоценозов В.Н. Сукачева [1, 2]. Результаты исследований отечественных типологов, в первую очередь, И.Д. Юркевича и В.С. Гельтмана положили начало собственно белорусскому лесотипологическому направлению [3]. В классификационной схеме лесов Беларуси наименьшей единицей является лесная ассоциация, выделяемая по преобладающим видам растений. Однако, доминантами в лесах являются обычно виды с широкой экологической амплитудой, следовательно, такие единицы могут быть различными по объему и сложно сопоставимы между собой. Поэтому основной единицей отечественной лесотипологической классификации является тип леса как совокупность ассоциаций с близкими эколого-ценотическими признаками. В Беларуси наибольшим распространением характеризуются сосновые леса, их ценотическое разнообразие отражают 13 типов леса и более 100 ассоциаций [4, 5].

Во многих европейских странах на протяжении нескольких десятилетий господствует другой подход – флористическая классификация (школа Ж. Браун-Бланке). Одним из ее достоинств считается развитая система номенклатуры [6], постоянно проводится ревизия синтаксонов, особенно положение высших единиц (союзов, порядков, классов) [7, 8]. Применение в Беларуси только одного метода классификации растительности (доминантного) иногда приводит к затруднениям при интерпретации результатов зарубежных исследований. Этим самым была вызвана необходимость сопоставления единиц лесотипологической и флористической классификации.

Вместе с тем, в системе флористической классификации нередко возникают трудности при сопоставлении единиц ранга ассоциации и субассоциации. Например, в прилегающих к Беларуси регионах при интерпретации кустарничково-зеленомошных сосняков на свежих песчаных почвах в литературе встречаются различные названия, среди которых может быть 3-4 синонима. Таким образом, перед сопоставлением единиц различных классификаций, нами был составлен подробный продромус сосновых лесов Беларуси методом Ж. Браун-Бланке [9].

Результат сравнения показал, что объем ассоциации, установленной методом Ж. Браун-Бланке, близок к объему типа леса в понимании белорусской лесотипологической школы, но есть и ряд различий. Типы леса сосняк лишайниковый (*Pinetum cladoniosum*), багульниковый (*Pinetum ledosum*) и сфагновый (*Pinetum sphagnosum*) полностью соответствуют ассоциациям *Cladonio rangiferinae-Pinetum sylvestris* Juraszek 1928, *Vaccinio uliginosi-Pinetum sylvestris* Kleist 1929 и *Sphagno-Pinetum sylvestris* (Kobendza 1930) Navratilova in Chytrý (ed.) 2011. Тип леса сосняк вересковый (*Pinetum callunosum*), который выделяется, главным образом, по преобладанию *Calluna vulgaris* в напочвенном покрове, в системе флористической классификации близок рангу варианта в составе асс. *Peucedano oreoselini-Pinetum sylvestris* W. Matuszkiewicz 1962, объединяющей сосновые кустарничково-зеленомошные леса на свежих песчаных почвах. Этой же ассоциации соответствуют типы леса сосняк брусничный (*Pinetum vaccinosum*) и мшистый (*Pinetum pleuroziosum*), у которых отсутствуют между собой четкие дифференцирующие признаки.

Ассоциации *Molinio caeruleae-Pinetum sylvestris* W. Matuszkiewicz et J. Matuszkiewicz 1973 соответствует тип леса сосняк черничный (*Pinetum myrtillosum*). Также она охватывает часть сосняков долгомошных (*Pinetum polytrichosum*), которые занимают обычно экотонные местообитания и имеют ряд различий по флористическим критериям. Леса на минеральных почвах с участием болотных видов объединены в субассоциацию *Molinio caeruleae-Pinetum sylvestris ledetosum palustris*. Сообщества с признаками заболачивания, отличающиеся высокой ценотической значимостью видов классов *OXYCOCCO-SPHAGNETEA*, *ALNETEA GLUTINOSAE* и *SCHEUCHZERIO-CARICETEA*, рассматриваются нами в составе безрангового типа фитоценоза *Pinus sylvestris-Calamagrostis canescens*.

В некоторых случаях сообщества формации сосновых лесов по видовому составу, особенностям лесорастительных условий и характером естественного возобновления соответствуют ранее выделенным синтаксонам, не относящимся в буквальном смысле к сосновым лесам. Следовательно, в системе флористической классификации такие типы фитоценозов мы рассматривали в качестве фаций [9].

Так, с позиции флористической классификации сообщества сосняков орляковых (*Pinetum pteridiosum*) отнесены к ассоциациям *Maianthemo bifolii-Piceetum abietis* Korotkov 1991 (в таежной зоне) и *Quercu roboris-Pinetum sylvestris* J. Matuszkiewicz 1988, а сосняков кисличных (*Pinetum oxalidosum*) – к ассоциациям *Quercu roboris-Piceetum abietis* W. Matuszkiewicz et Polak 1955 (в таежной зоне) и *Tilio cordatae-Carpinetum betuli* Traczyk 1962 (в зоне широколиственных лесов). Для геоботанической подзоны грабово-дубово-темнохвойных лесов характерны географические варианты ассоциаций (*Picea abies* var., *Carpinus betulus* var.), которые отражают переходный характер видового состава и структуры сообществ. Сосняки осоковые (*Pinetum caricosum*) в ранге фации могут быть отнесены к асс. *Thelypterido palustris-Alnetum glutinosae* Klika 1940, которая объединяет сообщества эвтрофных болот. Типы леса сосняк осоково-сфагновый (*Pinetum caricoso-sphagnosum*) и сосняк приручейно-травяной (*Pinetum fontinale-herbosum*) не имеют хорошо обозначенных аналогов в системе флористической классификации, больше всего они близки к асс. *Sphagno warnstorffii-Pinetum sylvestris* Smagin 1999.

Типологическая структура сосняков хорошо отражает эдафические особенности местообитаний, однако зональные особенности лесной растительности отражены либо на уровне субформаций, но достаточно приближенно (елово-сосновые леса, дубово-сосновые леса), либо на уровне лесных ассоциаций (сосняк грабово-кисличный, сосняк елово-орляковый). Например, сообщества сосняков кисличных в южной и северной частях страны по своей структуре и видовому составу имеют существенные различия.

С увеличением трофности местообитаний в сосняках возрастает ценотическая значимость *Picea abies*, *Carpinus betulus*, *Quercus robur*, что отражено в иерархическом положении выделенных синтаксонов флористической классификации. Так, для Полесья в лишайниковых сосняках выделен синтаксон рангом варианта (*Chamaecytisus ruthenicus* var.), для асс. *Peucedano oreoselini-Pinetum sylvestris* установлена субассоциация *P.o.-P.s. quercetosum roboris*. Далее дифференциация сообществ на широтном градиенте проявляется на уровне различных ассоциаций, которые по мере увеличения трофности рассматриваются сначала в составе разных союзов (*PICEION EXCELSAE* и *DICRANO-PINION SYLVESTRIS*) класса *VACCINIO-PICEETEA*, а затем в разных классах (*VACCINIO-PICEETEA* и *CARPINO-FAGETEA*).

Географическую неоднородность типов леса демонстрируют результаты фитоиндикации (по шкалам Х. Элленберга), в соответствии с которыми сосняки орляковые и кисличные характеризуются более высокими показателями стандартного отклонения климатических факторов (температурный режим и континентальность климата) по сравнению с сосняками мшистыми и лишайниковыми (таблица). При этом показатели отклонений по эдафическим факторам (влажность почвы и содержание азота) сравниваемых типов леса имеют меньшие различия.

Таблица – Показатели средних значений и стандартных отклонений по экологическим факторам

Экологический фактор	Типы сосновых лесов			
	<i>Pinetum cladoniosum</i>	<i>P. pleuroziosum</i>	<i>P. pteridiosum</i>	<i>P. oxalidosum</i>
Температурный режим	3,79±0,33	3,47±0,34	3,88±0,78	4,76±0,75
Континентальность климата	6,07±0,25	5,71±0,28	5,63±0,29	4,96±0,36
Влажность почвы	3,04±0,24	3,95±0,14	4,28±0,14	4,91±0,18
Содержание азота	1,84±0,16	2,75±0,32	3,61±0,34	5,19±0,29

Таким образом, синтаксономическая структура сосновых лесов Беларуси с позиции флористической классификации хорошо отражает как эдафические, так и зональные особенности их ценотического разнообразия. Кроме того, ранг фации флористической классификации может указывать на производный характер некоторых типов леса, несмотря на то, сосновые леса считаются коренными [1]. Преобладание в древесном ярусе *Pinus sylvestris* может быть обусловлено как созданием лесных культур на месте широколиственных или еловых лесов, так и случайным распределением деревьев в массиве, из-за чего такие участки при ле-

соинвентаризации относятся к соснякам. Данное обстоятельство необходимо учитывать как при ведении лесного хозяйства, так и при планировании природоохранных мероприятий.

Список литературы

1. Гельтман В.С. Географический и типологический анализ лесной растительности Белоруссии / В.С. Гельтман. – Минск: Наука и техника, 1982. – 328 с.
2. Ловчий Н.Ф. Кадастр типов сосновых лесов Белорусского Полесья / Н.Ф. Ловчий. – Минск: Беларуская навука, 2012. – 220 с.
3. Рысин Л.П. Лесная типология в СССР / Л.П. Рысин. – М.: Наука, 1982. – 215 с.
4. Юркевич И.Д. Выделение типов леса при лесоустроительных работах / И.Д. Юркевич. – 3-е изд., доп. – Минск: Наука и техника, 1980. – 120 с.
5. Устойчивое лесопользование и лесопользование. Правила выделения типов леса = Устойливе лесакіраванне і лесакарыстанне. Правілы выдзялення тыпаў лесу: ТКП 587-2016 (33090). – Введ. 01.01.17. – Минск: Министерство лесного хозяйства, 2016. – 44 с.
6. Миркин Б. М. Современная наука о растительности / Б.М. Миркин, Л.Г. Наумова, А.И. Соломещ. – М.: Логос, 2000. – 264 с.
7. Миркин Б.М. Современное состояние основных концепций науки о растительности / Б.М. Миркин, Л.Г. Наумова. – Уфа: Гилем, 2012. – 488 с.
8. Mucina L. Vegetation of Europe: Hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities / L. Mucina [et al.] // Applied Vegetation Science. – 2016. – N. 19 (Suppl. 1). – P. 3-264.
9. Цвирко Р.В. Синтаксономия сосновых лесов Беларуси / Р.В. Цвирко // Бюллетень Брянского отделения РБО. – 2017. – № 2(10). – С. 46-62.

ВИДОВОЙ СОСТАВ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ ФИТОЦЕНОЗОВ УКРАИНСКОГО ПОЛЕСЬЯ

Т. Н. Тимошук¹, Н. В. Грицюк², А. Н. Котельницкая³

¹Житомирский национальный агроэкологический университет; Житомир, Украина, e-mail: tat-niktim@ukr.net

²Житомирский национальный агроэкологический университет; Житомир, Украина, e-mail: ngritsyuk78@gmail.com

³Житомирский национальный агроэкологический университет; Житомир, Украина, e-mail: anna.kotelnicka@ukr.net

Приведены результаты мониторинга видового состава сорной растительности фитоценозов Украинского Полесья (Житомирская область). Определено количественное распределение и процентное содержание родов и видов сорных растений в фитоценозах. Выявлено 237 видов сорных растений, относящихся к трем классам Magnoliopsida, Liliopsida и Polytrichopsida, 42 семействам и 153 родам. Установлено, что в составе популяции сорной растительности наиболее распространенными были представители семейств Asteraceae – 24,5 %, Brassicaceae – 9,3 % и Lamiaceae – 8,9 %, что объединяет 101 вида и составляет 43,6% от общего количества. Доминирующее положение среди сорняков занимали представители семейства Asteraceae (58 вида).

В последние годы фитосанитарное состояние посевов сельскохозяйственных культур значительно ухудшилось. Потенциальные потери от болезней, вредителей и сорняков при высокой урожайности составляют в среднем 28 % и более [8]. Сорные растения – одно из самых сложных препятствий на пути производителя к запланированному высокому урожаю, как в количественном, так и в качественном выражении. В Украине при недостаточной защите посевов от сорняков снижение продуктивности культур сплошного способа посева может достигать 20–50 %, а при широкорядном – до 40–80 % от потенциального уровня [4]. Потери урожая напрямую зависят от засоренности посевов и могут составлять до 5–7 % при слабой засоренности и 25–30 % и более – при сильной [2, 11].

В любом фитоценозе каждый вид растений представлен совокупностью особей, которые в течение длительного времени заселяют определенную его территорию, образуя видовую фитоценотическую популяцию. Сорные растения входят в состав определенного агрофитоценоза, то есть совокупности видов растений, созданной под влиянием погодных условий и сельскохозяйственной деятельности человека на конкретной территории. Как правило,

агрофитоценозы представлены двумя блоками: культурных растений и сорняков. Блок культурных растений составляет один, реже – два или три вида, а сорняков – нередко достигает десяти видов и более [6]. Сорные растения интенсивно потребляют воду. На образование 1 кг сухого вещества полевые культуры расходуют: пшеница озимая – 400–500, кукуруза – 250–30, просо – 200–250 л воды, а сорняки: редька дикая – 770, марь белая – 800–900, пырей ползучий – 1183 л [5]. Из почвы сорняки способны выносить до 45–60 кг доступных соединений минерального питания. Кроме того, они подавляют культурные растения вследствие их затенения. Сорные растения способствует также массовому распространению и развитию болезней и вредителей. На засоренных посевах снижается полевая всхожесть культурных растений, задерживается их рост и развитие. Причиной этого является аллелопатия, то есть влияние на культурные растения выделений корневой системы сорняков, имеющих в своем составе физиологически активные химические соединения (холины и блястохолины) [9, 10].

Таким образом, вред от сорной растительности является многосторонним и довольно значительным, а изучение распространения видового состава сорных растений в фитоценозах даст возможность контролировать уровень их присутствия в агрофитоценозах.

Целью нашей работы было установление распространения и определения видового состава сорной растительности фитоценозов Украинского Полесья. Исследования проводились в течение 2013–2016 гг. путем маршрутного обследования несельскохозяйственных угодий, необработанных земель, земельных угодий населенных пунктов на территории Украинского Полесья. Учеты засоренности проводили по общепринятым методикам [7]. Для идентификации видов сорняков использовали специальные справочники и атласы сорняков [1, 3]

Среди факторов, обеспечивающих получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур, важное значение имеют меры, направленные на создание оптимального фитосанитарного состояния не только агрофитоценозов, но и фитоценозов. Характерной чертой флоры фитоценозов является нестабильность структуры, постоянная миграция, инвазии новых видов.

Соотношение между различными группами высших растений являются основными показателями систематической структуры флоры фитоценозов. Количественное распределение и процентное содержание родов и видов в семьях флоры сорных растений фитоценозов Украинского Полесья приведены в таблице.

Таблица – Флористический состав и количественное распределение сорных растений в фитоценозах Украинского Полесья, 2013–2016 гг.

№ п/п	Семейство	Количество родов	%	Количество видов	%
Класс Магнолиописиды (Двудольные) – Magnoliopsida (Dicotyledones) <u>Еудікоти</u>					
1	Астровые (<i>Asteraceae</i>)	35	22,8	58	24,5
2	Капустные (<i>Brassicaceae</i>)	16	10,4	22	9,3
3	Бобовые (<i>Fabaceae</i>)	6	3,9	8	3,4
4	Лютиковые (<i>Ranunculaceae</i>)	4	2,6	8	3,4
5	Подорожниковые (<i>Plantaginaceae</i>)	5	3,2	7	3,0
6	Бурачниковые (<i>Boraginaceae</i>)	5	3,2	6	2,5
7	Маревые (<i>Chenopodioideae</i>)	1	0,7	5	2,1
8	Мальвовые (<i>Malvaceae</i>)	3	1,9	4	1,7
9	Кипрейные (<i>Onagraceae</i>)	3	1,9	3	1,3
10	Норичниковые (<i>Scrophulariaceae</i>)	1	0,7	2	0,8
11	Мареновые (<i>Rubiaceae</i>)	1	0,7	2	0,8
12	Вьюнковые (<i>Convolvulaceae</i>)	2	1,3	2	0,8
13	Кисличные (<i>Oxalidaceae</i>)	1	0,7	2	0,8
14	Дербенниковые (<i>Lythraceae</i>)	1	0,7	2	0,8
15	Вербеновые (<i>Verbenaceae</i>)	1	0,7	1	0,4
16	Зверобойные (<i>Hypericaceae</i>)	1	0,7	1	0,4
17	Спаржевые (<i>Asparagaceae</i>)	1	0,7	1	0,4
18	Заразиховые (<i>Orobanchaceae</i>)	1	0,7	2	0,8
19	Яснотковые (<i>Lamiaceae</i>)	12	7,8	21	8,9
20	Гречишные (<i>Polygonaceae</i>)	2	1,3	8	3,4

№ п/п	Семейство	Количество родов	%	Количество видов	%
21	Гвоздичные (<i>Caryophyllaceae</i>)	6	3,9	8	3,4
22	Зонтичные (<i>Apiaceae</i>)	8	5,2	7	3,0
23	Гераниевые (<i>Geraniaceae</i>)	2	1,3	6	2,5
24	Розовые (<i>Rosaceae</i>)	3	1,9	6	2,5
25	Амарантовые (<i>Amaranthaceae</i>)	2	1,3	5	2,1
26	Молочайные (<i>Euphorbiaceae</i>)	1	0,7	3	1,3
27	Паслёновые (<i>Solanaceae</i>)	3	1,9	3	1,3
28	Фиалковые (<i>Violaceae</i>)	1	0,7	3	1,3
29	Бальзаминовые (<i>Balsaminaceae</i>)	1	0,7	1	0,4
30	Крапивные (<i>Urticaceae</i>)	1	0,7	2	0,8
31	Толстянковые (<i>Crassulaceae</i>)	1	0,7	2	0,8
32	Первоцветные (<i>Primulaceae</i>)	1	0,7	2	0,8
33	Хвощовые (<i>Equisetaceae</i>)	1	0,7	1	0,4
34	Тыквенные (<i>Cucurbitaceae</i>)	1	0,7	1	0,4
35	Портулаковые (<i>Portulacaceae</i>)	1	0,7	1	0,4
36	Маковые (<i>Papaveraceae</i>)	1	0,7	1	0,4
37	Горечавковые (<i>Gentianaceae</i>)	1	0,7	1	0,4
Класс Лилиопсиды (Однодольные) – Liliopsida (Monocotyledones)					
38	Мятликовые (<i>Poaceae</i>) или Злаки (<i>Gramineae</i>)	12	7,8	13	5,5
39	Ситниковые (<i>Juncaceae</i>)	1	0,7	3	1,3
40	Рогозовые (<i>Typhaceae</i>)	1	0,7	1	0,4
41	Лилейные (<i>Liliaceae</i>)	1	0,7	1	0,4
Класс Политриховые мхи – Polytrichopsida					
42	Политриховые (<i>Polytrichaceae</i>)	1	0,7	1	0,4
Всего:		153	100	237	100

За годы исследований в фитоценозах Украинского Полесья выявлено 237 видов сорных растений, относящихся к трем классам Magnoliopsida, Liliopsida и Polytrichopsida.

Анализ биологической структуры засоренности фитоценозов свидетельствует, что среди сорных растений доминирующее положение занимают двудольные виды – 92 %, тогда как однодольные виды представлены в популяциях в пределах 7,6 %.

Наиболее распространенными среди дикорастущих растений были представители семейств Астровые (*Asteraceae*) – 24,5 %, Капустные (*Brassicaceae*) – 9,3 %, Яснотковые (*Lamiaceae*) – 8,9 %, что составляет 43,6% от общего количества видов. Незначительное распространение среди флоры имели семейства Злаки (*Gramineae*) – 5,5 %, Гречишные (*Polygonaceae*), Бобовые (*Fabaceae*), Лютиковые (*Ranunculaceae*) и Гвоздичные (*Caryophyllaceae*) – 3,4 %, Зонтичные (*Apiaceae*) и Подорожниковые (*Plantaginaceae*) – до 3,0 %, Гераниевые (*Geraniaceae*), Розовые (*Rosaceae*), Бурачниковые (*Boraginaceae*) – 2,56 %, Маревые (*Chenopodioideae*) и Амарантовые (*Amaranthaceae*) – 2,1 %. Распространение других семейств колебалось в пределах от 0,4 до 1,7 %.

Наибольшим видовым разнообразием характеризуется семья *Asteraceae* (58 вида), представители которой хорошо приспособлены к различным условиям и имеют ряд прогрессивных признаков. Типичными представителями указанной семьи в фитоценозах являются виды *Artemisia vulgaris* L., *Solidago canadensis* L., *Solidago virgaurea* L. и *Ambrosia artemisifolia* L. Второе место занимает семья *Brassicaceae* – 22 вида. Представителями ее являются *Capsella bursa-pastoris* L., *Berteroa incana* L., *Thlaspi arvense* L.

На третьем месте по количеству видов находится семья *Lamiaceae* – 21 вида. представителями этой семьи являются *Prunella vulgaris* L., *Ajuga reptans* L., *Lamium album* L., *Galeopsis tetrahit* L. и другие.

На основании данных о распространении и видовом составе сорных растений возможно разработать новые и усовершенствовать существующие системы мер по регулированию уровня распространения сорняков в агрофитоценозах.

Список литературы

1. Веселовський І. В. Атлас-визначник бур'янів / І. В. Веселовський, А. К. Лисенко, Ю. П. Манько. – Київ: Урожай, 1988. – 72 с.
2. Веселовський І. В. Довідник по бур'янах / І. В. Веселовський, Ю. П. Манько, О. Б. Козубський. – Київ: Урожай, 1993. – 208 с.
3. Примак І. Д. Довідник з гербології / І. Д. Примак, М. П. Косолап, П. І. Ковбасюк [та ін.]; за ред. І. Д. Примака. – Київ: Кондор, 2006. – 386 с.
4. Іващенко О. О. Сучасні проблеми гербології / О. О. Іващенко // Вісник аграрної науки. – 2004. – № 3. – С. 27–29.
5. Косолап М. П. Гербологія: навч. посібник / М. П. Косолап. – Київ: Арістей, 2004. – 363 с.
6. Курдюкова О. М. Найпоширеніші бур'яни: стан популяції в агрофітоценозах Степу України / О. М. Курдюкова // Карантин і захист рослин. – 2013. – № 2. – С. 9–12.
7. Манько Ю. П. Бур'яни та заходи боротьби з ними / Ю. П. Манько, І. В. Веселовський, Л. О. Орел, С. П. Танчик. – Київ: Урожай, 1998. – 240 с.
8. Молдаван В. Г. Фітосанітарний стан посівів пшениці озимої залежно від сівозмінного чинника та системи добрених / В. Г. Молдаван // Карантин і захист рослин. – 2013. – № 2. – С. 4–6.
9. Тимошук Т. М. Амброзія полинолиста – небезпечний карантинний бур'ян / Т. М. Тимошук, О. А. Дереча, П. В. Моторнюк // Наукові дослідження – теорія та експеримент 2009: матеріали 4-ої міжнар. наук.-практ. конф., Полтава, 18–20 трав. 2009 р. – Полтава: ІнтерГрафіка, 2009. – С. 75–78.
10. Шувар І. А. Екологічні основи зниження забур'яненості агрофітоценозів: навч. посібник / І. А. Шувар. – Львів: Новий Світ, 2008. – 494 с.

БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЛИШАЙНИКОВ ЛЯХОВИЧСКОГО РАЙОНА, БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ (БЕЛАРУСЬ)

А. П. Яцына

Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»; Минск, Беларусь, e-mail: lichenologs84@mail.ru

В ходе ревизии лишенобиоты Ляховичского района Брестской области в 21 локалитетах выявлено 97 видов лишайников и 5 нелихенизированных грибов. Наибольшее число видов отмечено для усадебных парков 55. В еловых лесах (кисличных, черничных сериях) отмечено 38 видов лишайников и нелихенизированный гриб – *Sarea resinae*. Впервые для еловых лесов Беларуси указываются 8 видов лишайников: *Arthonia byssacea*, *A. vinosa*, *Arthothelium ruanum*, *Fellhanera gyrophorica*, *Lecanora glabrata*, *Pyrenula nitida*, *Reichlingia leopoldii* и *Ropalospora viridis*.

В ходе ревизии гербарных и литературных данных лишенобиоте Ляховичского района отечественными лишенологами уделялось недостаточно внимания. В Базе данных коллекции лишайников Института экспериментальной ботаники отсутствовали сборы из данного административного района. Имеется лишь одна литературная ссылка, посвященная биологическому разнообразию лишайников Ляховичского района. П. Н. Белый в ходе ревизии лишайников и близкородственных грибов еловых лесов Ляховичского района указывает 15 видов лишайников: *Chaenotheca ferruginea* (Turner ex Sm.) Mig., *C. trichialis* (Ach.) Th. Fr., *Cladonia chlorophaea* s. lat., *C. coniocraea* (Flörke) Sprengel, *C. macilenta* Hoffm., *Dimerella pineti* (Schrad. ex Ach.) Vězda., *Hypocenomyce scalaris* (Ach.) M. Choisy, *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *H. tubulosa* (Schaerer) Hav., *Lecanora symmicta* (Ach.) Ach., *Lepraria incana* (L.) Ach., *L. jackii* Tønsberg, *Melanelixia glabrata* (Lamy) Sandler & Arup, *Parmelia sulcata* Taylor, *Physcia tenella* (Scop.) DC. [1].

С 19 по 23 июня 2017 г. автором статьи проводились целенаправленные исследования по инвентаризации лишайников и близкородственных грибов Ляховичского района. Всего было обследовано 21 локалитет. Исследовались преимущественно старовозрастные еловые леса (11 локалитетов) и усадебные парки (4 локалитета), попутно проводились сборы с прилегающих к ельникам биотопам. **Локалитеты исследования:** **1.** – окр. д. Святица, Новоселковское л-во., кв. 49, выд. 29. Ельник кисличный; **2.** – окр. д. Кривошин, Кривошинское л-во., кв. 107, выд. 3. Ельник черничный; **3.** – д. Грушевка, в парке; **4.** – окр. д. Святица, Новоселковское л-во., кв. 59, выд. 22. Пойменная дубрава; **5.** – окр. д. Рогачи, Кривошинское л-во.,

кв. 172, выд. 18. Сосняк кисличный; **6.** – окр. д. Рогачи, Кривошинское л-во., кв. 171, выд. 2. Сосняк черничный; **7.** – д. Кривошин, в парке; **8.** – окр. д. Кривошин, Кривошинское л-во., кв. 115, выд. 1. Ельник кисличный; **9.** – окр. д. Кривошин, Кривошинское л-во., кв. 107, выд. 11. Ельник черничный; **10.** – окр. д. Кривошин, Кривошинское л-во., кв. 107, выд. 5. Ельник кисличный; **11.** – окр. д. Кривошин, Кривошинское л-во., кв. 114, выд. 3. Ельник кисличный; **12.** – окр. д. Совейки. Памятник природы местного значения. Парк; **13.** – окр. д. Святица, Новоселковское л-во., кв. 59, выд. 31. Ельник кисличный; **14.** – окр. д. Новоселки, Новоселковское л-во., кв. 49, выд. 30. Ельник кисличный; **15.** – окр. д. Новоселки, Новоселковское л-во., кв. 43, выд. 30. Сосняк мшистый; **16.** – окр. д. Новоселки, Новоселковское л-во., кв. 45, выд. 15. Ельник черничный; **17.** – окр. д. Новоселки, Новоселковское л-во., кв. 45, выд. 9. Ельник кисличный; **18.** – д. Мыслобож. Фрагмент усадьбы; **19.** – окр. д. Святица, Новоселковское л-во., кв. 59, выд. 2. Грабняк кисличный; **20.** – окр. д. Новоселки, Новоселковское л-во., кв. 49, выд. 15. Ельник черничный; **21.** – окр. д. Новоселки, Новоселковское л-во., кв. 49, выд. 9. Сосняк брусничный.

Всего собрано более 140 гербарных пакетов и около 180 образцов лишайников, их определение проводилось по общепринятым методикам, с помощью современной микроскопии и химических реактивов. Лишайники с лепрозным талломом без плодовых тел не определялись. Ниже в алфавитном порядке приводится список лишайников и близкородственных грибов. После названия вида указывается локалитет, субстрат и номер, под которым вид введен в базу данных и хранится в гербарии по лишайникам (MSK-L) лаборатории микологии. Названия видов приводились согласно *Index Fungorum*.

Acrocordia gemmata (Ach.) A. Massal. – 8, на коре *Populus tremula* L. (18475), *Alyxoria varia* (Pers.) Ertz & Tehler – 12, на коре *Acer platanoides* L. (18438), *Amandinea punctata* (Hoffm.) Coppins & Scheid. – 3, на коре *Picea abies* (L.) Karst. (18493), 12, на коре *Tilia cordata* Mill. (18429), *Anaptychia ciliaris* (L.) Körb. ex A. Massal. – 12, на коре *Acer platanoides* L. (18406), *Arthonia byssacea* (Weigel) Almq. – 1, на коре *Quercus robur* L. (18445), 8, на коре *Acer platanoides* L. (18384), *A. spadicea* Leight. – 10, на коре *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. (18485), *A. vinosa* Leight. – 2, на коре *Acer platanoides* L. (18388), 11, на коре *Quercus robur* L. (18400), *Arthothelium ruanum* (A. Massal.) Körb. – 8, на коре *Carpinus betulus* L. (18387).

Bacidia polychroa (Th. Fr.) Körb. – 4, на коре *Populus tremula* L. (18785), *B. rubella* (Hoffm.) A. Massal. – 3, на коре *Acer platanoides* L. (18411), *B. subincompta* (Nyl.) Arnold – 12, на коре *Acer platanoides* L. (18428), *Biatora ocelliformis* (Nyl.) Arnold – 2, на коре *Carpinus betulus* L. (18495), *Bryoria fuscescens* (Gyeln.) Brodo & D. Hawksw. – 20, на коре *Betula pendula* Roth (18457), *Buellia griseovirens* (Turner & Borrer ex Sm.) Almb. – 2, на коре *Carpinus betulus* L. (18491).

Calogaya decipiens (Arnold) Arup, Frödén & Söchting – 12, на опоре ЛЭП (18425), *Caloplaca virescens* (Sm.) Coppins – 3, на коре *Acer platanoides* L. (18499), *Candelaria concolor* (Dicks.) Arnold – 3, на коре *Betula pendula* Roth (18504), 12, на коре *Acer platanoides* L. (18437), *C. pacifica* M. Westb. & Arup – 18, на коре *Carpinus betulus* L. (18459), *Candelariella vitellina* (Hoffm.) Müll. Arg – 3, на кирпичах забора (18503), *Carbonicola myrmecina* (Ach.) Bendiksby & Timdal – 12, на коре *Larix decidua* Mill. (18435), *Cetraria sepincola* (Ehrh.) Ach. – 15, на ветке *Betula pendula* Roth (18460), *Chaenotheca brachypoda* (Ach.) Tibell – 12, на коре *Populus sp.* (18399), *C. chrysocephala* (Ach.) Th. Fr. – 3, на коре *Larix decidua* Mill. (18507), 12, на коре *Betula pendula* Roth (18423), *C. ferruginea* (Turner) Mig. – 12, на коре *Larix decidua* Mill. (18434), *C. furfuraceae* (L.) Tibell – 19, на трухлявом стволе *Quercus robur* L. (18463), *C. phaeocephala* (Turner) Th. Fr. – 3, на древесине старого и трухлявого *Quercus robur* L. (18749), *C. stemonea* (Ach.) Müll. Arg. – 13, на трухлявой древесине *Picea abies* (L.) Karst. (18474), *C. trichialis* (Ach.) Hellb. – 12, на коре *Tilia cordata* Mill. (18439), 13, на трухлявой древесине *Picea abies* (L.) Karst. (18473), *Chaenothecopsis rubescens* Vain. – 3, на древесине старого ствола *Quercus robur* L. (18787), 19, на трухлявом стволе *Quercus robur* L. (18462), *Cladonia cornuta* (L.) Hoffm. – 21, на почве (18455), *C. digitata* (L.) Hoffm. – 17, у основания *Pinus sylvestris* L. (18468), *C. furcata* (Huds.) Schrad. – 17, на почве (18458), *C. gracilis subsp. gracilis*

(L.) Willd. – 21, на почве (18444), *C. rangiferina* (L.) Weber ex F.H. Wigg. – 17, на почве (18466), *C. uncialis* (L.) Weber ex F.H. Wigg. – 21, на почве (18456), *Coenogonium pineti* (Ach.) Lücking & Lumbsch – 1, на коре *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. (18465), 5, на коре *Pinus sylvestris* L. (18512).

Evernia prunastri (L.) Ach. – 12, на коре *Acer platanoides* L. (18440).

Fellhanera gyrophorica Sérus., Coppins, Diederich & Scheid. – 1, на коре *Quercus robur* L. (18446), 8, на коре *Populus tremula* L. (18490), *Fellhanera sp.* – 1, на ветках *Vaccinium myrtillus* L. (18790).

Graphis scripta (L.) Ach. – 8, на коре *Carpinus betulus* L. (18385), 14, на коре *Betula pendula* Roth (18471).

Hypogymnia physodes (L.) Nyl. – довольно часто по всему району, на разных субстратах.

Lecania cyrtella (Ach.) Th. Fr. – 18, на коре *Picea abies* (L.) Karst. (18450), *Lecanora allophana* (Ach.) Nyl. – 12, на коре *Acer platanoides* L. (18409), *L. carpinea* (L.) Vain. – 3, на коре *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. (18483), *L. glabrata* (Ach.) Malme – 2, на коре *Carpinus betulus* L. (18397), *L. thysanophora* R.C. Harris – 8, на коре *Carpinus betulus* L. (18395), *L. varia* (Hoffm.) Ach. – 3, на коре *Larix decidua* Mill. (18508), *Lecidella elaeochroma* (Ach.) M. Choisy – 12, на коре *Quercus robur* L. (18421), *Lepraria sp.* – 3, на коре *Acer platanoides* L. (18496).

Massjukiella polycarpa (Hoffm.) S.Y. Kondr., Fedorenko, S. Stenroos, Kärnefelt, Elix, J.S. Hur & A. Thell – 3, на коре *Picea abies* (L.) Karst. (18492), 12, на коре *Betula pendula* Roth. (18402), *Melanelixia glabrata* (Lamy) Sandler & Arup – 3, на коре *Carpinus betulus* L. (18501), 12, на коре *Quercus robur* L. (18443), *M. subargentifera* (Nyl.) O. Blanco, et al. – 3, на коре *Acer platanoides* L. (18494), 12, на коре *Acer platanoides* L. (18480), *M. subaurifera* (Nyl.) O. Blanco, et al. – 1, на коре *Sorbus aucuparia* L. (18464), *Melanohalea exasperatula* (Nyl.) O. Blanco, et al. – 12, на коре *Quercus robur* L. (18421), *Micarea prasina* Fr. – 10, на трухлявом стволе *Quercus robur* L. (18413), *Mycocalicium subtile* (Pers.) Szatala – 15, на древесине квартального столба (18470).

Oxneria huculica S.Y. Kondr. – 3, на коре *Acer platanoides* L. (18449).

Parmelia sulcata Taylor – 12, на коре *Salix fragilis* L. (18441), *Parmelina tiliacea* (Hoffm.) Hale – 3, на коре *Acer platanoides* L. (18498), 18, на коре *Carpinus betulus* L. (18452), *Parmeliopsis ambigua* (Wulfen) Nyl. – 14, на коре *Betula pendula* Roth (18472), *Peltigera neckeri* Hepp. ex Müll. Arg. – 6, на трухлявом пне (18509), *P. praetextata* (Flörke ex Sommerf.) Zopf – 10, у основания ствола *Populus tremula* L. (18392), *Pertusaria albescens* (Huds.) M. Choisy & Werner – 12, на коре *Tilia cordata* Mill. (18420), *P. amara* (Ach.) Nyl. – 8, на коре *Carpinus betulus* L. (18482), *P. leioplaca* DC. – 8, на коре *Carpinus betulus* L. (18486), *P. pertusa* (Weigel) Tuck. – 8, на коре *Carpinus betulus* L. (18414), *Phaeophyscia nigricans* (Flörke) Moberg – 18, на коре *Picea abies* (L.) Karst. (18467), *P. orbicularis* (Neck.) Moberg – 12, на коре *Populus tremula* L. (18408), *Phlyctis argena* (Spreng.) Flot. – 10, на коре *Populus tremula* L. (18487), *Physcia adscendens* (Fr.) H. Olivier – 3, на коре *Acer platanoides* L. (18437), *P. aipolia* (Ehrh. ex Humb.) Fürnr. – 10, на коре *Populus tremula* L. (18477), 12, на коре *Populus tremula* L. (18407), *P. caesia* (Hoffm.) Hampe ex Fürnr. – 3, на валуне (18410), *P. tenella* (Scop.) DC. – 12, на коре *Quercus robur* L. (18431), *Physciella chloantha* (Ach.) Essl. – 7, на коре *Carpinus betulus* L. (18506), *Physconia detersa* (Nyl.) Poelt – 12, на коре *Acer platanoides* L. (18424), *P. distorta* (V. Wirth.) J.R. Laundon – 10, на коре *Populus tremula* L. (18479), 12, на коре *Acer platanoides* L. (18478), *P. enteroxantha* (Nyl.) Poelt – 12, на коре *Acer platanoides* L. (18424), *P. grisea* (Lamy) Poelt – 3, на коре *Acer platanoides* L. (18447), *P. perisidiosa* (Erichsen) Moberg – 12, на коре *Acer platanoides* L. (18419), *Placynthiella icmalea* (Ach.) Coppins et P. James – 12, на древесине упавшего старого ствола *Picea abies* (L.) Karst. (18430), *Platismatia glauca* (L.) W.L. Culb. & C.F. Culb. – 2, на коре *Picea abies* (L.) Karst. (18386), *Pleurosticta acetabulum* (Neck.) Elix & Lumbsch – 3, на коре *Acer platanoides* L. (18497), 12, на коре *Acer platanoides* L. (18436), 18, на коре *Carpinus betulus* L. (18451), *Protoparmeliopsis muralis* (Schreb.) M. Choisy – 12, на валуне (18417), *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf – 12, на коре *Larix decidua* Mill. (18426), 20, на коре *Betula pendula* Roth (18454), *Pseudoschismatomma rufescens* (Pers.) Ertz & Tehler – 11, на

копе *Carpinus betulus* L. (18481), 12, на копе *Acer platanoides* L. (18415), *Psilolechia lucida* (Ach.) M. Choisy – 6, на копе *Picea abies* (L.) Karst. (18511), *Pyrenula nitida* (Wiegel) Ach. – 8, на копе *Carpinus betulus* L. (18393), *P. nitidella* (Flörke ex Schaer.) Müll. Arg. – 2, на копе *Carpinus betulus* L. (18788).

Ramalina farinacea (L.) Ach. – 12, на копе *Acer platanoides* L. (18418), *R. fastigiata* (Pers.) Ach. – 12, на копе *Acer platanoides* L. (18433), *R. fraxinea* (L.) Ach. – 12, на копе *Acer platanoides* L. (18432), *R. pollinaria* (Westr.) Ach. – 12, на копе *Acer platanoides* L. (18416), *Reichlingia leopoldii* Diederich & Scheid. – 8, на копе *Quercus robur* L. (18383), *Ropalospora viridis* (Tønsberg) Tønsberg – 11, на копе *Carpinus betulus* L. (18476), *Rusavskia elegans* (Link) S.Y. Kondr. & Kärnefelt – 3, на опоре ЛЭП (18484), 12, на опоре ЛЭП (18425).

Sarea difformis (Fr.) Fr. – 6, на смоле *Picea abies* (L.) Karst. (18510), *S. resinae* (Fr.) Kuntze. – 9, на смоле *Picea abies* (L.) Karst. (18489), *Sclerophora pallida* (Pers.) Y.J. Yao & Spooner – 3, на копе *Acer platanoides* L. (18500), 7, на копе *Acer platanoides* L. (18505), 12, на копе *Acer platanoides* L. (18442), *Stenocybe pullatula* (Ach.) Stein – 4, на ветках *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. (18786).

Tuckermannopsis chlorophylla (Willd.) Hale – 20, на копе *Betula pendula* Roth (18453).

Usnea filipendula Stirt. – 16, на копе *Betula pendula* Roth (18461), *U. hirta* (L.) Weber ex F.H. Wigg. – 11, на копе *Betula pendula* Roth (18469).

Xanthoparmelia conspersa (Ehrh. ex Ach.) Hale – 12, на валуне (18417), *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. по всему району.

Таким образом, в ходе инвентаризации лишенобиоты Ляховичского района отмечено 97 видов лишайников и 5 нелихенизированных грибов (*Chaenothecopsis rubescens*, *Mycocalicium subtile*, *Sarea difformis*, *S. resinae*, *Stenocybe pullatula*), всего 102 таксонов. Впервые для территории Ляховичского района приводится 89 видов лишайников и 5 нелихенизированных грибов. Наибольшее число видов лишайников отмечено в усадебных парках Ляховичского района – 55. На территориях усадебных парков отмечены следующие редкие и слабоизученные виды в республике: *Caloplaca virescens*, *Physciella chloantha* и *Sclerophora pallida*. В еловых лесах (кисличных, черничных сериях) отмечено 38 видов лишайников и нелихенизированный гриб – *Sarea resinae*. Впервые для еловых лесов Беларуси указываются 8 видов лишайников: *Arthonia byssacea*, *A. vinosa*, *Arthothelium ruanum*, *Fellhanera gyrophorica*, *Lecanora glabrata*, *Pyrenula nitida*, *Reichlingia leopoldii* и *Ropalospora viridis*.

Список литературы

1. Белый П.Н. Лишайники еловых лесов Беларуси / П.Н. Белый. – Минск : Беларуская навука, 2016. – 230 с.

СЕКЦИЯ 2. ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ И ГРИБОВ

ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИЗОВАННЫХ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ, СОДЕРЖАЩИХ ТРЕПЕЛ, НА ВСХОЖЕСТЬ МНОГОЛЕТНИХ РАСТЕНИЙ

А.В. Бабков¹, С.Н. Шиш², И.А. Овчинников¹, Т.Л. Носонова³

¹Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»; Минск, Беларусь, e-mail: balexio@gmail.com

²Государственное научное учреждение «Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси»; Минск, Беларусь, e-mail: svetlana.shysh@gmail.com

³Государственное научное учреждение «Институт микробиологии Национальной академии наук Беларуси»; Минск, Беларусь, e-mail: biocontrol@mbio.bas-net.by

В работе изучено влияние гранулированных органо-минеральных удобрений бактеризованных штаммом 78 ТМ Bacillus sp. на рост и развитие многолетних растений: Lobularia maritime, Brachycome iberidifolia, Campanula carpatica в тепличных условиях. Установлено, что спорообразующие бактерии Bacillus sp. штамма 78ТМ входящие в состав гранулированных органо-минеральных удобрений оказывают положительное воздействие на рост и развитие растений.

В настоящее время сформулированы приоритетные практические задачи по сокращению объемов применения азотных и фосфорных удобрений при выращивании растений, замене пестицидов на микробиологические препараты, защите растений от стресса, в том числе и создаваемого загрязнением почв [1]. Значительное число научных публикаций и патентов свидетельствуют о большом интересе и практической значимости в получении и применении микробиологических препаратов совместно с органо-минеральными удобрениями. Разработка комплексных бактеризованных органо-минеральных удобрений важная научно-техническая задача, позволяющая решать несколько проблем. Гранулы бактеризованных органо-минеральных удобрений удобно транспортировать и хранить, равномерно вносить и на больших площадях, при помощи стандартной сельскохозяйственной техники. Гранулированные органо-минеральные бактеризованные удобрения сочетают в себе достоинства отдельно взятых органических и минеральных удобрений и усиливают и продлевают действие каждого из компонентов. Хорошо растворимые минеральные соли обеспечивают быстрое усвоение растениями, а органические составляющие повышают содержание гумуса в почве, активизируют деятельность почвенных микроорганизмов, улучшают водный и воздушный режим почвы, структурируют её, проявляют себя как мелиоранты. Гранула является специфической экологической нишей для бактерии интродукента, где ее сохранению будут способствовать органические составляющие удобрения. С другой стороны, гранула будет стабильным источником полезной микрофлоры в постоянно меняющихся условиях ризосферы в процессе роста растений.

В лаборатории роста и развития растений Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси в сотрудничестве с Центральным ботаническим садом НАН Беларуси и Институтом микробиологии НАН Беларуси разрабатывается состав и проводятся исследования по эффективности гранулированного органо-минерального бактеризованного удобрения, основной минеральной составляющей, которого является трепел – тонкопористая опаловая осадочная порода Хотимского месторождения, Могилевской области. Трепел относят к карбонатным породам, в нем взаимно и равномерно распределены практически на молекулярном уровне несколько минералов: аморфный кремнезем, глины, слюды, цеолит, карбонат кальция. В их состав входят и макро-и микроэлементы. Особенностью структуры этих минералов является их микропористое внутреннее строение при аморфном состоянии кремния. Микропористая структура, обладающая высокой термической и химической стабильностью

и содержащая активные обменные катионы, обуславливает уникальные адсорбционные и катионообменные свойства, имеющие способность к обратимому катионному обмену (восстановлению начальных сорбционных свойств) без разрушения кристаллической решётки. Кроме того, по содержанию усваиваемого растениями кремния (от 10 до 30%) трепел можно отнести к природным кремнийсодержащим полиминеральным удобрениям [2-4]. Процесс питания растений кремнием находится в тесной взаимосвязи с питанием другими биофильными элементами и является важным звеном в биогеохимическом круговороте этого элемента [3].

В качестве органической составляющей гранул использованы торф и штамм 78ТМ спорообразующие бактерий *Bacillus sp.* с высокой антагонистической активностью к широкому спектру фитопатогенов, который выделен в Институте микробиологии НАН Беларуси.

Целью работы являлось изучение влияния разрабатываемых образцов гранулированных бактериализованных органо-минеральных удобрений при внесении в почвосмеси на всхожесть и ростовые показатели многолетних декоративных растений в условиях оранжереи.

Объектами исследований в лабораторных и тепличных условиях служили однолетние и многолетние декоративные растения: алиссум морской (*Lobularia maritime*), брахикома иберисолистная (*Brachycome iberidifolia*), колокольчик карпатский (*Campanula carpatica*). Данные растения были выбраны в качестве объектов исследования в связи с высокой скоростью их роста, декоративностью и широким использованием в сезонном контейнерном озеленении.

Опыт заложен в теплице Центрального ботанического сада НАН Беларуси в условиях естественного освещения при температуре 18-20°C. Состав торфосмеси: торф верховой нейтрализованный «Двина», 100%, рН – 5,5-6,5. Агроперлит, фракция 1-5 мм. Соотношение торфа верхового нейтрализованного к агроперлиту составляло 90:10 по объему. После смешивания торфа и агроперлита отбирался определенный объем торфосмеси, куда добавлялись образцы бактериализованного гранулированного удобрения в равном соотношении по содержанию элементов питания на 1 л.

В эксперименте были использованы следующие лабораторные образцы бактериализованного гранулированного удобрения: №1 – гранулы на основе трепела, включающие торф и N₇P₇K₈; №2 – гранулы на основе трепела и N₇P₇K₈ и №3 – гранулы на основе трепела и N₁₆P₁₆K₁₆, все три образца с добавлением штамма 78ТМ *Bacillus sp.*, а также аналогичные образцы гранулированного удобрения №4, №5, №6 без бактерий. Контролем служила торфосмесь без добавок.

Выявлена видоспецифичная реакция растений на внесенные образцы бактериализованного гранулированного удобрения. Так, всхожесть брахикома иберисолистной в варианте №2 была наибольшей на 7 сутки, превышая данный показатель для контрольных растений на 15%, однако на 14 день показатели всхожести в вариантах 2, 4, 6 и контроля практически сравнялись. Для алиссума морского применение бактериализованного гранулированного удобрения привело к снижению показателя всхожести на 7 и 14 сутки (рисунок).

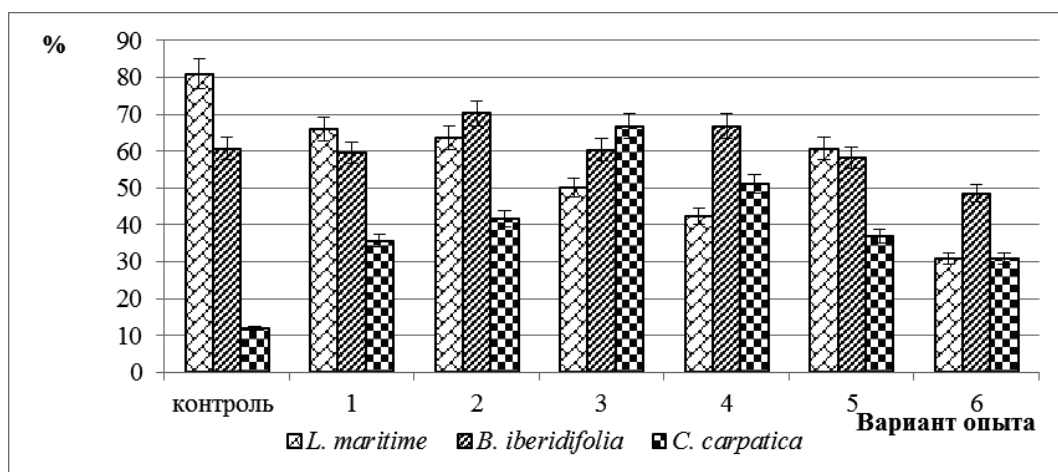


Рисунок – Всхожесть растений на 7 день опыта

Как следует из рисунка по показателю всхожести колокольчика карпатского все варианты с добавлением гранулированных удобрений как с бактериальной составляющей, так и без нее, приводили к положительному результату, повышая всхожесть с 11,9% до 30,9 – 51,2% (без бактериальной культуры в удобрении) и до 35,7 – 65,7% (с бактериальной составляющей в составе удобрения). Наилучшим эффектом в указанных условиях опыта оказался вариант №3.

Также в ходе эксперимента было оценено влияние удобрений на ростовые процессы растений, оценку которых проводили по изменению высоты ювенильных растений (таблица).

Таблица – Влияние лабораторных образцов бактеризованных органоминеральных удобрений на высоту растений в течение вегетации

Вариант опыта		контроль	№1	№2	№3	№4	№5	№6
Вид растения		см						
<i>L. maritime</i>	7 д.	1,9±0,1	2,1±0,1	2,0±0,1	2,1±0,1	2,1±0,1	2,0±0,1	1,7±0,1
	14 д.	2,3±0,1	2,2±0,1	2,8±0,1	2,4±0,1	2,4±0,1	3,0±0,1	2,2±0,1
	45 д.	7,5±0,2	14,3±0,2	18,2±0,3	16,6±0,2	12,8±0,2	13,2±0,2	10,1±0,2
<i>B. iberidifolia</i>	7 д.	8,5±0,2	9,9±0,1	8,2±0,2	9,7±0,2	9,5±0,2	9,2±0,2	9,1±0,2
	14 д.	1,3±0,1	1,2±0,1	1,5±0,1	1,3±0,1	1,4±0,1	1,4±0,1	1,3±0,1
	45 д.	4,3±0,1	6,4±0,2	7,2±0,2	6,8±0,1	7,0±0,1	6,9±0,1	5,8±0,1

Как видно, из таблицы влияние изучаемых удобрений на начальных этапах роста не имеет ярко выраженного эффекта, однако на последующих этапах отличие растений опыта от контроля составляет 1,3-2,4 раза в случае алиссума и 1,3-1,7 раза для брахикома.

В ходе исследования установлена эффективность применения отдельных лабораторных образцов гранулированного бактеризованного органоминерального удобрения для выращивания декоративных растений, перспективных для использования в вертикальном озеленении. По показателям всхожести и длины проростков для брахикома иберисолистной оптимальным оказался вариант №2. Для алиссума морского показано максимальное увеличение длины проростков в вариантах №2 и №3. Для колокольчика карпатского все варианты с использованием бактеризованного гранулированного органоминерального удобрения приводили к повышению всхожести, на высоте растений явных отличий с контролем выявлено не было.

Таким образом, установлена видоспецифичная реакция растений на изученные органоминеральные бактеризованные добавки, однако повторяющийся стимулирующий эффект наблюдался в случае применения вариантов, включающих гранулы на основе трепела и минеральных солей с добавлением штамма 78ТМ *Bacillus sp.*

Список литературы

1. Тихонович И.А. Биопрепараты в сельском хозяйстве (Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве) / И.А. Тихонович, А.П. Кожемяков, В.К. Чеботарь и др. – М.: Россельхозакадемия, 2005. – 154 с.
2. Лобода, Б.П. Диатомиты и трепелы как почвоулучшители и источники биогенных элементов / Б.П. Лобода, Н.Н. Яковлева // Плодородие. – 2003. – №5. – С. 11-14.
3. Природные цеолиты. Распространение, генезис, структура и свойства цеолитов, использование в сельском хозяйстве – Л.П. Степанова // «Кипящие камни» (Цеолиты) / Орлов. обл. публич. б-ка им. И.А. Бунина. – Орел, 2005. – С.3-4.
4. Природные цеолиты в земледелии и растениеводстве: методические рекомендации. – Новосибирск, Росцеолит. – 1997. – 26 с.
5. Самсонова, Н.Е. Кремний в почве и растениях / Н.Е. Самсонова // Агрохимия. – 2005. – № 6. – С. 76-86.

ВВЕДЕНИЕ В КУЛЬТУРУ *IN VITRO BRACHYCHITON POPULNEUS* Schott & Endl. КАК ПОТЕНЦИАЛЬНО НОВУЮ КУЛЬТУРУ, ПРИГОДНУЮ В КАЧЕСТВЕ ДЕКОРАТИВНО- ЛИСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ОЗЕЛЕНЕНИЯ

М.В. Черчес

Государственное научное учреждение «Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси»; Минск, Беларусь, e-mail: kitai_m@tut.by

*Разработана поэтапная схема инициации асептических культур *B. populneus* Schott & Endl. R. Br. с использованием семян для массового тиражирования *in vitro* и получения в дальнейшем посадочного материала для закладки плантаций целевого назначения. Выявлено, что развитие основного и адвентивных побегов наблюдается на среде MS, дополненную регуляторами роста в комбинации 6- BAP -3 мг/л, IAA-1-мг/л.*

Изучение современного состояния флоры и растительности городов, разработка путей оптимизации городской среды продолжают оставаться актуальными проблемами современных ботанико-экологических исследований, вследствие этого, при решении вопросов интродукции ценных декоративных видов для широкого практического использования, является изучение их декоративных свойств, особенностей семенной репродукции, разработка и совершенствование технологий их размножения и выращивания [1]. Среди интродуцентов наиболее перспективными являются быстрорастущие породы, формирующие густые кроны, обладающие газо- и пылеустойчивостью и характеризующиеся декоративными свойствами.

Известно, что как для аборигенов, выращиваемых в городской среде, так и для экзотов, показателем высокой адаптивности является способность этих растений не только образовывать репродуктивные органы (стробилы, цветки, плоды, семена), но и давать жизнеспособное семенное потомство. В связи с этим, ботаническими садами, дендропарками и дендрариями создаются базы данных ассортимента устойчивых, высоко декоративных видов растений, которые являются ценными для дальнейшей интродукции, но, к сожалению, они недостаточно быстро внедряются в декоративные насаждения [3]. К таким перспективным, но пока редким растениям, относится представители рода Брахихитон (*Brachychiton*), семейства Мальвовые (*Malvaceae*), включающий более 30 вечнозеленых или сбрасывающих листву в сухой период деревьев и кустарников. Название рода происходит от греческих слов «брахис» (короткий) и «хитон» (оболочка семени). Большинство видов - выходцы из субтропических и тропических влажных лесов, остальные – из зоны полупустынь. Полупустынные виды отличаются массивным, толстым, запасующим влагу стволом. Деревья, произрастающие в естественных условиях, достигают в высоту от 1 до 45 м. Все виды – однодомные; цветки имеют колоколообразный околоцветник, состоящий из одного ряда лепестков, у большинства видов яркоокрашенный. Ювенильные растения характеризуются привлекательными рассеченными листьями и вздутыми корнями, и подходят для топиарной стрижки.



Рисунок 1 – *B. populneus*: а) растения в период цветения; б) семена; в) взрослое растение в городе

Широко используются в качестве уличных деревьев в Австралии и в Европе [4].

Три вида рода *Brachychiton* - *B. acerifolius*, *B. discolor*, *B. populneus* Schott & Endl. R. были оценены ученым из Istituto Sperimentale per la Floricoltura, Sanremo (Italy) как потенци-

ально новые культуры, пригодные для закладки питомника декоративных лиственных растений. В эксперименте проводимом Cervelli С., исследованы и изучены основные аспекты выращивания и адаптации этих видов к различным почвенно-климатическим условиям [2].

Известно, что, коллекция *in vitro* является маточником, донором для расширенного воспроизводства и тиражирования растений, а также для получения каллуса как основы производства суспензионной культуры, а также в селекционных целях [5]. Цель работы – пополнение асептической коллекции востребованных хозяйственно - ценных и редких растений ЦБС представителями рода *Brachychiton* Schott & Endl. R.

В качестве первичных эксплантов для введения в культуру использовали свежесобранные семена *B. populneus* Schott & Endl. R. Br. в 2016 году, полученные с деревьев, произрастающих на юге Пиренейского полуострова в районе Вега-Баха-дель-Сегура. Стерилизацию семян проводили по следующей схеме: сначала выдерживали в детергенте (моющее средство «Morning Fresh» с добавлением хозяйственного мыла) в течение 40 минут с последующей отмывкой в проточной воде. Затем их помещали в раствор, содержащий 0,01 % $KMnO_4$, качали на шейкере с линейным типом перемешивания - 20 минут. После этого семена обрабатывали 0,4 %-м раствором фунгицида «Ридомил – Голд» (экспозиция - 12 мин.) и экспонировали в течение 25 минут в растворе 0,1% нитрата серебра с добавлением детергента Tween 80. На следующем этапе обработки семена трехкратно промывали в стерильной дистиллированной воде и переносили на чашки Петри с безгормональной питательной средой MS (Murashige & Skoog 1962); источник углерода - сахароза (20 г/л), уплотнитель – агар (Sigma) (6 мг/л), pH сред 5,6-5,8.

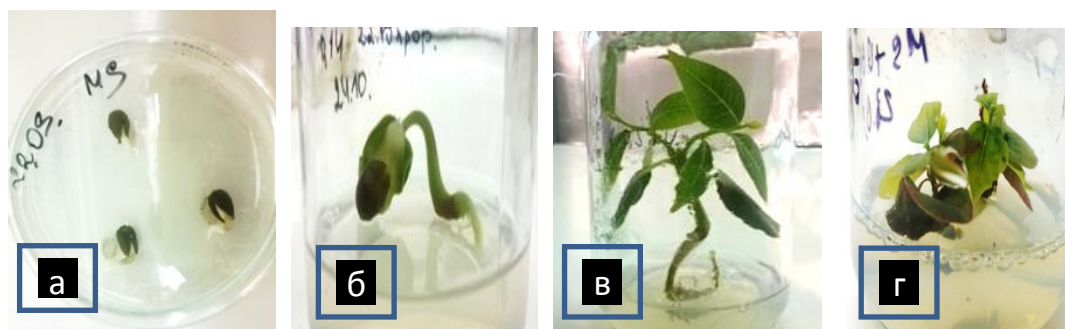


Рисунок 2 – Биотехнологическая схема получения асептических растений *B. populneus* Schott & Endl. а),б) прорастание семян (10-20 суток); в) растение, выращенное на питательной среде MS без добавления гормонов (45 дней); г) растения, произрастающие на питательной среде MS с добавлением 6- ВАР- 3 мг/л, IAA - 1 мг/л (40 дней)

Для прорастания семян чашки Петри были помещены в люминостат (с температурным режимом 20–24°C, освещенностью 3000 люкс, 16/8 - часов). В процессе стерилизации процент жизнеспособности семян составил – 95%. Период появления проростков не был растянут и составил 14-20 дней.

После двух месяцев культивирования для мультипликации проводили черенкование на сегменты (экспланты), содержащие, по крайней мере, одно междоузлие и субкультивировали в стеклянные сосуды (объемом 200 мл) на среду MS, дополненную регуляторами роста в следующей комбинации: 6-ВАР - 3 мг/л, IAA - 1 мг/л, после чего переносили в культуральную комнату. Условия выращивания: температура 23±1°C, режим постоянного освещения интенсивностью 3,5 – 4,5 тыс. люкс. Источники света «Fluora» (Osram, Германия) с максимумами в синей и красной областях, что обеспечивает как высокую освещенность, так и спектральный состав света благоприятный для протекания процессов роста и развития микрорастений брахихитона.

Таким образом, на данном этапе работы подобраны оптимальные условия для инициации асептических культур эндемичного декоративного растения *B. populneus* Schott & Endl. R. с целью массового тиражирования *in vitro* и получения в дальнейшем партий посадочного материала для закладки плантаций целевого назначения. Также планируется изучение био-

химического состава исследуемого растения как нового источника получения ценных биологически активных веществ.

Список литературы

1. Колесніченко О.В. Особливості насінноеншення та результати інтродукційного випробування *Liriodendron tulipifera* L. / О.В. Колесніченко, С.І. Слюсар, О.М. Якобчук // Наукові доповіді НУБіП України.— 2012.—№ 4.—Вип. 33. – С. 13;
2. Cervelli C. Evaluation of three *Brachychiton* species as new ornamental plants / C. Cervelli // *Colture Protette (Italy)*. - 1995. - V. 24(10), P. 75-78;
3. Flanigan J. *Brachychitons* / J. Flanigan // *Mediterranean Garden*. – 2014. - Is.76, P. 34-36;
4. Koenig J., Griffiths A. The population ecology of two tropical trees, *Brachychiton diversifolius* (Malvaceae) and *Bombax ceiba* (Bombaceae), harvested by indigenous woodcarvers in Arnhem Land, Australia / J. Koenig, A. Griffiths // *Environmental Management* 50 (4) New York: Springer. – 2012. – P. 555-565;
5. Zhang W.-M., Li J.-L., Qui C.-Q. Tissue Culture and Rapid Propagation of *Brachychiton rupestris* / W.-M. Zhang, J.-L. Li, C.-Q. Qui // *Plant Physiology Communications (China, SCIENCE PRESS)*. – 2004. - 40(PART 1), P. 65.

ИЗМЕНЕНИЕ РОСТОВЫХ ПАРАМЕТРОВ КУЛЬТУРЫ *PHALAEENOPSIS* × *HYBRIDUM BLUME IN VITRO* ПОД ДЕЙСТВИЕМ БРАССИНОСТЕРОИДОВ

М.А. Черныш¹, Д.А. Пржевальская¹, В.Н. Жабинский², В.А. Хрипач², В.В. Демидчик¹

¹Белорусский государственный университет; Минск, Беларусь, e-mail: chernyshmaryia@gmail.com

² Государственное научное учреждение «Институт биоорганической химии Национальной академии наук Беларуси»; Минск, Беларусь

Влияние brassinosterоидов (БС) на рост растений семейства орхидных практически не изучено. Также отсутствуют данные о воздействии БС на рост культуры in vitro таких важных с точки зрения промышленного цветоводства растений как Phalaenopsis × hybridum Blume. В настоящей работе впервые протестировано влияние шести важнейших БС в широком диапазоне концентраций и продемонстрировано их стимулирующее влияние на рост протокорм-подобных тел. Наибольшим эффектом обладали БЛ и ЭБ, в то время как наиболее слабое влияние на рост оказывали ГБ и ГК.

Определяющим фактором для контроля ростовых процессов и дифференцировки при культивировании *in vitro* является содержание в среде определенных фитогормонов и их соотношение. Наиболее часто используются ауксины и цитокинины, однако в последнее время для некоторых видов растений появились данные, указывающие на возможность применения для биотехнологических манипуляций *in vitro* стероидных фитогормонов (брасиностероидов: БС). По физиологическим эффектам БС схожи с ауксинами: они стимулируют рост растений, участвуют в дифференциации проводящих тканей [5]. Помимо схожих свойств, БС повышают устойчивость растений к стрессовым воздействиям, что может иметь интерес при культивировании растений *in vitro* [1, 5].

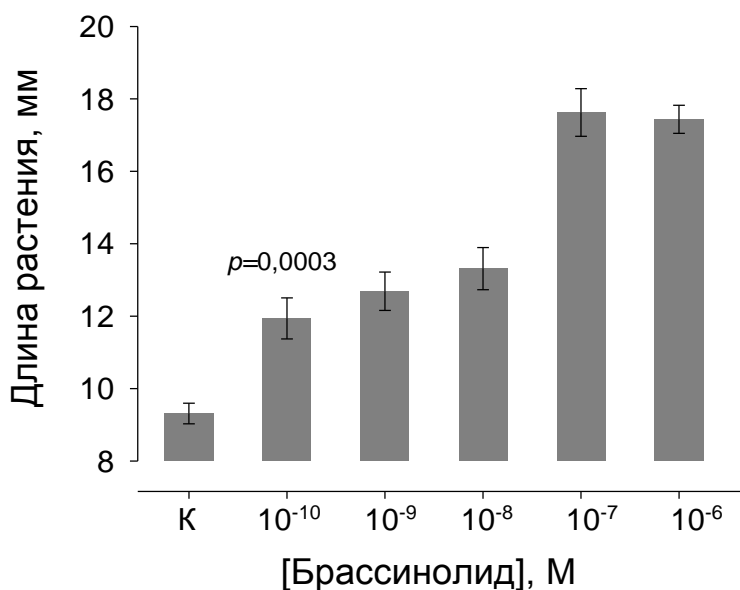
Для культур *in vitro* орхидных влияние БС к настоящему времени не изучено. В связи с чем использование данной высоко перспективной группы регуляторов роста и развития высших растений и изучение их влияния на физиологические характеристики декоративных орхидей в культуре *in vitro* представляет большой интерес как с точки зрения фундаментальной биологии, так и с позиций биотехнологии.

Целью работы было выявление особенностей воздействия шести основных брасиностероидов на рост и дифференцировку протокорм-подобных тел *Phalaenopsis* × *hybridum Blume* в культуре *in vitro*. Брасиностероиды, использованные в работе, были синтезированы в Институте биоорганической химии НАН Беларуси.

Объектом данного исследования являлась культура *in vitro* протокорм-подобных тел *Phalaenopsis* × *hybridum Blume*, полученная из семян с использованием стандартных подходов [2, 4] (рисунок). Семена проращивались на безгормональной среде Fast [3] (0,8% агар, темнота, 25 °С, 90 сут), модифицированной мезоинозитом (10 мг/л), FeNa₂-EDTA (5 мл/л),

гуматом калия (10 мг/л), пептоном (2 г/л), дрожжевым экстрактом (2 г/л), фруктозой (8 г/л), сахарозой (12 г/л), активированным углём (2 г/л). Проросшие семена переносились на свет (16 ч свет/8 ч темнота) на 30 сут, что приводило к формированию первичной культуры протокорм-подобных тел. Выделенные из первичной культуры протокормы переносились на среды, дополненные БС: brassinolid (БЛ), 24-эпибрасинолид (ЭБ), 28-гомобрасинолид (ГБ), кастастерон (КС), 24-эпикастастерон (ЭК) и 28-гомокастастерон (ГК) в концентрациях от 10^{-10} до 10^{-6} М и ауксинами: индолил-3-уксусная кислота (ИУК), индолил-3-масляная кислота (ИМК), 1-нафтилуксусная кислота (НУК) и 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота (2,4-Д) в концентрациях 0,3; 1 и 5 мг/л для каждого ауксина соответственно. Каждый вариант проводился в трёхкратной повторности. В качестве контроля использовалась безгормональная среда Fast. Анализировалось изменение длины и массы протокормов на 100 сут после переноса на среды с тестируемыми агентами.

Введение в среду БС вызывало усиление ростовых процессов, что выражалось в увеличении длины протокормов и приросте их массы. Наибольшим стимулированием длины растений обладал БЛ (рисунок). Он вызывал достоверное увеличение скорости роста по сравнению с контролем на 28% в концентрации 10^{-10} М. Было обнаружено постепенное усиление эффекта при использовании более высоких уровней данного фитогормона. При концентрации БЛ 10^{-7} М наблюдалось двукратное увеличение длины микрорастений *Phalaenopsis* × *hybridum* Blume по сравнению с контрольными образцами. Схожие результаты БЛ показал и в увеличении массы растений. Максимальный эффект достигался при концентрации 10^{-6} М – увеличение массы почти в 2,5 раза.



Длина микрорастений, сформировавшихся из протокормов через 100 сут после обработки БС ($X \pm Sx$; $n = 16$); К – контрольные условия (безгормональная среда Fast)

Рисунок – Эффект 10^{-10} – 10^{-6} М брасинолида на рост микрорастений *Phalaenopsis* × *hybridum* Blume

Наибольший прирост массы наблюдался при обработке микрорастений ЭБ. Не смотря на отсутствие достоверных результатов при минимальной исследуемой концентрации, уже при уровне данного фитогормона 10^{-9} М была выявлена стимуляция на 63%. Максимальный эффект вызывала концентрация 10^{-7} М, наблюдалось увеличение массы в 2,7 раза. ЭБ также оказался весьма эффективным при увеличении длины микрорастений и показал схожие с БЛ результаты. Биомасса растений в концентрации 10^{-7} М достигала близкого двукратному приросту.

ЭК оказывал схожую с ЭБ и БЛ стимуляцию прироста массы. ЭК проявлял высокую эффективность только при добавлении в среду высоких концентраций – 10^{-7} и 10^{-6} М. Прирост длины при обработке ЭК был выявлен и при низких концентрациях, но был незначительным. При увеличении концентрации гормона до 10^{-7} М эффект увеличивался до 72%.

КС и ГК продемонстрировали закономерное увеличение показателей массы и длины растений с повышением действующих концентраций. Максимальный эффект достигался при концентрации 10^{-6} М: увеличение длины по сравнению с контрольными результатами составляло 76%, прирост массы достигал двукратного увеличения. 10^{-10} М ГК не показала статистически достоверных данных по увеличению длины растений. Отсутствие достоверных результатов при низких концентрациях было обнаружено и при добавлении другого синтетического аналога КС – ЭК, что может являться следствием более слабых стимулирующих эффектов данных гормонов по сравнению с их природным аналогом. ГБ показал достоверное увеличение массы и длины растений во всем спектре исследуемых концентраций. Повышение концентраций до 10^{-7} - 10^{-6} М не дало ожидаемого увеличения показателей массы и длины, наблюдаемое при использовании других БС. Таким образом ГБ вызывал наименьшую стимуляцию роста по сравнению с другими исследуемыми БС.

Было проведено сравнение эффекта БС с классическими эффектами ауксинов. В отношении массы растений среди ауксинов лучшие результаты продемонстрировала НУК, вызвав увеличение массы растений в 2 и 3 раза по сравнению с контролем в концентрациях 0,3 и 1 мг/л соответственно. Максимальное влияние на длину растений также было выявлено при добавлении в среду НУК, при этом наблюдалось увеличение длины в 2 раза при концентрации 1 мг/л и прирост на 50% в концентрациях 0,3 и 5 мг/л. Добавление в среду 2,4-Д также демонстрировало значительные эффекты стимуляции ростовых процессов. Наблюдался прирост массы в 2,3 раза и увеличение длины на 83%. ИМК и ИУК показали схожие результаты по приросту массы во всех исследуемых концентрациях, достигая двукратного увеличения. Относительно увеличения длины наблюдалась зависимость увеличения роста растений от повышения концентрации, максимальная прибавка была выявлена при 5 мг/л и составила 55%.

На основании полученных данных можно сделать следующие выводы: 1) адаптированная в работе техника семенного размножения в стерильных условиях и поддержания культуры протокорм-подобных тел *Phalaenopsis* × *hybridum* Blume *in vitro* позволяет производить микрорастения важнейших форм декоративных орхидей в промышленных масштабах; 2) испытание основных природных и синтетических БС показало высокую эффективность включения данных фитогормонов в среду выращивания для стимуляции ростовых процессов. Максимальный эффект оказывали БЛ и ЭБ, введенные в концентрации 10^{-7} М. Они вызывали двукратное ускорение роста и набора биомассы; 3) сравнение эффектов БС и ауксинов показало, что БС оказывают более сильное стимулирующее воздействие на рост культуры протокорм-подобных тел *Phalaenopsis* × *hybridum* Blume *in vitro*, чем ауксины. Среди протестированных ауксинов, только НУК, введенная в концентрации 1 мг/л, оказывала схожий с БС стимулирующий эффект.

Список литературы

1. Ahammed, G.J. Role of brassinosteroid in plant adaptation to abiotic stresses and its interplay with other hormones / G.J. Ahammed [et al.] // Curr. Protein Pept. Sci. – 2015. – Vol. 16, № 5. – P. 462-473.
2. Balilashaki, K. Capsule formation and asymbiotic seed germination in some hybrids of *Phalaenopsis*, influenced by pollination season and capsule maturity / K. Balilashaki [et al.] // Physiol Mol Biol Plants. – 2015. – Vol. 21, № 3. – P. 341-347.
3. Fast, G. *Orcideen kultur* / G. Fast. – Stuttgart: Ulmer, 1980. – 460 s.
4. Paek, K.Y. Micropropagation of *Phalaenopsis* orchids via protocorms and protocorm-like bodies / K.Y. Paek [et al.] // Methods Mol Biol. – 2011. – Vol. 710. – P.293-306.
5. Steven, D. Brassinosteroids: essential regulators of plant growth and development / D. Steven [et al.] // Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. – 1998. – Vol. 49. – P. 427-451.

ВЛИЯНИЕ ФУЛЛЕРЕНОЛА НА ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ *ARABIDOPSIS THALIANA* И *THELLUNGIELLA HALOPHILA*

П.А. Драгун, О.В. Молчан

Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича
Национальной академии наук Беларуси»; Минск, Беларусь, e-mail: polina.dragoon@gmail.ru

В работе представлены результаты исследования влияния фуллеренола на морфометрические и физиолого-биохимические показатели Arabidopsis thaliana и Thellungiella halophila. Установлено, что высокая концентрация фуллеренола приводит к ингибированию роста растений, а также снижению накопления сухой массы и длины надземной части проростков. Обработка фуллеренолом снижает содержание эндогенного NO в листьях Arabidopsis thaliana и Thellungiella halophila. Содержание ферментов антиоксидантной системы в проростках Arabidopsis thaliana и Thellungiella halophila увеличивается при воздействии фуллеренола. Обработка растений фуллеренолом в высокой концентрации повышает скорость выделения кислорода при фотосинтезе и дыхания в листьях Arabidopsis thaliana и Thellungiella halophila.

В настоящее время стремительно стала развиваться нанотехнология в нескольких отраслях, а именно в энергетике, компьютерных технологиях, здравоохранении медицинской диагностики и биотехнологии [2].

Наночастицы фуллерена представляют собой молекулу углерода в виде поллой сферы, или эллипсоида. Фуллеренол – полигидроксिलированный водорастворимый фуллерен – одна из форм углеродных наночастиц. Они легко проникают внутрь клеток, вызывая изменения метаболизма, что может приводить к повышению урожайности растений, концентрации биоактивных веществ и т.д. Наночастицы обладают уникальными физическими и химическими свойствами, однако молекулярные механизмы их биологической активности изучены слабо [1].

Цель данной работы - исследовать влияние фуллеренола в различных концентрациях на динамику прорастания семян, длину и массу проростков, содержание низкомолекулярных антиоксидантов и активность ферментов антиоксидантной системы, а также скорости выделения кислорода при фотосинтезе и дыхания.

В качестве объектов исследования использованы растения *Arabidopsis thaliana* и *Thellungiella halophila*. Это хорошо изученные модельные объекты с расшифрованным геномом, имеющие короткий жизненный цикл, легко выращиваются в лабораторных условиях. *Arabidopsis thaliana* и *Thellungiella halophila* эволюционно различаются по способности и стратегии противодействовать токсическому и осмотическому действию солей, засухи, а также других стрессовых факторов. Семена *Arabidopsis thaliana* и *Thellungiella halophila* проращивали при 18°C в полной темноте или при люминесцентном освещении (фотопериод 16/8 ч.) на фильтровальной бумаге в стерильных чашках Петри. 7-30 дневные растения выращивали с использованием грунта на основе верхового торфа при люминесцентном освещении (фотопериод 16/8 ч.). Фуллеренол использовали в широком диапазоне концентраций – от 0,001 мг/л до 100 мг/л. Определение энергии прорастания и всхожести проводили на 3 и 7 сутки, соответственно. Изучение влияния фуллеренола на содержание низкомолекулярных антиоксидантов, а также активность пероксидазы и каталазы производили стандартными спектрофотометрическими методами с использованием СФ-2000. Скорости дыхания и выделения кислорода при фотосинтезе (мкмоль/м²*с) в листовой пластинке определяли с использованием измерительной системы PlantVital 5030 (Германия). Измерения проводили в 3-х кратной повторности.

На начальном этапе работы было изучено влияние фуллеренола в различных концентрациях на энергию прорастания семян *Arabidopsis thaliana* и *Thellungiella halophila*. Выявлено, что фуллеренол в концентрации 100 мг/л снижал прорастание семян на 10 % в сравнении с контролем. Энергия прорастания семян *Thellungiella halophila* при обработке фуллеренолом в концентрации 5 мг/л и 10 мг/л не отличалась от контроля. При этом воздействие фуллеренола в концентрации 10 мг/л *Arabidopsis thaliana* увеличивало энергию прорастания на 13 % в сравнении с контролем. Показано также, что всхожесть семян при обработке фул-

леренолом в высокой концентрации (50 и 100 мг/л) снижается в среднем на 30 %. В тоже время, семена, обработанные фуллеренолом в более низкой концентрации (от 0,001 до 0,5 мг/л), характеризовались увеличением всхожести.

Было изучено также влияние водорастворимого фуллерена на такие морфометрические параметры как масса и длина проростков. Показано, что обработка семян фуллеренолом в концентрации от 0,5 до 5 мг/л увеличивает сухую массу исследуемых проростков. Наряду с этим, обработка фуллеренолом в высокой концентрации (от 10 до 100 мг/л) снижает их длину в среднем на 5-6 мм.

В рамках данной работы было также изучено влияние фуллеренола на содержание эндогенного оксида азота в 11-ти дневных этиолированных проростках *Arabidopsis thaliana* и *Thellungiella halophila*.

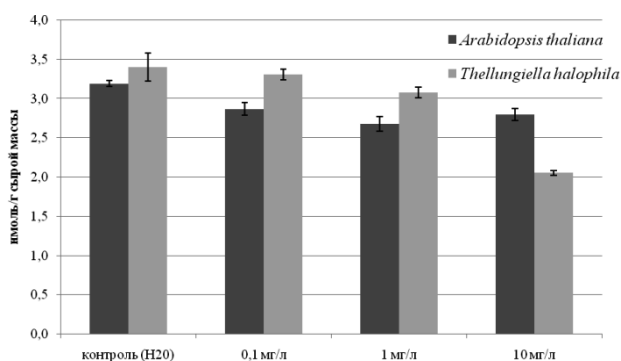


Рисунок 1 – Влияние фуллеренола на содержание эндогенного NO в 11-дневных проростках

Было показано, что обработка растений фуллеренолом снижает содержание эндогенного NO. Так, воздействие фуллеренола в высокой концентрации (10 мг/л) снижает уровень данной активной формы кислорода в листьях *Thellungiella halophila*. Наибольшее уменьшение содержания NO в листьях *Arabidopsis thaliana* наблюдается при обработке фуллеренолом в концентрации 1 мг/л.

Изучено влияние фуллеренола на активность некоторых ферментов антиоксидантной системы 7-ми дневных зеленых и этиолированных проростков *Arabidopsis thaliana* и *Thellungiella halophila*. Было показано, что обработка фуллеренолом в целом, а особенно в высокой концентрации (10 мг/л) повышает активность пероксидазы как в зеленых, так и в этиолированных проростках *Arabidopsis thaliana* в 2,2 раза в сравнении с контролем. Выявлено, что с ростом концентрации фуллеренола повышается активность пероксидазы в зеленых проростках *Thellungiella halophila*. Самой высокой пероксидазной активностью характеризовались проростки, обработанные фуллеренолом в концентрации 10 мг/л. В данном случае активность фермента увеличивалась почти в 5 раз в сравнении с контролем.

Также исследовали влияние фуллеренола на активность каталазы в проростках. Показано, что обработка семян фуллеренолом также повышает активность каталазы в зеленых и этиолированных проростках. Достаточно высокая активность каталазы в сравнении с контролем (в 5-6 раз) наблюдается в зеленых проростках *Arabidopsis thaliana* и *Thellungiella halophila* при обработке фуллеренолом в низкой концентрации – 0,01 мг/л.

При изучении влияния фуллеренола на скорости выделения кислорода при фотосинтезе и темнового дыхания в листьях 30-дневных растений *Arabidopsis thaliana* и *Thellungiella halophila*, было выявлено, что обработка наночастицами в концентрации 100 мг/л повышает фотосинтетическую активность и скорость дыхания в *Arabidopsis thaliana*. Фуллеренол в концентрации 50 мг/л в большей степени, чем остальные исследуемые концентрации, стимулирует скорость фотосинтетического выделения кислорода и интенсивность дыхания в листьях *Thellungiella halophila*. Также наблюдали незначительное снижение данных показателей относительно контрольного варианта под влиянием фуллеренола в концентрациях 5 мг/л, 10

мг/л и 100 мг/л. При этом средняя скорость выделения кислорода при фотосинтезе и дыхания у *Thellungiella halophila* выше, чем у *Arabidopsis thaliana*.

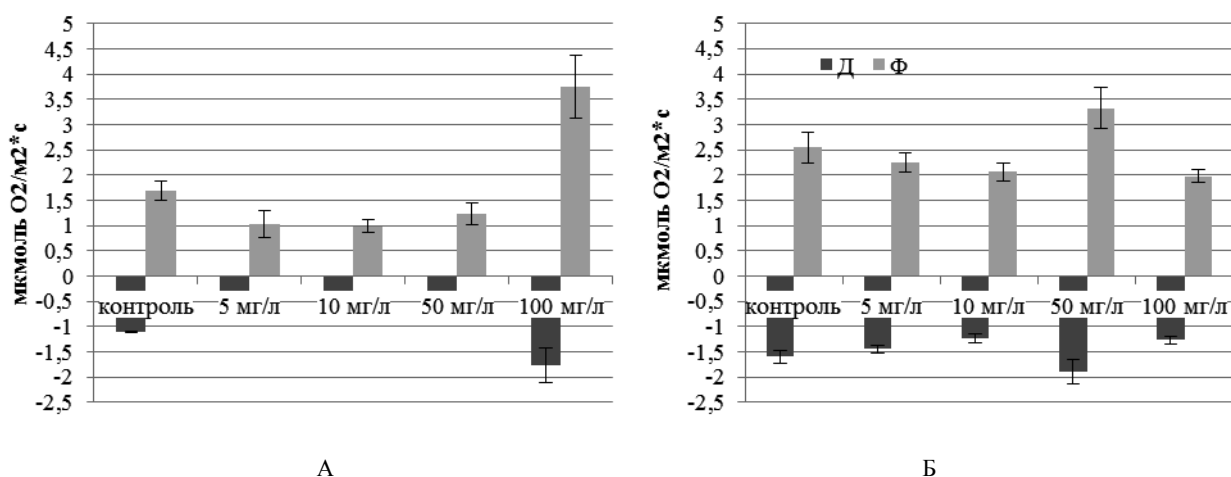


Рисунок 2 – Влияние фуллеренола на скорость выделения кислорода при фотосинтезе и скорость дыхания в листьях *Arabidopsis thaliana* (А) и *Thellungiella halophila* (Б)

Таким образом, обработка фуллеренолом влияет на многие показатели в проростках и листьях *Arabidopsis thaliana* и *Thellungiella halophila*. Результаты данной работы могут быть использованы в дальнейшем изучении влияния фуллеренола на различные морфофизиологические и биохимические параметры не только *Arabidopsis thaliana* и *Thellungiella halophila*, но и других высших растений.

Список литературы.

1. Husen, A. Carbon and fullerene nanomaterials in plant system / A. Husen, K. S. Siddiqi // Journal of Nanobiotechnology. – 2014.- V. 12. – P. 16.
2. X. Zhou, M. Torabi, J. Lu, R. Shen, and K. Zhang, “Nanostructured energetic composites: synthesis, ignition/combustion modeling, and applications,” ACS Applied Materials and Interfaces, vol. 6, no. 5, pp. 3058–3074, 2014.

ОКСИД АЗОТА И ЭТИЛЕН ВОВЛЕЧЕНЫ В ПРОЛИФЕРАЦИЮ КУЛЬТИВИРУЕМЫХ КЛЕТОК *ARABIDOPSIS THALIANA*

А.А. Фоменков

Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН; Москва, Россия, e-mail: Artem.Fomenkov@gmail.com

В работе продемонстрировано, что оксид азота (NO) может работать зависимым от концентрации способом в качестве модулятора клеточного цикла. Эта регуляторная функция NO, а также его влияние на продукцию этилена определяется активностью компонента передачи сигнала этилена – белка EIN2.

Как известно, этилен может влиять на клеточный цикл (КЦ), однако механизмы этого процесса до сих пор исследованы недостаточно. Например, J. Love с соавт. [4] показали, что этилен стимулирует деления клеток в меристеме камбия. С другой стороны, при осмотическом стрессе происходит остановка КЦ параллельно с увеличением содержания 1-аминоциклопропан-1-карбоновой кислоты (АЦК) — непосредственного предшественника этилена в растениях — и активацией сигнального пути этилена в листьях *A. thaliana* [9]. Роль оксида азота в КЦ животных клеток хорошо изучена [5], чего нельзя сказать о влиянии NO на клетки растений. Предварительные результаты показывают роль NO в регуляции КЦ у растений. Например, Ötvös с соавт. [7] показал, что низкие концентрации NO позитивно влияют на переход G1/S КЦ, а Zhu с соавт. [10] продемонстрировали NO-индуцированное

накопление клеток в S-фазе КЦ при формировании адвентивных корней огурца из-за активации генов, вовлечённых в G1/S переход (CYCA, CYCB, CDKA, и CDKB). Niu и Guo [6] предположили что NO участвует в регуляции старения листьев, индуцированного темнотой через белок EIN2, который локализован в ЭПР [3] и является позитивным регулятором в передаче сигнала этилена у *A. thaliana*. Так как сигнальные пути NO и этилена часто взаимодействуют, то мы решили изучить роль этих двух молекул в КЦ культивируемых клеток, полученных из растений *A. thaliana* дикого типа (Col-0) и этилен-нечувствительного мутанта *ein2-1*.

Суспензионные культуры клеток *Arabidopsis thaliana* (L.) Heunh. дикого типа (экотип Коламбия, Col-0) и этилен-нечувствительного мутанта *ein2-1* культивировались на среде SH [8], содержащей 3% сахарозы, 1 мг/л 2,4-D и 0.1 мг/л кинетина. Клетки выращивали при постоянном перемешивании (110 оборотов в минуту), в темноте при 26°C.

Клетки обрабатывали свежеприготовленным раствором донора NO (нитропруссид натрия, SNP), который добавляли в среду культивирования в концентрациях от 2 до 10 000 мкМ. Клетки инкубировали с донором NO на свету (140 мкМ фотонов \times м $^{-2}$ \times с $^{-1}$) на орбитальном шейкере (110 оборотов в минуту) при 26°C. Все эксперименты проводились на четвёртые сутки в логарифмической фазе роста клеток.

Производство NO оценивалось в суспензии клеток, добавляя 5 мкМ DAF-FM DA (4-amino-5-methylamino-2',7'-difluorofluorescein diacetate), пероксинитрита (ONOO $^{-}$) с 5 мкМ APF (aminophenyl fluorescein), супероксида с 10 мкМ DHE (dihydroethidium), внутриклеточные активные формы кислорода с 1 мкМ DCFH-DA (dichlorodihydrofluorescein diacetate), используя прибор Turbophoon Trio $^{+}$ Imager (GE Healthcare). Концентрация этилена в культивируемых клетках измерялась по методу, описанному ранее [2] с использованием газовой хроматографии.

Клетки в S-фазе КЦ определяли по включению 5-этинил-2'-дезоксинуридина (EdU) во вновь синтезированную ДНК. После инкубации с EdU выделяли протопласты, фиксировали их и, используя клик-реакцию с азидом Alexa Fluor 488, выявляли включение EdU в ядерной ДНК, как было описано ранее [1]. ДНК окрашивали DAPI (4',6-diamidino-2-phenylindol) в концентрации 100 нг/мл. Окрашенные протопласты анализировали с помощью проточного цитометра Gallios (Beckman Coulter).

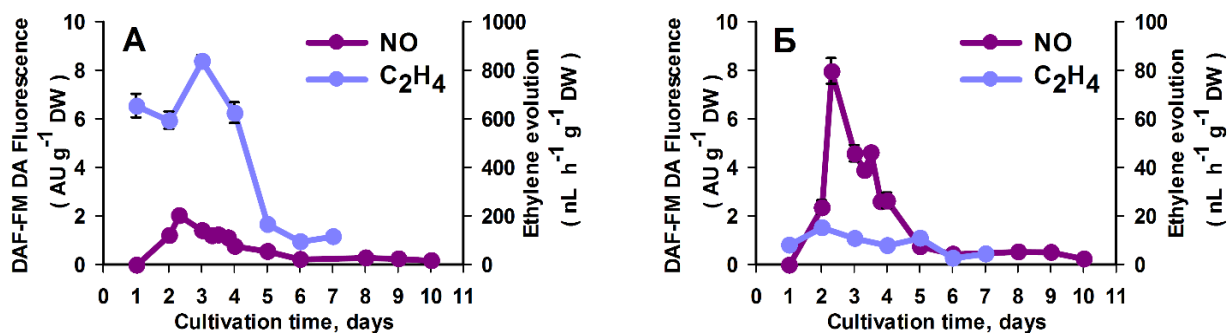


Рисунок 1 – Производство NO и этилена в течение периода субкультивирования клетками Col-0 (А) и *ein2-1* (Б).

Как NO, так и этилен главным образом продуцировались в первые 5 суток субкультивирования, которые соответствовали наиболее активному делению клеток (рисунок 1). При добавлении SNP в концентрациях 20 – 500 мкМ производство этилена значительно уменьшалось в клетках Col-0, но не изменялось в клетках *ein2-1* (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние донора NO на выделение этилена культивируемыми клетками Col-0 и *ein2-1*

SNP, мкМ	Производство этилена, нл \times г $^{-1}$ FW \times ч $^{-1}$	
	Col-0	<i>ein2-1</i>
0	54.6 \pm 0.3	0.65 \pm 0.20
20	46.3 \pm 1.6	0.65 \pm 0.07
100	28.7 \pm 0.3	0.84 \pm 0.14
500	25.8 \pm 2.1	0.85 \pm 0.22

Таблица 2 – Продукция активных форм кислорода (ROS) и активных форм азота (RNS) культивируемыми клетками Col-0 и *ein2-1*

ROS/RNS	Col-0	<i>ein2-1</i>
Супероксид	121.0 ± 13.4	189.3 ± 16.6
Пероксинитрит	125.3 ± 8.8	295.5 ± 16.1
Внутриклеточные АФК	127.7 ± 5.7	382.5 ± 9.2

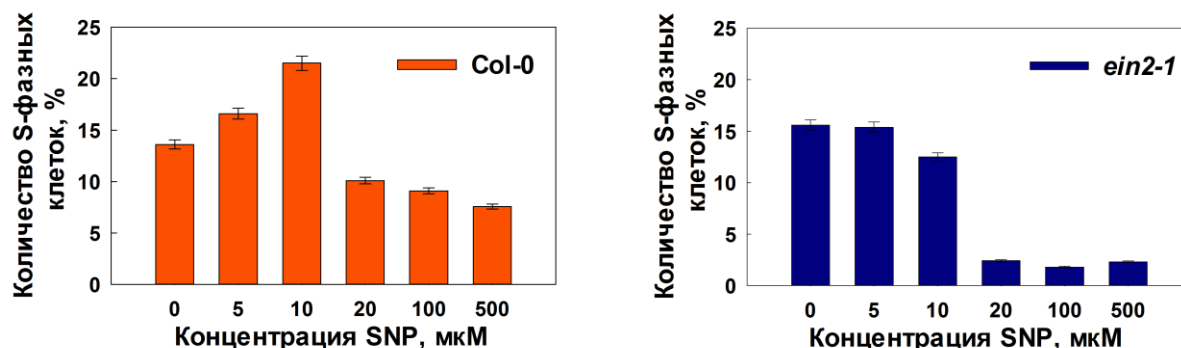


Рисунок 2 – Количество S-фазных клеток после 6 часов инкубации с SNP

Проточная цитометрия показала, что в клетках дикого типа обработка 5 и 10 мкМ SNP приводила к увеличению количества S-фаз, что говорит о стимуляции G1/S перехода в КЦ (рисунок 2). Однако при концентрации SNP ≥ 20 мкМ G1/S переход замедлялся. В мутанте *ein2-1* индекс S-фазных клеток не менялся при 5 и 10 мкМ SNP, но значительно падал при больших концентрациях донора NO (рисунок 2).

Вместе с этим, 5 мкМ SNP индуцировали транскрипцию генов, кодирующих циклины CDKA;1 и CYCD3;1 в клетках Col-0, в то время как транскрипция генов, кодирующих циклины и киназы существенно не изменялась у клеток *ein2-1* во всём диапазоне концентраций SNP (рисунок 3). Известно, что циклины D-типа (CDKA;1) контролируют G1/S переход, CYCA2;3 маркер G2/M перехода, а CYCB1;1 работают в митозе. Следовательно, для ответа на SNP необходим функционально активный EIN2. В клетках *ein2-1* обнаружено значительно большее содержание NO, АФК и пероксинитрита (таблица 2), что указывает на присутствие условий для NO-зависимых посттрансляционных модификациях белков, что может останавливать КЦ.

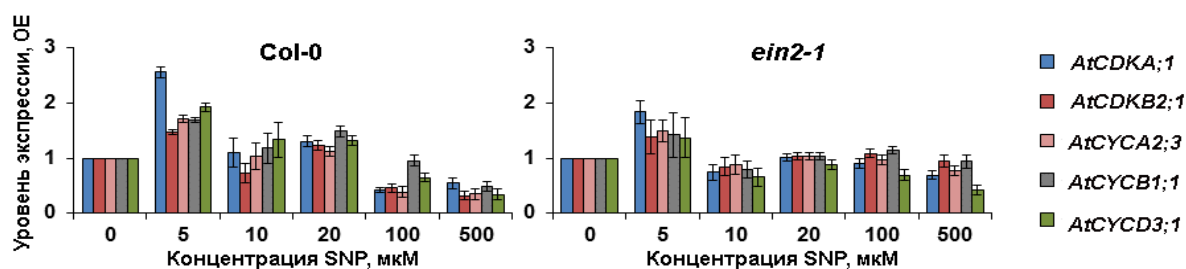


Рисунок 3 – Экспрессия циклинов (CYC) и циклин-зависимых киназ (CDK) в культивируемых клетках Col-0 и *ein2-1* после 6 часов инкубации с SNP.

Исходя из вышесказанного, можно предположить возможную модель эффектов NO/этилена на КЦ в культивируемых клетках *Arabidopsis*. В стандартных условиях выращивания культивируемые клетки Col-0 и *ein2-1* имеют противоположные уровни продукции этилена и NO, однако обладают сходной пролиферативной активностью, контролируемой соответствующими CDK и CYC. Обработка клеток Col-0 низкими концентрациями NO стимулирует G1/S переход из-за повышения экспрессии CDKA;1 и CYCD3;1. В клетках *ein2-1* с высоким эндогенным уровнем NO, низкие концентрации экзогенного NO не приводят к изменению количества S-фаз или экспрессии циклинов и киназ, а значит и к изменению КЦ. Высокие уровни внешнего NO в клетках дикого типа снижают экспрессию генов, связанных

с КЦ, что приводит к его замедлению. Обработка клеток *ein2-1* высокими концентрациями NO на фоне и без того значительного эндогенного содержания NO не оказывает значимого эффекта на экспрессию генов, ассоциированных с КЦ, однако резкое снижение числа S-фаз говорит об остановке G1/S перехода. Вероятнее всего имеют место NO-зависимые пост-трансляционные модификации белков, участвующих в регуляции КЦ.

Таким образом, мы предполагаем, что в культивируемых клетках *Arabidopsis* NO может работать зависимым от концентрации способом в качестве модулятора КЦ. Эта регуляторная функция NO определяется активностью компонента передачи сигнала этилена — белка EIN2.

В работе использовали оборудование УНУ ОБК ИФР РАН.

Список литературы

1. Носов А.В. [и др.]. Дополнительные возможности использования клик-реакции 5-этинил-2'-дезоксирибонуклеозидов // Физиология растений. 2014. № 6 (61). С. 893–904.
2. Ракитин В.Ю., Ракитин Л.Ю. Определение газообмена и содержания этилена, двуокси углерода и кислорода в тканях растений // Физиология Растений. 1986. № 2 (33). С. 403–413.
3. Bisson M.M. [и др.]. EIN2, the central regulator of ethylene signalling, is localized at the ER membrane where it interacts with the ethylene receptor ETR1. // The Biochemical journal. 2009. № 1 (424). С. 1–6.
4. Love J. [и др.]. Ethylene is an endogenous stimulator of cell division in the cambial meristem of Populus // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2009. № 14 (106). С. 5984–5989.
5. Napoli C. [и др.]. Effects of Nitric Oxide on Cell Proliferation // Journal of the American College of Cardiology. 2013. № 2 (62). С. 89–95.
6. Niu Y.H., Guo F.Q. Nitric Oxide Regulates Dark-Induced Leaf Senescence Through EIN2 in Arabidopsis // Journal of Integrative Plant Biology. 2012. № 8 (54). С. 516–525.
7. Ötvös K. [и др.]. Nitric oxide is required for, and promotes auxin-mediated activation of, cell division and embryogenic cell formation but does not influence cell cycle progression in alfalfa cell cultures // Plant Journal. 2005. № 6 (43). С. 849–860.
8. Schenk R.U., Hildebrandt A.C. Medium and techniques for induction and growth of monocotyledonous and dicotyledonous plant cell cultures // Canadian Journal of Botany. 1972. № 1 (50). С. 199–204.
9. Skirycz A. [и др.]. Pause-and-stop: the effects of osmotic stress on cell proliferation during early leaf development in Arabidopsis and a role for ethylene signaling in cell cycle arrest // The Plant cell. 2011. № 5 (23). С. 1876–1888.
10. Zhu Y. [и др.]. Nitric oxide is involved in hydrogen gas-induced cell cycle activation during adventitious root formation in cucumber // BMC Plant Biology. 2016. № 1 (16). С. 146.

СОДЕРЖАНИЕ УГЛЕВОДОВ И АНТОЦИАНОВ В ПРОРОСТКАХ КУКУРУЗЫ ПРИ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН РАЗНОГО КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

Т.В. Фролова¹, В.А. Люшкевич²

¹Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»; Минск, Беларусь, e-mail: frolovatv9209@gmail.com

²Государственное научное учреждение «Институт физики им. Б.И. Степанова Национальной академии наук Беларуси»; Минск, Беларусь, e-mail: verolyu@tut.by

Изучены изменения уровня накопления углеводов и антоцианов в проростках кукурузы в ответ на обработку семян различного качества высокочастотным электромагнитным полем (ЭМП). Предварительная обработка семян ЭМП способствует повышению их устойчивости к неблагоприятным факторам умеренной силы, действующим при хранении. Проростки кукурузы более активно, по сравнению с растениями из необработанных семян, растут и накапливают биомассу. Кроме этого, в процессе адаптации проростки интенсивно аккумулировали антоцианы.

В последние годы активно развиваются новые методы предпосевной обработки семенного материала, основанные на воздействии электромагнитных полей. Перспективность использования этих методов в сельском хозяйстве обусловлена высокой биологической актив-

ностью электромагнитных полей, и при этом, вероятно, они могут являться индукторами устойчивости растений. Их использование целесообразно как в системах интегрированной защиты растений, так и в экологизированных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур без применения или при ограниченном применении химических средств защиты [1, 2]. Целью настоящего исследования являлось изучение изменений уровня накопления углеводов и антоцианов в проростках кукурузы в ответ на обработку семян различного качества высокочастотным электромагнитным полем.

Семена кукурузы гибрида «Полесский 212 СВ» выравнены по влажности над насыщенным раствором хлористого кальция при постоянной температуре 20-22⁰С и поделены на партии. Первая партия – семена, обработанные высокочастотным электромагнитным полем – 15 мин при атмосферном давлении. Одну часть этой партии (ЭМП) выдерживали при +12⁰С в закрытых емкостях (благоприятные условия хранения), другую часть (ЭМП-УСЗ) использовали в тесте на устойчивость к высокой температуре и влажности воздуха ускоренное старение [3]. При проведении теста на ускоренное старение семена выдерживали 3-е суток – «умеренный стресс» при температуре 50⁰С и 75%-ной влажности воздуха. Другую партию семян (УСЗ-ЭМП) сначала подвергли тесту на ускоренное старение, а затем обработали высокочастотным электромагнитным полем. Таким образом было получено три опытные группы семян разного качества. Контролем служили семена, не подвергавшиеся ускоренному старению. Оценивали биометрические показатели корней и листьев 7-дневных проростков, выращенных в рулонах на воде. Определение содержания растворимых углеводов проводили по [4], суммы антоцианов по [5]. Статистическую обработку данных осуществляли общепринятыми методами [6]. В таблице и на диаграммах указаны средние значения с отклонениями, указывающими величину стандартной ошибки средней арифметической.

Неблагоприятные условия хранения (в течение 3-х суток) вызвали замедление роста и уменьшение размеров и массы проростков, развивающихся из необработанных семян. Отмечена стимуляция роста и развития корневой системы проростков при обработке семян ЭМП в оптимальных условиях хранения. В то же время умеренные стрессовые условия ускоренного старения не оказали негативного влияния на рост и развитие проростков кукурузы, выращенных из семян, предварительно обработанных ЭМП. По отдельным морфофизиологическим показателям они даже превосходили растения варианта ЭМП, где семена не подвергались стрессовым воздействиям (таблица).

Таблица – Морфометрические показатели 7-дневных проростков кукурузы при обработке семян разного качества ЭМП

	Длина побега, см	Сырая масса побега, г	Длина корней, см	Сырая масса корней, г
Контроль	8,6±0,55	0,303±0,011	12,8±0,23	0,270±0,012
УС 3- контроль	8,2±0,24	0,279±0,005 ^a	12,2±0,13 ^a	0,271±0,017
ВЧ ЭМП	8,1±0,35	0,305±0,005 ^b	13,7±0,08 ^{ab}	0,311±0,007 ^{ab}
ВЧ ЭМП-УСЗ	8,4±0,20	0,318±0,010 ^b	13,7±0,34 ^{ab}	0,329±0,001 ^{ab}
УСЗ-ВЧ ЭМП	8,5±0,15	0,320±0,008 ^b	12,7±0,27	0,307±0,017
<i>HCP₀₅</i>	-	0,024	0,6	0,038

Примечание: а – достоверные отличия от оптимального контроля; в – достоверные отличия от стрессового контроля (УСЗ).

Выдерживание семян в условиях ускоренного старения и последующая обработка ЭМП также нивелировала повреждающее действие неблагоприятных условий хранения, проростки по морфологическим показателям не отличались от растений контрольного варианта.

Известно, что одной из защитных систем, вносящих значительный вклад как в конститутивную, так и в индуцированную устойчивость, является антиоксидантная (АО) система [7]. Более того, по современным представлениям, она рассматривается как фактор, во многом определяющий перекрестную устойчивость растений к стрессорам различной природы [8]. Стрессовые факторы разной природы в нелетальных дозах, умеренно усиливая накопление АФК (активных форм кислорода) и перекисидацию липидов, вызывают активацию антиоксидантных систем. В свою очередь АО система включает в себя широкий спектр соединений

как белковой природы, так и низкомолекулярных. К подобным метаболитам относятся пролин, полиамины, а также вещества фенольной природы, такие как антоцианы, каротиноиды, флавоноиды, растворимые фенолы и другие [9]. Отдельно отмечается высокая антиоксидантная активность антоцианов [9,10], которые способны эффективно деактивировать супероксидные анион-радикалы. Достаточно давно известно, что сахарам присущи также и антиоксидантные свойства, обусловленные способностью связывать свободные радикалы. Допускают, что при действии абиотических стрессоров растворимые углеводы как перехватчики свободных радикалов могут защищать макромолекулы и структуры клеток от окислительных повреждений [11-13].

Выдерживание семян в стрессовых условиях ускоренного старения вызвало незначительное увеличение содержания антоцианов в побегах и существенное их накопление в корнях, на 41,2% больше, чем у проростков из необработанных семян, причем обработка семян ЭМП также способствовала увеличению их на 41,2% в корнях и некоторому снижению их содержания в побегах (рисунок).

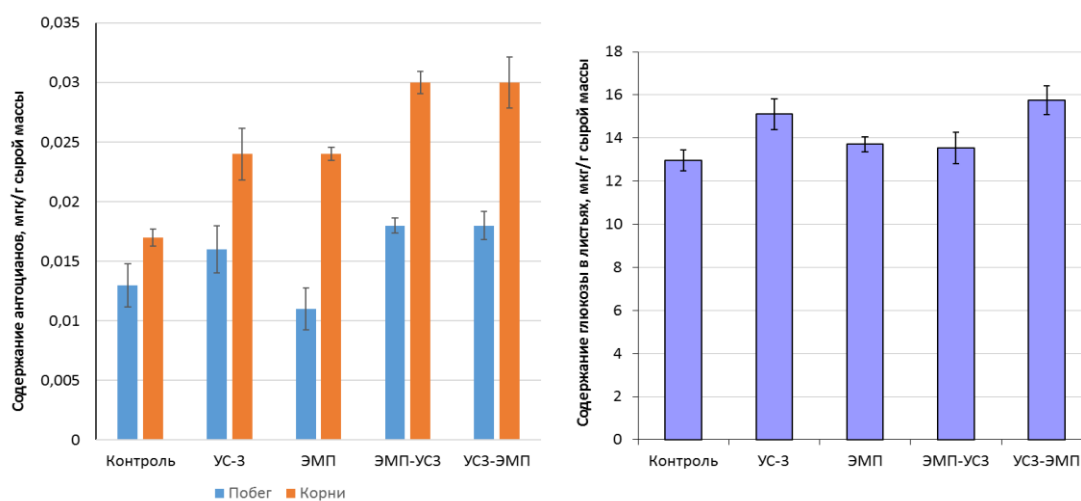


Рисунок – Содержание антоцианов и глюкозы в проростках кукурузы при обработке семян разного качества ЭМП

Хранение семян в условиях ускоренного старения с предварительной обработкой ЭМП или электромагнитное воздействие после инкубирования семян в неблагоприятных условиях индуцировали значительную аккумуляцию антоцианов (на 38,5% в побегах и на 76,5% в корнях) по сравнению с оптимальным контролем и на 12,5 и 25% соответственно в сравнении с проростками из варианта - контроль УС-3. Содержание водорастворимых углеводов (глюкозы) при ускоренном старении необработанных семян выросло на 16,7% в побегах проростков. Уровень глюкозы существенно не изменялся при предварительной обработке семян ЭМП, хранившихся в оптимальных и неблагоприятных условиях. Умеренный стресс при хранении семян с последующей их обработкой ЭМП привел к увеличению накопления глюкозы в побегах на 21,8% и ее уровень достоверно не отличался от значений в побегах растений из стрессового контроля.

Таким образом, предварительная обработка семян ЭМП способствует повышению их устойчивости к неблагоприятным факторам умеренной силы, действующим при хранении. Подтверждением служит тот факт, что проростки кукурузы более активно, по сравнению с растениями из необработанных семян, растут и накапливают биомассу. Кроме этого, в процессе адаптации проростки интенсивно аккумулируют антоцианы, обладающие выраженным антиоксидантным эффектом, однако увеличения накопления глюкозы не выявлено. Выдерживание необработанных семян в стрессовых условиях с последующей обработкой семян ЭМП, по-видимому, также способно индуцировать формирование перекрестной устойчивости растений, сопровождающуюся аккумуляцией антоцианов и растворимых углеводов.

Список литературы

1. Влияние высокочастотной электромагнитной обработки семенного материала зернобобовых культур на их посевные качества и продуктивность / В.В. Ажаронок, [и др.]. // Электрическая обработка биологических объектов и пищевых продуктов. – 2009. – Т.45, №4. – С. 76-86.
2. Пушкина Н.В. Особенности ускоренного старения семян кукурузы при обработке электромагнитным полем сверхвысокочастотного диапазона / Н.В. Пушкина, В.П. Курченко, Ж.Н. Калацкая // Ботаника (исследования): Сборник научных трудов. - 2015. – Вып. 44 – С. 307 – 314.
3. Алексейчук Г.Н. Физиологическое качество семян сельскохозяйственных культур и методы его оценки / Г.Н. Алексейчук, Н.А. Ламан. – Минск: Право и экономика, 2005. – 48 с.
4. Карманенко Н.М. Колориметрический метод определения сахаров в растительном материале / Н.М. Карманенко, О.Ф. Казанцева // Агрохимия. – 1986. – № 1. – С. 107-110.
5. Муравьева Д.А. Бубенчикова В.Н., Беликов В.В. Спектрофотометрическое определение суммы антоцианов в цветах василька синего // Фармакология. – 1987., Т.36. - С. 28-29.
6. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий – Минск: Вышэйш. школа, 1973. – 320 с.
7. Primary antioxidant free radical scavenging and redox signaling pathways in higher plant cells / Н.В. Shao [et al.] // Int. J. Biol. Sci.- 2008. -V. 4. - P. 8–14.
8. Радюкина Н.Л., Тоайма В.И.М., Зарипова Н.Р. Участие низкомолекулярных антиоксидантов в кросс-адаптации лекарственных растений к последовательному действию UV-B облучения и засоления // Физиология растений. - 2012. - Т. 59. - С. 80–88.
9. Колупаев Ю.Е. Антиоксиданты растительной клетки их роль в АФК-сигналинге и устойчивости растений // Успехи современной биологии. - 2016. - Т.136, №2. – С. 181- 198.
10. Функции и свойства антоцианов растительного сырья / А.М. Макаревич [и др.]. // Труды БГУ. - 2010. - Т.4, Вып. 2. - С. 1–11.
11. Аверьянов А.А. Активные формы кислорода и иммунитет растений // Успехи соврем. биологии. – 1991. – Т. 111, Вып. 5. – С. 722-737.
12. Синькевич М.С., Дерябин А.Н., Трунова Т.И. Особенности окислительного стресса растений картофеля с измененным углеводным метаболизмом // Физиология растений. - 2009. - Т. 56. - С. 186-192.
13. Колупаев Ю. Е., Ястреб Т. О. Физиологические функции неэнзиматических антиоксидантов растений // Вісник Харківського Національного Аграрного Університету. Серія біологія. - 2015, Вип. 2 (35). - С. 6-25.

ВЛИЯНИЕ БРАССИНОСТЕРОИДОВ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ОДНОЛЕТНИХ ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ КУЛЬТУРЫ ПОРТУЛАКА

Т.В. Каленчук¹, Т.В. Юнкевич¹, А.Г. Чернецкая²

¹Учреждение образования «Полесский государственный университет»; Пинск, Беларусь, e-mail: chrysanthemum@list.ru

²Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета; Минск, Беларусь, e-mail: chealval@gmail.com

*Рассматривается влияние brassinosteroidов на прорастание семян (в зависимости от длительности срока хранения), рост и развитие однолетних декоративных растений культуры портулака. Установлено, что применение brassinosteroidов на цветочно-декоративной культуре *Portulaca grandiflora* вызывает увеличение высоты растения и диаметра корзинки относительно контроля в концентрации эпибрасинолид 0,00025%.*

Рост и развитие растений – центральная проблема физиологии растений. Решающая роль в регуляции ростовых процессов в настоящее время отводится фитогормонам. Новыми фитогормонами интенсивно изучаемыми последние годы являются brassinosteroidы биологически активные вещества отечественного производства. В настоящее время в исследовании фитогормонов достигнуты крупные успехи по применению их в сельском хозяйстве, пчеловодстве, животноводстве [5].

Фитогормоны достаточно широко используются для решения различных вопросов в растениеводстве: ускорение или торможение роста растений, повышение урожайности, выведение семян из состояния покоя и др. [1]. Литературный анализ современного состояния этой сферы выявил отсутствие обобщенных данных по применению данных препаратов на цветочно-декоративных культурах.

Для успешной интродукции декоративных однолетних растений большое значение имеет изучение вопросов качества семян и длительности сохранения семенами жизнеспособности. Прорастание семян представляет собой сложный процесс, зависящий, как известно, от многих условий: температуры, влажности, освещения, физиологических особенностей самих семян, заложенных в процессе эволюции, их географическом происхождением, условиями роста маточников, а также длительности и условий хранения.

Семена однолетних растений зачастую находятся в вынужденном покое. Наряду с ним у семян многих растений выработалась способность к органическому покою [2]. Семена растений, выходцев из тропических и субтропических областей, засушливых тропических областей, умеренной зоны, присущ как морфологический покой, так и физиологический, а также их комбинации. Нарушение этих состояний можно вызвать различными внешними воздействиями [4]. Энергичное прорастание увлажненных семян наблюдается при их прогревании или охлаждении, либо при чередовании этих факторов. Если семена утратили первоначальную всхожесть с течением времени, вернуть ее помогают стимуляторы роста – гиббереллины, цитокины, ауксины, брассиностероиды.

Разработка методов и способов применения биостимуляторов для повышения декоративности и устойчивости растений к неблагоприятным факторам окружающей среды является одним из приоритетных направлений в развитии отечественного цветоводства [3].

В этой связи объектом нашего исследования была выбрана декоративно – цветочная однолетняя культура *Portulaca grandiflora*. Исследуемый объект обладает высокими декоративными качествами, применяется в озеленении, отличается разнообразием жизненных форм и ритмикой сезонного развития.

Портулак (*Portulaca*) – это травянистое растение, принадлежащее к семейству портулаковые. Листья плоские или цилиндрической формы, высота растений не более 20 см и около 15 см в ширину. Соцветия состоят из пяти лепестков и приобретают различные цвета: от розового до красного, вплоть до фиолетового. Плоды имеют форму капсул, которые содержат очень мелкие семена. Семена обладают терапевтическими свойствами и используются в кулинарии для приготовления салатов.

Цель данной работы – определение влияния 24-эпибрассинолида (ЭБ) на прорастание семян культур *Portulaca sp.*, находящихся на краткосрочном и длительном хранении, но в пределах своего срока жизнеспособности, а также влияние обработки семян брассиностероидами на декоративные качества растений в условиях закрытого грунта на традиционном субстрате. Эксперимент проводился на базе НИЛ клеточных технологий в растениеводстве УО «Полесский государственный университет» и состоял из двух этапов: определение всхожести семян и измерение морфометрических параметров сеянцев на всех стадиях развития.

На первом этапе семена замачивали на 24 часа в водном растворе эпибрассинолида в пяти концентрациях (0,000125%; 0,00025%; 0,000375%; 0,0005%; 0,00075%), контроль в дистиллированной воде. Методика обработки состояла в следующем: в чашки Петри на ложе из фильтровальной бумаги помещали семена в количестве 100 шт в трехкратной повторности. Проращивание выполняли в термостате при температуре 30°C и 12- часовом освещении интенсивностью 15 тыс. лк. Подсчет проросших семян проводили в течении рекомендованных сроков по ГОСТ 24933.2-81 (рисунок).

Использование водного раствора ЭБ во всех испытываемых концентрациях проявил положительный ростостимулирующий эффект на скорость прорастания семян культуры портулака. Как для семян длительного срока хранения так и предыдущего года сбора лучший результат при использовании ЭБ в концентрации 0,000125% (таблица).

На втором этапе в качестве объекта исследования были использованы сеянцы *Portulaca grandiflora* и действующие вещества – водные растворы 24-эпибрассинолида в двух концентрациях (0,00025 %, 0,000375 %). Растения обрабатывали методом опрыскивания, для обработки использовали разбрызгиватель ручной (V = 1000 мл). Во всех вариантах опыта контрольные растения обрабатывали дистиллированной водой. Обработки проводили в 9-10 часов утра при температуре воздуха не более 23°C.

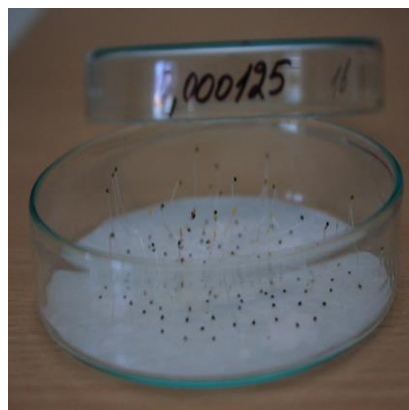
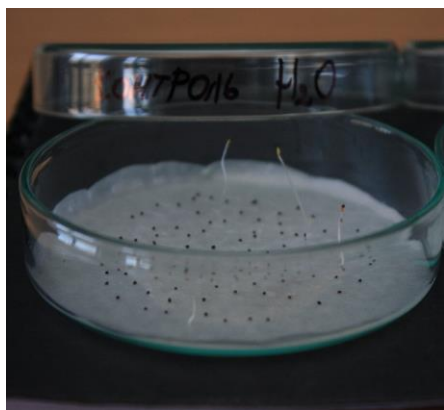


Рисунок – Контрольный и опытный вариант с проросшими семенами (2015 г. сбора) культуры портулака (слева – контроль, справа – ЭБ 0,000125%)

В каждом варианте по 66 растений, повторность 3-кратная. Сеянцы портулака обрабатывали после их отрастания в течение периода вегетации двукратно с интервалом в 2 недели. Высоту растений в кассетах измеряли перед каждой обработкой brassinостероидами.

По высоте побега после однократного применения brassinостероидов на культуре *Portulaca*, ЭБ показал следующие результаты: ЭБ 0,00025% – 55,8%, ЭБ 0,000375% – 27,9%, достоверно больше чем контроль ($p < 0,05$).

Таблица – Влияние 24-эпибрассинолида на всхожесть семян культуры *Portulaca grandiflora*

Концентрации раствора ЭБ, %	Год сбора семян/прорастание семян, %	
	2015	2016
Контроль	9,33±0,88	65,33±1,45
0,000125%	45,67±1,76***	85,67,76***
0,00025%	16,67±1,45**	52,67,45**
0,000375%	21,67±1,20***	58,33±1,45*
0,0005%	29,33±1,45***	57,33±1,45**
0,00075%	18,67±1,20**	51,67±1,76**

На втором этапе опыта после двукратной обработки растений результат идентичный. В частности ЭБ 0,00025% на 62,6%, достоверно больше чем контрольные растения.

Следующим этапом работы было снятие параметра диаметр цветка в фазе «цветения» (50% от общего количества). Сравнение диаметра корзинки по всем концентрациям БАВ позволяет заключить, что все варианты достоверно больше, чем контроль.

Между концентрацией ЭБ и диаметром цветка установлена связь полиномиального типа $R^2 = 1$, $y = -0,76 \times 2 + 3,3x + 0,44$, где x – концентрация ЭБ, %, y – диаметр цветка, см.

На основании анализа данных t – критерия Стьюдента установлено, что повышение концентрации препарата ЭБ вызывает увеличение диаметра корзинки и высоты растения, что является морфометрическим признаком улучшения декоративности культуры.

На основании результатов эксперимента можно сделать вывод, что использовании фитогормонов группы brassinостероидов положительно влияет на рост и развитие цветочно-декоративных растений семейства портулаковые. На основании полученных данных мы рекомендуем использовать ЭБ с концентрацией 0,000125% для проращивания семян и 0,00025% для сеянцев на всех стадиях роста и развития как наиболее эффективные для поддержания декоративности однолетних растений на протяжении всего периода роста и цветения.

Список литературы

1. Бардина, Л.Е. Химические регуляторы роста и их применение: методические указания для выполнения лабораторных работ / Л.Е. Бардина. – Мичуринск: Изд-во МиГАУ, 2006. – 18 с.
2. Николаева, М.Г. Справочник по проращиванию покоящихся семян / М.Г. Николаева. – Л.: Наука, 1985. – 374 с.

3. Рункова, Л.В. Действие регуляторов роста на декоративные растения / Л.В. Рункова // – М: Наука, 1984. – 436 с.
4. Справочник по семеноводству / Н.В. Лобода [и др.] / Под ред. Н.В. Лобода. – Киев: Урожай, 1991. – 352 с.
5. Khripach, V.A. Brassinosteroids. A new class of plant hormones / V.A. Khripach, V.N. Zhabinskii, A. De Groot. – San Diego: Academic Press, 1999. – P. 456.

РАЗВИТИЕ СИМПТОМОВ ЗАПРОГРАММИРОВАННОЙ КЛЕТОЧНОЙ ГИБЕЛИ В КЛЕТКАХ КОРНЯ ПШЕНИЦЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ НАНОЧАСТИЦ МЕДИ

Ю.В. Кирисюк, В.В. Демидчик

Белорусский государственный университет; Минск, Беларусь, e-mail: dzemidchyk@bsu.by

В связи с возрастающим использованием металлосодержащих наночастиц необходимо проведение всеобъемлющего тестирования их потенциальной опасности для живых организмов, в том числе и растений. В настоящей работе корни проростков пшеницы были исследованы на предмет проявления симптомов запрограммированной клеточной гибели (ЗКГ). Было установлено, что около 40% корневых волосков приобретали выраженные симптомы ЗКГ при 24-часовой обработке медными наночастицами в концентрации 100 мг/л, в то время как при обработке 500 мг/л этот показатель достигал 70%. Это указывает на высокую ризотоксичность наночастиц меди для злаковых культурных растений.

Наночастицы металлов широко используются во многих отраслях промышленности и сельского хозяйства благодаря их уникальным физико-химическим свойствам. Обладая повышенной реакционной способностью, наночастицы могут легко проникнуть в клетки растений и привести к изменению в протекании метаболических процессов [5]. Медь является ключевым микроэлементом для злаковых культур, однако в высоких концентрациях негативно влияет на протекание физиологических процессов, вызывая окислительный стресс и повреждения мембран [1]. Показано, что значительную роль в ответе растительной клетки на абиотические стрессоры играет запрограммированная клеточная гибель (ЗКГ) [3, 2]. Однако до настоящего времени накоплено недостаточно сведений о данном явлении в клетках высших растений, а именно в клетках корня. Поэтому понимание механизмов ЗКГ является принципиально важным моментом при создании средств стрессоустойчивости сельскохозяйственных культур.

До настоящего времени не разработана универсальная методика изучения жизнеспособности клеток растений, обработанных различными стрессорами. Перспективным является использование корневых волосков высших растений. Данная система позволяет наблюдать такие морфологические симптомы ЗКГ, как конденсацию цитоплазмы и отделение плазматической мембраны от клеточной стенки в сторону основания корневого волоска, потемнение, образование темных телец [4].

Целью данной работы являлся анализ жизнеспособности клеток корня пшеницы под воздействием наночастиц меди по сравнению с балком и супернатантом. Модельной системой были корневые волоски трехдневных проростков *Triticum aestivum* L. сорта Дарья. Проростки выращивались на буферном растворе: 0,1 мМ KCl и 0,1 мМ CaCl₂, pH 6.0. В настоящей работе были протестированы наночастицы меди и балк в концентрациях 100 и 500 мг/л, а также супернатант наночастиц. Суспензии медных наночастиц размером 38±4 нм и балка диаметром <75 мкм предварительно подвергались ультразвуковой обработке в течение 15 минут. Супернатант получали путем центрифугирования суспензии наночастиц. Инкубация корней проростков пшеницы в суспензиях наночастиц, балка и супернатанте проводилась в течение 24 часов.

Для определения симптомов ЗКГ анализировалось 500–600 корневых волосков пшеницы для каждого варианта опыта. Морфология корневых волосков пшеницы, подвергшихся обработке медными наночастицами, балком и супернатантом анализировалась

при помощи светового микроскопа (увеличение $\times 40$). Статистическая обработка полученных результатов проводилась с помощью программы MS Excel 2007 (Microsoft, USA). Достоверность определена с помощью t-критерия Стьюдента. Данные представлены в виде $X \pm Sx$, где X – среднее арифметическое значение показателя, Sx – ошибка среднего арифметического.

В таблице продемонстрированы результаты морфологических тестов. Показано, что в течение 24 ч экспозиции наночастицы в концентрации 500 мг/л вызывали значительное увеличение доли клеток с запрограммированной клеточной гибелью (70 % от числа проанализированных). Такой же эффект наблюдался и при использовании 500 мг/л балка. Данные статистически достоверны при уровне значимости $p < 0,0001$.

Таблица – Индукция ЗКГ под действием наночастиц меди в корнях *Triticum aestivum* L.

Концентрация супернатанта, балка или наночастиц, мг/л*	Супернатант	Балк	Наночастицы
100	1,60±0,75	35,0±1,21***	39,6±1,48***
500	2,00±0,89	67,8±1,35***	69,0±0,86***

*Примечание: В контрольных условиях доля клеток с симптомами ЗКГ составляла 2,80±0,52 % ($n=600$, $X \pm Sx$).
*** $p < 0,0001$.

Количество клеток с симптомами ЗКГ в варианте опыта с использованием 100 мг/л наночастиц и балка составило 39,6 и 35 % соответственно от числа проанализированных (статистически достоверно при $p < 0,0001$). При инкубировании проростков пшеницы в супернатанте доля корневых волосков с симптомами ЗКГ составила не более 2 %. Однако данные оказались статистически недостоверны.

Таким образом, в результате проведенных опытов было показано, что при воздействии высоких уровней медных частиц (более 100 мг/л) в среде в корневых волосках пшеницы развиваются выраженные морфологические ЗКГ. Установлено, что супернатант оказывает существенное влияние на изменения морфологии корневых волосков пшеницы.

Работа проводилась в рамках проекта «Установление роли запрограммированной клеточной гибели в ответной реакции корня пшеницы на воздействие наночастиц меди» (2016–2018), № ГР 20163145.

Список литературы

1. Демидчик В.В. Токсичность избытка меди и толерантность к нему растений / В.В. Демидчик, А.И. Соколик, В.М. Юрин // Успехи совр. биологии. – 2001. – Т. 12, № 5. – С. 511–525.
2. Середина А.В. Запрограммированная гибель клеток и эндонуклеазные активности у растений пшеницы и гороха: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.01.05 / А.В. Середина; Москов. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова. – Москва, 2010. – 24 с.
3. Arunika H.L. Programmed cell death and tissue remodelling in plants / H.L. Arunika, A.N. Gunawardena // J.Expl. Bot. – 2008. – Vol. 59, № 3. – P. 445–451.
4. McCabe P.F. Programmed cell death in cell cultures / P.F. McCabe, C.J. Leaver // Plant Mol. Biol. – 2000. – Vol. 44, № 1. – P. 359 – 368.
5. Metal-based nanotoxicity and detoxification pathways in higher plants / C. Ma [et al.] // Environ Sci Technol. – 2015. – Vol. 16, № 49. – P. 7109–7022.

ГЕНЕРАЦИЯ АКТИВНЫХ ФОРМ КИСЛОРОДА В КЛЕТКАХ КОРНЯ ПШЕНИЦЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ НАНОЧАСТИЦ МЕДИ

Ю.В. Кирисюк, В.В. Демидчик

Белорусский государственный университет; Минск, Беларусь, e-mail: dzemidchuk@bsu.by

Ответная реакция растительной клетки на стрессовые воздействия в значительной степени связана с синтезом активных форм кислорода (АФК), в основе которого лежит формирование $O_2^{\cdot -}$. К настоящему времени неизвестно, вызывают ли синтез АФК нанополлютанты, уровень загрязнения которыми в последние годы по-

стоянно растет. Целью представленной работы было установить изменение синтеза АФК в ответ на присутствие в среде наночастиц меди. Использовался высокоспецифичный к $O_2^{\cdot-}$ флуоресцентный зонд – дигидроэтидиум (ДГЭ) и стандартная эпифлуоресцентная микроскопия. Продемонстрировано, что наночастицы меди (500 мг/л) индуцируют значительное повышение уровня супероксидного радикала в клетках корня пшеницы.

В процессе нормального функционирования растительной клетки продуцируются вторичные посредники, одними из которых выступают активные формы кислорода (АФК), выполняющие важную роль в окислительно-восстановительных процессах. АФК также образуются при чрезмерном воздействии стрессоров различной природы. Среди абиотических факторов, влияющих на жизнедеятельность растительных клеток и увеличивающих выработку АФК, наибольшее значение имеют засоление, засуха, экстремальные температуры, ультрафиолетовое излучение, накопление тяжелых металлов, в том числе металлосодержащих наночастиц. Избыточное накопление АФК может привести к повреждению или гибели клетки в результате окислительного стресса [1, 2].

Наибольшее значение для индукции окислительного стресса в биологических системах имеют такие АФК, как синглетный кислород $O_2(^1\Delta_gO_2)$, гидроксильный радикал ($\cdot OH$), перекись водорода (H_2O_2), супероксид радикал ($O_2^{\cdot-}$) и оксид азота (NO^{\cdot}) [4]. Имеются сведения, что высокой специфичностью к $O_2^{\cdot-}$ обладает флуоресцентный зонд дигидроэтидиум (ДГЭ), который способен свободно проникать в клетку и окисляться там супероксид-анионом до этидиум бромид. ДГЭ сейчас успешно используется для детекции $O_2^{\cdot-}$ при окислительном стрессе, вызванном тяжелыми металлами в культуре клеток растений, корнях и листьях [1, 3].

Целью данной работы было выявить изменение уровня активных форм кислорода в корнях пшеницы, индуцируемые наночастицами меди. Использовалась мягкая яровая пшеница сорта Дарья белорусской селекции. Данный сорт отнесен к группе ценных по качеству зерна, а также включен в перечень охраняемых сортов растений в государственном реестре. Модельной системой, используемой в нашей работе, явились корни проростков *Triticum aestivum* L. Измерение уровня супероксидного радикала производилось при помощи анализа флуоресценции дигидроэтидиума – ДГЭ (Sigma, США) с использованием инвертированного флуоресцентного микроскопа Nikon Eclipse TS100F. Дигидроэтидиум ($\lambda_{ex}=480$ нм, $\lambda_{em}=586$ нм) добавлялся в базовый раствор до конечной концентрации 10 мкМ. Трехдневные проростки пшеницы помещались в пластиковую пробирку с базовым раствором (0,1 мМ $CaCl_2$, 2 Tris/4 Mes), ДГЭ и наночастицами в исследуемых концентрациях (рН 6,0). Обработка корней в полученном растворе проводилась в течение 30 минут в темноте (температурный диапазон 18–22 °С). После обработки корни отмывались в течение 20 минут в базовом растворе. Флуоресценция регистрировалась при помощи программы NIS Elements Imaging Software (Nikon, США) с фильтром Nikon FITC ($\lambda_{em}=515–555$). Для обработки полученных результатов использовались стандартные методы вариационной статистики. Основными статистическими характеристиками служили: средняя арифметическая величина (\bar{X}), среднее квадратичное отклонение (σ) и ошибка средней величины (Sx). Статистическая обработка полученных результатов проводилась с помощью программы MS Excel 2007 (Microsoft, USA). Достоверность определена с помощью дисперсионного анализа (ANOVA).

На рисунке представлена зависимость интенсивности флуоресценции ДГЭ от уровня медных наночастиц и балка.

Введение в среду наночастиц в концентрации 500 мг/л в присутствии ДГЭ вызывало увеличение интенсивности флуоресценции в клетках корня пшеницы почти в 2 раза по сравнению с контролем, что указывает на потенциальную генерацию АФК в данной системе. При уровнях наночастиц 5 мг/л интенсивность флуоресценции не превышала контрольные значения. Следует отметить, что высокие уровни медного балка также увеличивали интенсивность флуоресценции ДГЭ по сравнению с контролем, однако в меньшей степени по сравнению с наночастицами в тех же концентрациях. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о генерации супероксидного радикала под действием относительно высоких концентраций наночастиц меди и медного балка.

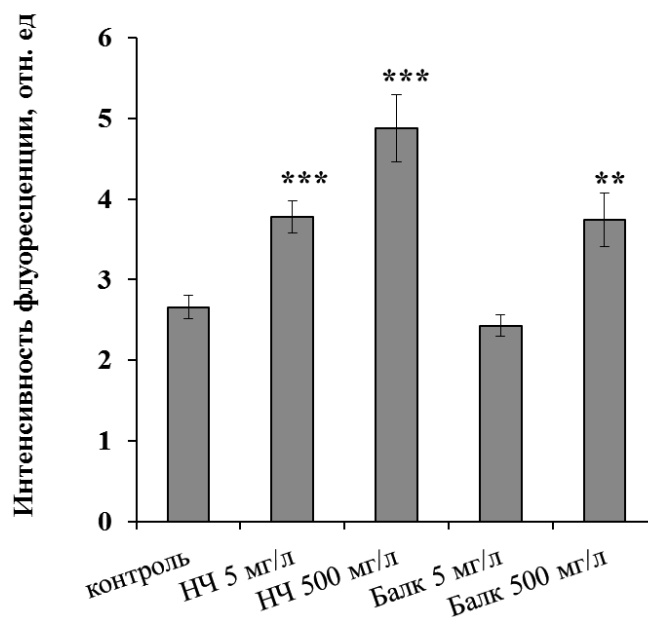


Рисунок – Воздействие медных наночастиц и балка на флуоресценцию ДГЭ, вызываемую синтезом АФК в клетках корня *Triticum aestivum* L.

****p < 0,001; ***p < 0,0001**

Средние значения ($\pm Sx$) интенсивности флуоресценции в контрольных условиях: 0,1 мМ CaCl₂ (2 Tris/4 Mes), pH6.0 и после обработки 5, 500 мг/л медными наночастицами и балком на фоне 10 мкМ ДГЭ (время экспозиции – 30 мин)

Работа проводилась в рамках проекта «Установление роли запрограммированной клеточной гибели в ответной реакции корня пшеницы на воздействие наночастиц меди» (2016–2018), № ГР 20163145.

Список литературы

1. Demidchik, V.V. Mechanisms of oxidative stress in plants: from classical chemistry to cell biology / V.V. Demidchik // *Environmental and Experimental Botany*. – 2015. – Vol. 109. – P. 212–228.
2. De Pinto, M.C. Redox regulation in plant programmed cell death. / M.C. de Pinto, V. Locato, L. de Gara // *Plant, Cell and Environment*. – 2012. – Vol. 35, № 2. – P.234–244.
3. Detection and characterization of the product of hydroethidine and intracellular superoxide by HPLC and limitations of fluorescence / H. Zhao [et al.] / *ProcNatlAcadSci U S A*. – 2005. – Vol. 102, № 16. – P. 5727–5732.
4. Reactive oxygen species: Metabolism, oxidative stress, and signal transduction / K. Apel [et al.] // *Annual Reviews of Plant Biology*. – 2004. – Vol. 55. – P. 373–399.

ПРОТЕОМНО-ГЕНОМНЫЙ АНАЛИЗ *IN VITRO* КУЛЬТУР *SILYBUM MARIANUM* КРАСНО - И БЕЛОЦВЕТКОВЫХ РАС

О.В. Ковзунова, А.Н. Юхимук

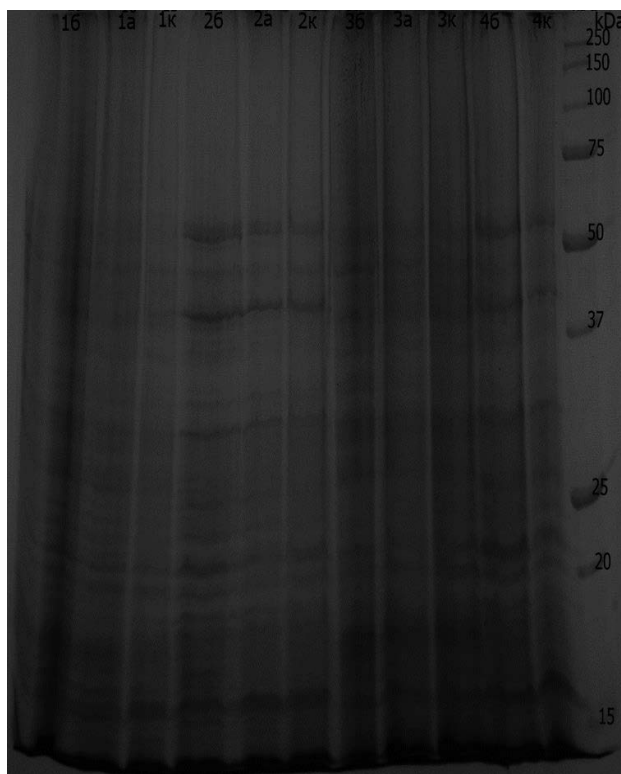
Государственное научное учреждение «Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси»; Минск, Беларусь, e-mail: olga-kopa@mail.ru

Получены протеомные карты in vitro культур Silybum marianum двух рас при воздействии препарата «Нано-плант – Co, Mn, Si, Fe» и электромагнитного поля низкого уровня мощности. Выявлены белки-маркеры, которые, предположительно, отвечают за повышенный биосинтез биологически активных веществ. На основе RAPD- и ISSR-анализов разработана система идентификации и ДНК-паспортизации генотипов рода Silybum. Методом UPGMA построено дерево генетического родства, отражающее таксономические взаимоотношения исследуемых образцов.

Применение новейших современных подходов к исследованию генома и метаболома лекарственных растений позволяет углубить фундаментальные знания о биосинтетических

циклах и механизмах, ответственных за продукцию БАВ в растениях. При использовании комбинации этих подходов может быть дана детальная характеристика биохимического статуса целого организма или отдельной ткани. Целью работы было определение белков, ответственных за повышенный синтез биологически активных веществ в перспективных образцах *in vitro* культур *S. marianum* красно- и белоцветковой рас, а также проведение мультилокусного маркирования тотальной ДНК.

Протеомные карты были получены проведением вертикального электрофореза белков в денатурирующих условиях в щелочной системе [1, 2, 3] (1D-электрофорез), а молекулярно-генетический анализ проводился с использованием методик RAPD и ISSR [4, 6].



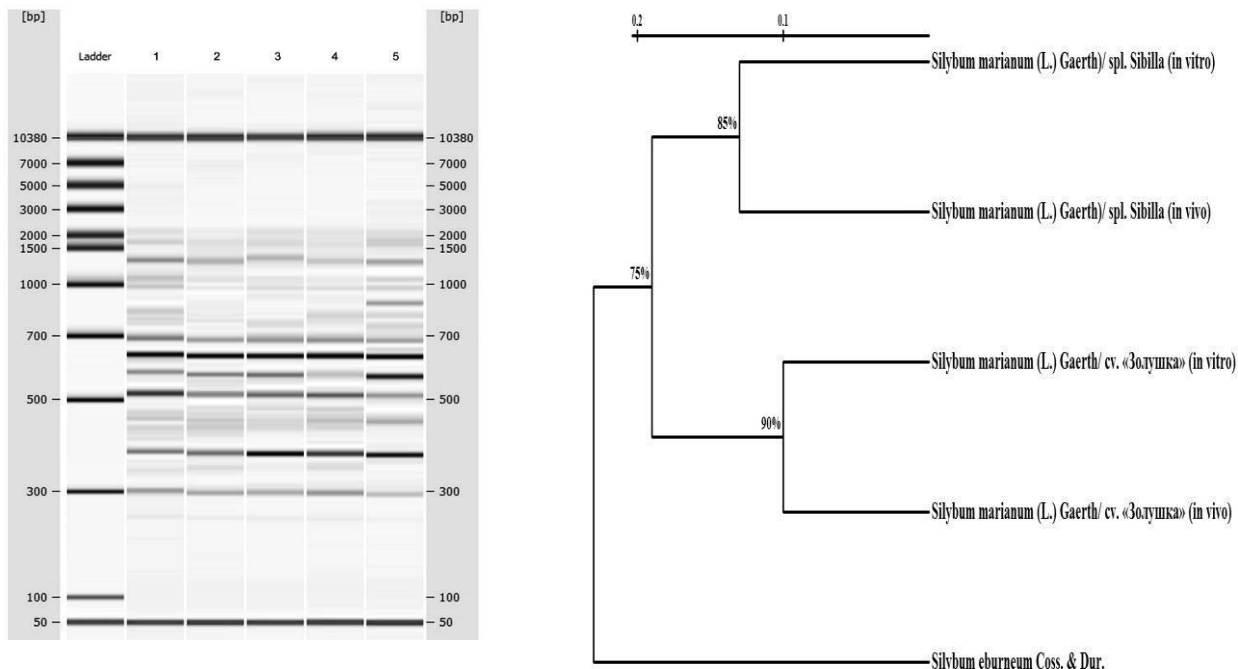
1 – корневой каллус сорта Золушка; 2 – стеблевой каллус сорта Золушка; 3 – корневой каллус сортообразца Sibilla венгерской селекции; 4 – стеблевой каллус сортообразца Sibilla венгерской селекции; а – «Наноплант – Co, Mn, Cu, Fe» в концентрации 0,01 мг/л; б – воздействие ЭМП СВЧ; к – контроль.

Рисунок 1 – 1-D-электрофореграмма общего пула клеточных белков стеблевого и корневого каллуса *S. marianum* красно- и белоцветковой рас, при воздействии модификаторов метаболизма

Были получены протеомные карты расторопши пятнистой красно- и белоцветковой рас при воздействии модификаторов метаболизма химической и физической природы. Обнаружены зоны (рисунок 1), в которых присутствуют дифференциально экспрессируемые белки, претендующие на роль белков-маркеров, не характерных для контрольных образцов, культивируемых без добавления препарата наночастиц металлов «Наноплант – Co, Mn, Cu, Fe» (химический модификатор) и не подвергнутых обработке электромагнитным облучением низкого уровня мощности (физический модификатор). Были выявлены белки с молекулярной массой от 283,1 до 10,2 KDa наблюдаемые у всех образцов. Экспрессия белков с одинаковой молекулярной массой у разных образцов отличалась. Белки с молекулярной массой 221,4; 37,7; 29,0; 22,0; 21,7; 20,5; 17,0 и 16,6 KDa экспрессируемые в ответ на воздействие использованных модификаторов метаболизма претендуют на роль маркерных белков в корневом каллуса сорта Золушка, и 13 белков с Mr 262,6; 195,7; 50,7; 43,7; 37,7; 29,0; 23,4; 20,2; 18,1; 17,4; 17,0; 15,8 и 15,0 KDa в корневом каллусе венгерского сортообразца Sibilla. 12 белков с молекулярными массами 283,1; 55,6; 50,7; 46,2; 39,9; 36,7; 35,6; 30,0; 18,1; 15,8; 11,7 и 10,3 KDa экспрессировались в каллусе стеблевого происхождения сорта Золушка. 24 белка

экспрессировались у стеблевого каллуса венгерского сортообразца Sibilla в «ответ» на воздействие модификаторов: 221,4; 195,7; 147,0; 99,6; 80,6; 76,2; 69,8; 67,8; 52,6; 51,9; 46,2; 38,9; 35,8; 33,1; 30,0; 29,7; 29,3; 29,0; 25,7; 23,1; 21,0; 19,7; 19,0 и 10,2 KDa, которые можно рассматривать как маркерные.

При проведении генетического анализа использовали *in vitro* и *in vivo* образцы красно- и белоцветковой рас расторопши.



1 – *Silybum marianum* (L.) Gaertn. cv. Золушка (коллекция *in vitro* 6 пассаж), 2 – *Silybum marianum* (L.) Gaertn. cv. Золушка (коллекция *in vivo*), 3 – *Silybum marianum* (L.) Gaertn. сортообразец Sibilla белоцветковая (коллекция *in vitro* 6 пассаж), 4 – *Silybum marianum* (L.) Gaertn. сортообразец Sibilla белоцветковая (коллекция *in vivo*), 5 – *Silybum eburneum* Coss. & Dur.

А

Б

Рисунок 2 – Разделение ампликонов (А), синтезированных в результате амплификации геномной ДНК таксонов рода Расторопша с праймером OPP-19 на Bioanalyzer 2100 и консенсусная дендрограма (Б) таксонов рода *Silybum* L. сгенерированная с использованием UPGMA алгоритма на основе 72 ДНК маркеров. Горизонтальная шкала отражает генетическую дистанцию между соматклонами. Числа около узлов отражают величины поддержки (в %), основанные на 2000 репликах анализа Bootstrap.

Всего было сгенерировано 44 RAPD- (в среднем 12 маркеров на праймер) и 28 ISSR-маркеров (в среднем 12 маркеров на праймер). Было выявлено 72 дискретных ДНК-локусов, из них 38 оказались полиморфными (рисунок 2). Средний уровень полиморфизма составил 53%. Выявленные ДНК-маркеры, позволили провести генетическую идентификацию таксонов рода расторопша и создать для каждого из них молекулярно-генетические паспорта. Методом UPGMA было построено дерево генетического родства между исследованными видами рода *Silybum* (рисунок 2), где очевидно, что для исследованных таксонов рода *Silybum* L. характерна отчетливая кластеризация, отражающая их таксономические взаимоотношения. Сорта, относящиеся к виду *Silybum marianum* (L.) Gaertn. отчетливо кластеризуются в большой кластер. В границах данного кластера отчетливо выделяются два субкластера, в один из которых сгруппированы *in vitro* и *in vivo* образцы сорта Золушка, а во второй — представители сортообразца Sibilla. Генетические дистанции между *in vitro* и *in vivo* образцами внутри каждого из этих субкластеров различны, и указывают на более высокий уровень генетической дифференциации, возникающий при *in vitro* культивировании у сортообразца Sibilla по сравнению с сортом Золушка. Это может быть объяснено тем, что сортообразец является менее устойчивой генетической системой по сравнению с сортом. Величины бутстреп анализа,

расположенные около узлов дендрограммы, превышают 50%, что указывает на статистически достоверную топологию ветвей.

На основании полученных данных впервые выявлено, что белки с молекулярным весом 86,0; 37,7; 33,1; 29,0; 22,0; 17,0 и 15,0 КДа, экспрессируемые в ответ на воздействие использованных модификаторов метаболизма претендуют на роль маркерных и, возможно, отвечают за повышенный биосинтез вторичных метаболитов в корневой и стеблевой культуре бело- и красноцветковой рас расطورши пятнистой. На основе RAPD- и ISSR-анализов разработан система идентификации и ДНК-паспортизации генотипов рода *Silybum*. Для растений красно- и белоцветковой рас *Silybum* подобран комплекс из нескольких RAPD (OPA-03, OPC-02, OPC-10, OPP-19) и двух ISSR (UBC-827, UBC-856) маркеров, позволяющих при постановке ПЦР охватить различные области генома, достаточные для идентификации сортов. Полученные данные включены в информационно-поисковую базу ЦБС [5].

Список литературы

1. Amme S. et al. A proteome approach defines protective functions of tobacco leaf trichomes/ Amme S. // Proteomics. – 2005. – № 5. – P. 2508–2518.
2. Laemmli U.K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4 / U.K. Laemmli // Nature. – 1970. — 227. – P. 680-685.
3. Lowry O.H. et al. Protein measurement with the Folin phenol Reagent/ O.H. Lowry // Journal of Biological Chemistry. – 1951. – № 193. – P. 265-275.
4. Software for NMR [Электронный ресурс] / Software for NMR. – Режим доступа : acdlabs.com. – Дата доступа: 15.01.2012.
5. Информационно-поисковая система Центрального ботанического сада Национальной Академии наук Беларуси Hortus Botanicus Centralis Info // [Электронный ресурс] / Информационно-поисковая система Центрального ботанического сада Национальной Академии наук Беларуси Hortus Botanicus Centralis Info. – Минск, 2000. – Режим доступа: <http://hbc.bas-net.by>. – Дата доступа: 25.01.20062.
6. Падутов В.Е. и др. Методы молекулярно-генетического анализа/ В.Е. Падутов. – Минск: Юнипол, 2007. – 176 с.

АДАПТАЦИЯ МИКРОКЛОНАЛЬНО РАЗМНОЖЕННЫХ РЕГЕНЕРАНТОВ ОСИНЫ К НЕСТЕРИЛЬНЫМ УСЛОВИЯМ РОСТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Т.Н. Куделина¹, А.В. Константинов², Л.В. Обуховская¹, О.В. Молчан¹

¹Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»; Минск, Беларусь, e-mail: 10tan10@mail.ru

²Государственное научное учреждение «Институт леса Национальной академии наук Беларуси»; Гомель, Беларусь, e-mail: avkonstantinof@mail.ru

В работе представлены результаты комплексного исследования морфофизиологических и биохимических показателей микроклонально размноженных растений осины в условиях *ex vitro* на разных этапах адаптации с использованием на первом этапе светодиодного освещения различного спектрального состава. Установлено, что наиболее интенсивным ростом характеризовались растения, культивируемые при светодиодном (СД) освещении с регулируемым режимом включения/выключения красной и дальней красной частей спектра и под люминесцентными лампами (ЛЛ). У растений-регенерантов всех вариантов при смене условий выращивания на разных этапах адаптации происходили адаптивные перестройки в хлоропластах, о чем свидетельствовало изменение количества фотосинтетических пигментов и их соотношения, а также фотосинтетической активности. Установлено, что СД освещение с соотношением синей и красной частей спектра от 1:2 до 1:5 позволяет на I этапе адаптации сформировать растения с высоким адаптивным потенциалом к стрессам, а также снизить выраженность стрессовых реакций растений на последующих этапах культивирования.

Триплоидная форма осины (*Populus tremula* L.) является ценным сырьем для целлюлозно-бумажной промышленности, топливно-энергетического комплекса и строительной отрасли, т.к. она отличается более высокой скоростью роста, что позволяет создавать специализированные плантации с коротким оборотом рубки [4]. Одним из основных препятствий в производстве лесных культур осины является поражение растений патогенными организмами,

приводящими к развитию сердцевинных гнилей ствола. Эту проблему можно решить, используя посадочный материал, полученный методом микроклонального размножения от устойчивых к заболеваниям генотипов. Однако внедрение методов клонального микроразмножения *in vitro* в производственный процесс ограничено тем, что растения-регенеранты трудно приживаются в условиях *ex vitro*, поэтому требуется подбор условий, которые будут способствовать их успешной адаптации. Одним из ключевых параметров, влияющим на морфогенез растений-регенерантов, а также их адаптивных потенциал, является освещение.

Целью данной работы было исследование приживаемости, морфометрических показателей, содержания пролина, фотосинтетических пигментов, скорости выделения и поглощения кислорода листьями микроклонально размноженных растений осины в процессе их адаптации к нестерильным условиям *ex vitro* при светодиодном (СД) освещении разного спектрального состава (1 этап адаптации), после высадки в теплицы (Т) Республиканского лесного селекционно-семеноводческого центра (РЛССЦ) (2 этап адаптации), после перенесения на поля дорастивания (ПД) РЛССЦ (3 этап адаптации).

Для исследований был использован клон осины V22 белорусской селекции, относящийся к быстрорастущей зеленокорой форме, отличающейся устойчивостью к поражению трутовыми грибами. Микроклоны культивировали *in vitro* в лаборатории генетики и биотехнологии Института леса НАН Беларуси на модифицированной питательной среде WPM без фитогормонов, при постоянном освещении люминесцентными лампами Osram, интенсивностью 2,5-3 тыс. люкс и температуре $23 \pm 1^\circ\text{C}$ в течение 30 суток. Адаптацию к нестерильным условиям *ex vitro* проводили на ионообменном субстрате (НПК «Биона») при СД освещении (400 - 800 нм) с различным соотношением квантов синей (С) и красной (К) областей в спектре: СД 1 – С:К 1:3; СД 2 – 1:3,5; СД 3 – 1:4; СД 4 – 1:5; СД 5 – 1:2. Один из вариантов СД 5 - с отдельной регуляцией включения/выключения красной и дальней красной частей спектра в начале и в конце светового периода. Светодиодные облучатели были изготовлены ЦСОТ НАНБ, программа регуляции освещения разработана сотрудниками лаборатории водного обмена и фотосинтеза растений ИЭБ НАН Беларуси. Контролем служили растения, выращиваемые при освещении люминесцентными лампами (ЛЛ) Osram L30 W/77 с соотношением С:К 1:1,7. Плотность потока фотонов составляла 290-314 мкмоль/м²*с, фотопериод – 16 ч. Определение концентрации фотосинтетических пигментов проводили по методике Wettstein [5], содержание пролина – по реакции с нингидриновым реактивом [1]. Скорости выделения и поглощения молекулярного кислорода измеряли с использованием системы PlantVital 5030 (Германия) [2].

На 1 этапе адаптации растения вариантов ЛЛ, СД 4 и СД 5 отличались большей высотой (15,2±1,19 см, 14,8±0,88 см и 15,9±1,03 см, соответственно) по сравнению с растениями других вариантов. При этом у регенерантов вариантов СД 1 и СД 5 количество междоузлий на 10-15 % было больше, чем у растений варианта ЛЛ. У растений других СД вариантов количество междоузлий также было большим, а их длина меньше, чем у растений контрольного варианта ЛЛ. Ко времени высадки в теплицу (в возрасте 48 суток) регенеранты вариантов СД 5 и ЛЛ имели наибольшую высоту, при этом растения варианта СД 5 превышали контроль в среднем на 5 %. Такая же тенденция сохранилась и при выращивании регенерантов осины в теплице (2 этап). На этом этапе у растений наблюдался наибольший прирост в высоту, что связано с благоприятными микроклиматическими условиями (температурный режим, освещенность и влажность воздуха) закрытого грунта. В конце вегетации (3 этап, сентябрь) растения по высоте достоверно не отличались (31,1±1,02 – 37,5±2,42 см). Максимальный диаметр стволика на 1 этапе адаптации был отмечен для растений варианта СД 2 (1,9±0,13 мм), в условиях теплицы – СД 4 (3,4±0,19 мм), а на ПД достоверные отличия в толщине стволика для растений разных вариантов не установлены. Растения-регенеранты адаптированные при режиме освещения СД 1 отличались менее интенсивным образованием листьев на всех этапах выращивания.

О состоянии фотосинтетического аппарата растений можно судить по содержанию фотосинтетических пигментов (хл *a*, *b* и каротиноидов) в листьях. Для растений варианта ЛЛ отмечено более высокое, чем у СД 1, СД 2, СД 3 и СД 4 вариантов, содержание хлорофиллов

на первом этапе адаптации. Содержание *хл а* в листьях регенерантов осины после пересадки *ex vitro* снижалось только в варианте СД 5, а содержание *хл b* достоверно снижалось во всех вариантах освещения, что свидетельствует об адаптивных структурных перестройках в хлоропластах. На 1 этапе увеличение синтеза пигментов наблюдали у растений всех СД вариантов вплоть до пересадки регенерантов осины в теплицу. В контроле этот показатель колебался в пределах 15 %. После перемещения растений в теплицу (2 этап) отмечено возрастание синтеза *хл а* и *кар* во всех вариантах, а *хл b* – в вариантах СД 3, СД 4, СД 5 и ЛЛ. У растений вариантов СД 1 и СД 2 содержание *хл b* достоверно не увеличивалось. Снижение содержания хлорофиллов и увеличение уровня каротиноидов к концу вегетации наблюдали у растений всех вариантов (3 этап, сентябрь). После перенесения растений на поля доращивания соотношение *хл а/б* снизилось у растений всех вариантов, причем у вариантов СД 4, СД 5 и ЛЛ – больше, чем у остальных. Также наблюдалось снижение отношения *хл/кар*, что свидетельствовало о высоком содержании каротиноидов в листьях растений всех опытных групп в конце вегетации.

Наиболее высокая фотосинтетическая активность (скорость выделения O_2) у растений осины всех вариантов наблюдалась на 1 этапе адаптации *ex vitro* через 48 суток культивирования. А после перемещения в теплицу, хотя содержание пигментов в листьях увеличивалось, их фотосинтетическая активность снижалась, что связано, возможно, с увеличением количества антенных пигментов. Об этом свидетельствует и возрастание доли *хл b* в листьях растений осины в теплице. В тоже время скорость потребления кислорода в процессе темнового дыхания при выращивании при СД освещении была максимальной у растений вариантов СД 3, СД 5 и ЛЛ на этапе 1, в теплице (на этапе 2) – у регенерантов варианта СД 5 и ЛЛ, на ПД (на этапе 3) – СД 1, СД 5, ЛЛ. Коэффициент фотосинтетической эффективности наиболее стабильным в течение всех этапов адаптации был в вариантах СД 2 и СД 4, что может свидетельствовать о хорошем физиологическом состоянии этих растений.

Одним из биохимических индикаторов физиологического состояния древесных растений является содержание свободных аминокислот, в частности, пролина, уровень которого повышается при действии стрессовых факторов [3]. Анализ динамики содержания пролина в листьях регенерантов осины свидетельствует о том, что при перемещении в теплицу, а затем на поля доращивания все растения подверглись стрессу (смена субстрата, температуры и влажности воздуха, естественное освещение) (таблица), т.к. содержание пролина в их листьях увеличилось в 3,3-9,5 раз.

После перемещения в теплицу наблюдали увеличение содержания пролина у растений всех вариантов, в т.ч. в контроле (ЛЛ), что свидетельствует о том, что смена условий выращивания вызывала у растений стресс разной степени выраженности. В ходе дальнейшего пребывания растений-регенерантов в теплице содержание пролина во всех вариантах СДО хотя и возрастало, тем не менее было ниже, чем в ЛЛ. Только в листьях регенерантов вариантов СД 1 и СД 5 содержание пролина не изменилось. Через 5 суток после перемещения растений на поля доращивания содержание пролина увеличилось незначительно или даже не наблюдалось, а на 43 сутки у растений всех вариантов увеличилось в 1,5-2 раза, что связано с изменившимися условиями выращивания – неконтролируемые температура и полив.

Таблица – Динамика содержания пролина (мкг/г сыр.в.) в листьях регенерантов осины при СДО и ЛЛ, в теплице и на полях доращивания

Вариант	СДО, ЛЛ	Теплица (1-е сутки)	Теплица (17-е сутки)	Поля доращивания (5-е сутки)	Поля доращивания (43-и сутки)
СД 1	34,2±1,22	62,3±10,23	59,9±3,25	64,1±3,96	137,9±11,15
СД 2	25,2±3,01	41,4±5,35	67,3±4,53	76,0±1,13	154,9±2,76
СД 3	37,1±3,64	46,5±3,39	68,4±4,17	64,4±3,27	123,5±3,85
СД 4	16,1±3,13	35,0±0,18	81,1±5,12	72,9±2,84	114,8±12,17
СД 5	12,3±1,41	51,7±7,08	56,8±2,42	72,2±4,48	117,5±5,14
ЛЛ	22,3±4,79	33,6±6,28	80,0±4,50	84,3±3,37	143,1±1,43

Таким образом, СД освещение различного спектрального состава (соотношения красной и синей частей спектра от 2:1 до 5:1) позволяет на 1 этапе адаптации сформировать растения с высоким адаптивным потенциалом к стрессам, а также снизить выраженность стрессовых реакций растений на последующих этапах культивирования.

Список литературы

1. Аверина, Н.Г. Механизмы формирования устойчивости растений ячменя к солевому стрессу под действием 5-аминолевуленовой кислоты / Н.Г. Аверина, Е.Р. Грицкевич, И.В. Вершиловская, А.В. Усатов, Е.Б. Яронская // Физиология растений. – 2010. – Т. 57, № 6. – С. 849-856.
2. Акинъшина, Н. Г. Новые возможности в оценке состояния растений / Н. Г. Акинъшина, А.А. Азизов, Т.А. Карасева, Э. Клозе // Сибирский экологич. журнал. – 2008. – № 2. – С. 249–254.
3. Крамер, П. Д. Физиология древесных растений / П. Д. Крамер, Т. Т. Козловский. - М.: Лесная промышленность, 1983. – 464 с.
4. Цыганов, А. Р. Биоэнергетика: энергетические возможности биомассы / А. Р. Цыганов, А. В. Ключков. – Минск : Беларус. навука, 2012. – 143 с.
5. Wettstein, D. Formula of chlorophyll determination / D. Wettstein // Experimental Cell Research. – 1957. – Vol. 12, № 3. – P.427–489.

ЗАВИСИМОСТЬ РОСТА И РАЗВИТИЯ ГЕТЕРОСТИЛЬНЫХ ВИДОВ РОДА *LINUM L.* НА РАННИХ ЭТАПАХ ОНТОГЕНЕЗА ОТ ТИПА МАТЕРИНСКОЙ ЦВЕТОЧНОЙ МОРФЫ

А.Н. Левчук

Институт масличных культур НААН Украины; пос. Солнечный, Украина,
e-mail: anna.levchuck@yandex.ua

В статье представлены результаты измерений некоторых физиологических показателей (всхожесть и интенсивность роста проростков) для гетеростильных диких видов льна. Данные показатели измеряли отдельно для семян, собранных из длинностолбчатых (LS) и короткостолбчатых (SS) растений нескольких видов льна (L. perenne, L. grandiflorum, L. hirsutum, L. thracicum, L. tenue), которые принадлежат к различным секциям рода Linum L. Установлено, что у большинства исследуемых видов (L. grandiflorum, L. thracicum, L. tenue) потомство оставляли растения, выращенные из семян длинностолбчатых цветочных морф.

Лен – одна из важнейших технических культур мира. По данным ФАО он занимает около 4 млн. га посевных площадей [1]. Наибольшие посевные площади льна масличного сосредоточены в Канаде, Аргентине, Китае, Индии, США, России. В Украине основные посевные площади льна масличного сосредоточены в Днепропетровской, Запорожской, Николаевской, Херсонской областях [2].

На сегодняшний день все известные сорта льна получены на основе одного вида льна – льна культурного – *Linum usitatissimum*, однако род *Linum* включает в себя более 200 видов, среди которых есть представители как однолетних, так и многолетних видов, которые имеют ряд преимуществ перед льном культурным: устойчивость к стрессовым факторам, изменённый жирнокислотный состав масла семян, а также наличие некоторых фармакологически ценных веществ (например, лигнанов). В связи с этим получение межвидовых гибридов между культурным льном и дикими видами является весьма актуальным направлением сегодняшней селекции льна.

Однако большинству многолетних видов данного рода свойственно явление гетеростильности цветков, что служит приспособлением к перекрестному опылению. Для гетеростильных видов льна характерна самонесовместимость – оплодотворение происходит при попадании на рыльце длинностолбчатого цветка пыльцы короткостолбчатого и наоборот. При попадании на рыльце пыльцы одноименного цветка оплодотворение чаще не происходит либо же результаты скрещивания являются ненормальными и устраняются в ходе естественного отбора [3]. В связи с этим актуальным является вопрос однородности семян гетеростильных видов и выросших из них растений, полученных от разных цветочных морф.

Поэтому целью данной работы является изучение особенностей роста и развития растений, выращенных из семян различных цветочных морф гетеростильных видов льна.

Род *Linum* L. достаточно гетерогенный поэтому его разделяют на пять основных секций в зависимости от происхождения: *Cathartolinum*, *Linum*, *Dasylinum*, *Linopsis* and *Syllinum* [4]. Гетеростильные виды представлены в последних 4 секциях, поэтому в качестве объектов исследования были использованы 5 гетеростильных видов, принадлежащим к 4 последним секциям: *L. perenne*, *L. grandiflorum* (секция *Linum*), *L. hirsutum* (секция *Dasylinum*), *L. thracicum* (секция *Syllinum*), *L. tenue* (секция *Linopsis*). При этом представители первый двух секций относят к синецветковой группе, а представителей последних двух секций – к жёлтоцветковой группе льнов.

У каждого из исследуемых гетеростильных видов семена были собраны отдельно у длинностолбчиковых (LS) и короткостолбчиковых (SS) растений. У каждого образца семян проводили определение всхожести и наблюдения за особенностями роста полученных проростков.

Была проведена проверка лабораторной и полевой всхожести семян данных видов, собранных с различных цветковых морф. В результате данного эксперимента было установлено, что большинство исследуемых видов показали разницу как в лабораторной, так и в полевой всхожести в зависимости от принадлежности к цветочной морфе. Так, не было выявлено зависимости этого показателя от типа цветочной морфы только у единственного из исследуемых видов – *Linum perenne* L. Очень интересная картина вырисовалась у *L. grandiflorum*, у которого всхожими оказались семена, собранные только с длинностолбчиковых экземпляров. Данная ситуация проявлялась даже при лабораторной всхожести (таблица).

Таблица – Всхожесть семян разных цветочных морф некоторых гетеростильных видов льна

№ п/п	Вид льна	Тип цветочной морфы	Всхожесть, %	
			лабораторная	полевая
1.	<i>L. perenne</i>	LS	94±2,5	22±2,6
		SS	95±3,2	24±1,8
2.	<i>L. grandiflorum</i>	LS	98±1,2	15±0,7
		SS	-***	-***
3.	<i>L. hirsutum</i>	LS	24±1,3	14±0,9
		SS	11±1,0**	5±0,1*
4.	<i>L. thracicum</i>	LS	98±1,3	22±1,6
		SS	48±2,8**	-***
5.	<i>L. tenue</i>	LS	96±3,0	26±2,8
		SS	59±4,5*	-***

Примечание: *, **, *** – отличия между длинно- и короткостолбчиковыми формами у гетеростильных видов существенны при $P \leq 0,05$, $0,01$ и $0,001$ соответственно.

У жёлтоцветковых видов при полевой всхожести тоже выживали только растения, собранные с длинностолбчиковых растений, однако при выращивании в лабораторных условиях прорастали также и семена, собранные с короткостолбчиковых экземпляров, хотя и процент всхожести у них был приблизительно в 2 раза ниже – 48 и 59 % по сравнению с 98 и 96 % для длинностолбчиковых морф для *L. thracicum* и *L. tenue* соответственно.

Для *L. hirsutum* наблюдался третий вариант – процент всхожести (как лабораторной, так и полевой) в 2 раза ниже у семян, собранных с короткостолбчиковых растений.

В связи с существенной разницей по всхожести семян различных цветочных морф у большинства исследуемых видов льна, нами был проведен мониторинг начальных этапов роста полученных проростков. В результате было выявлено, что в течение первых двух недель проростки, полученные из семян различных цветочных морф, не имели морфологических и физиологических отличий. Через 4 недели выращивания наблюдалась уже чёткая дифференциация в зависимости от типа цветочной морфы: у *L. hirsutum*, *L. thracicum* и *L. tenue* растения, полученные из семян длинностолбчиковых морф, примерно в 2

раза превышали размер растений, полученных из короткостолбчатых морф. Последние резко тормозили свой рост и развитие через 2 недели после высадки (рисунок).

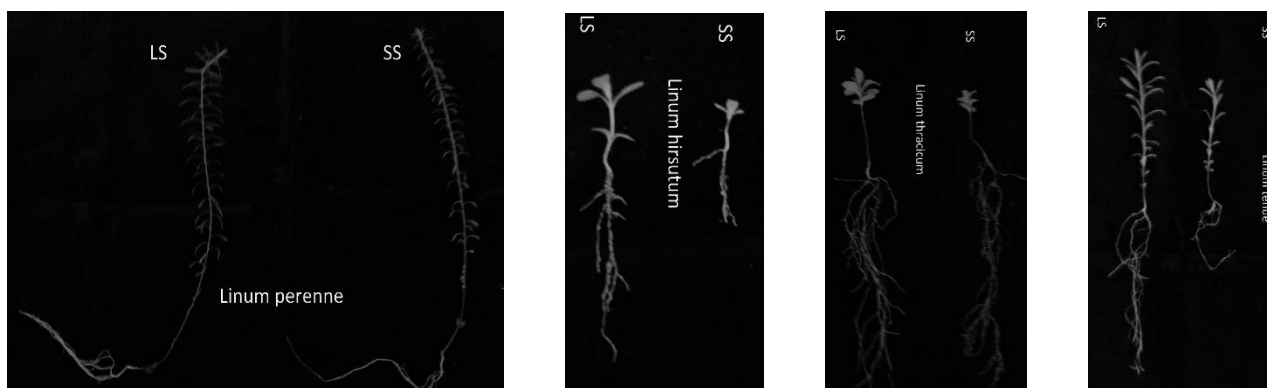


Рисунок – Морфология проростков, полученных из семян разных цветочных морф некоторых гетеростильных видов льна

У *L. perenne* различий в интенсивности роста и развития у проростков, выращенных из семян различных цветочных морф не наблюдалось. Кроме того, в процессе дальнейшего выращивания, было выявлено, что для жёлтоцветковых видов характерна гибель растений, полученных из семян короткостолбчатых морф – у них через некоторое время начинает отмирать сначала корневая система, а потом погибает и всё растение. У *L. tenue* такое наблюдается через 5-6 недель после высадки, а у *L. thracicum* – через 5-6 месяцев. Но в любом случае растения, полученные из семян короткостолбчатых морф, не преодолевают стадию «ёлочки» и погибают на ювенильном этапе онтогенеза из-за нарушений функционирования корневой системы.

Таким образом, проведённые исследования показали, что у всех исследуемых видов, за исключением, *L. perenne* L. в основном выживают растения, выросшие из семян, которые были собраны с длинностолбчатых экземпляров. Так, у *L. grandiflorum* семена, собранные из короткостолбчатых растений, вообще не всходят, а у *L. tenue* и *L. thracicum* растения, выросшие из таких семян, погибают до конца периода «елочки». Исключение из этого списка составляют растения *L. hirsutum*, у которых всходят и выживают семена, полученные от обоих цветочных морф. Однако данные показатели у растений, выросших из семян, которые были собраны из короткостолбчатых цветочных морф в 2 раза ниже, чем у длинностолбчатых.

Список литературы

1. Овчаченко Е. Украинский рынок льна: тенденции и перспективы, [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.apk-inform.com/ru/exclusive/topic/111957#.U1zwU6hS4ds>.
2. Брач Н. Б. Перспективы создания сортов масличного льна специализированного назначения / Н. Б. Брач, М., Е. А. Пороховинова, Т. В. Шеленга // Аграрный вестник Юго-Востока. Вып.1-2(14-15) – Саратов, 2016. – С. 50 – 52.
3. Жизнь растений: в 6-ти т. / [под ред. А. Л. Тахтаджяна]. — М.: Просвещение, 1981. –Т. 5.2. – С. 113-115.
4. Оптасюк О.М., Шевера М.В. Рід *Linum* L. у флорі України. / О.М. Оптасюк, М.В. Шевера / – Відп. ред. В.В. Протопопова. – Київ: Альтерпрес, 2011. – 276 с.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ ВИНОГРАДА СОРТОВ АРОМАТНЫЙ И КАБЕРНЕ СОВИньОН ПРЕПАРАТОМ АГРОМАР

М.А. Лопухова, И.П. Якуба, Е.Б. Паузер

Одесский Национальный Университет имени И.И. Мечникова; Одесса, Украина, e-mail: irinayakuba@yahoo.com

Внекорневые обработки растений сортов Каберне Совиньон и Ароматный АгроМаром стимулируют рост

кустов, накопление фотосинтетических пигментов, дыхание и повышают водоудерживающую способность листьев, а также повышают урожайность винограда.

Виноградарство и виноделие издавна являются приоритетными отраслями агропромышленного комплекса многих стран мира, в том числе и Украины. На современном этапе экологического состояния агросистем Украины настала необходимость предотвратить негативные последствия, которые возникают после широкомасштабного использования химических средств, возможно за счет использования биологических средств защиты растений. Эти препараты несут в себе широкий спектр действия [1, 2, 3]. Биофугицид «АгроМар» обладает тройным биологическим спектром действия: биозащита, биостимуляция и биоудобрение. В результате применения биопрепарата достигается контроль над заболеваниями, ускоряется минерализация и гумусообразование, что способствует активизации ростовых процессов в растении.

Цель данной работы — изучить влияние препарата АгроМар на физиологические показатели растений винограда технических сортов и возможность повышения урожая с перспективой оценки его эффективности в виноградарстве Одесской области. Работу выполняли в 2016 г. в лаборатории физиологии отдела размножения ННЦ «ИВиВ им. В.Е. Таирова» Овидиопольского района Одесской области. Все полевые опыты проводили на технических сортах Каберне Совиньон и Ароматный. Формирование кустов — горизонтальный двуплечий кордон с одним-двумя штамбами высотой 80 см. Схема посадки 3 на 1,5 м. Культура винограда — не укрывная без полива. Агротехнические мероприятия общепринятые в данной зоне виноградарства. Размещение вариантов рендомизированное, повторностей — систематическое, повторность трехкратная [4]. Опрыскивание проводили раствором АгроМар в концентрации 0,3л/10 л воды в сроки: за 7-10 дней до цветения (I срок), сразу после цветения (II срок), в начале и после созревания ягод (III и IV срок) [5].

В тканях листьев и побегов обработанных растений отмечено повышение содержания фотосинтетических пигментов на 10-40 % (таблица 1).

Таблица 1 – Содержание пигментов в листьях винограда сортов Ароматный и Каберне Совиньон, мг/г (M±m)

Срок обработки	Вариант	Сумма хлорофиллов a + b	Сумма каротиноидов	Сумма хлорофиллов a + b	Сумма каротиноидов
Ароматный			Каберне Совиньон		
I	Контроль	1,65±0,08	0,49±0,09	1,19±0,09	0,41±0,05
	АгроМар	1,98±0,11	0,56±0,05	1,21±0,13	0,43±0,14
II	Контроль	1,83±0,06	0,33±0,06	1,64±0,03	0,42±0,34
	АгроМар	2,29±0,03	0,42±0,02	2,77±0,21	0,50±0,11
III	Контроль	2,67±0,12	0,79±0,14	1,84±0,04	0,66±0,04
	АгроМар	2,48±0,04	1,11±0,03	2,28±0,14	0,88±0,11
IV	Контроль	2,49±0,18	0,99±0,11	2,46±0,14	0,85±0,09
	АгроМар	2,80±0,15	1,09±0,09	3,01±0,09	1,19±0,04

Применение препарата стимулирует прирост побегов по отношению к контролю на 15%, приводит к увеличению листовой поверхности кустов на 10 % в среднем за весь сезон.

При увеличении общей обводнённости тканей листьев, содержание легкоудерживаемой воды было значительно ниже, чем в контрольных вариантах. Что свидетельствует о повышении защитных функций по отношению к неблагоприятным факторам, то есть повышают водоудерживающую способность тканей листьев (таблица 2).

Такое улучшение водоснабжение тканей листьев и более интенсивных процессов метаболизма не могло не повлиять на показатели урожая. Так, на опытных кустах сорта Каберне Совиньон было отмечено увеличение урожая с куста в среднем на 15,2 %, Ароматный - на

40,5% (таблица 3). Повышение урожая с куста имело место за счет увеличения массы гроздей. На опытных кустах в условиях лета 2016 развились все соцветия, и сохранилось больше гроздей чем на контрольных, то есть защита от болезней была более эффективной. Также наблюдали повышение сахаристости сока ягод.

Таблица 2 – Показатели водного режима листьев растений винограда сортов Ароматный и Каберне Совиньон, % (M±m)

Срок обработки	Вариант	Обводненность тканей	Легкоудерживаемая вода	Водоудерживающая способность	Обводненность тканей	Легкоудерживаемая вода	Водоудерживающая способность
Ароматный				Каберне Совиньон			
I	Контроль	75,01±0,17	18,28±3,07	19,36±1,12	72,12±0,79	36,54±4,67	33,87±1,89
	АгроМар	75,91±0,22	14,47±3,93	24,36±2,08	74,41±1,69	25,14±2,41	51,32±3,56
II	Контроль	69,87±0,58	13,64±0,27	19,32±1,04	69,99±0,51	62,03±2,78	58,97±3,94
	АгроМар	70,65±0,35	13,71±0,99	19,58±0,94	73,63±1,82	42,72±4,89	88,65±4,62
III	Контроль	67,66±0,84	7,06±0,34	7,96±0,12	65,32±1,34	39,96±2,86	47,79±2,76
	АгроМар	68,43±0,19	5,37±0,82	10,41±0,47	67,34±0,65	37,55±4,36	58,92±2,78
IV	Контроль	65,58±2,11	18,02±1,50	17,26±1,12	64,44±0,69	20,09±5,24	30,78±6,12
	АгроМар	68,99±1,22	11,74±1,97	27,44±1,94	65,28±0,12	21,92±10,37	34,45±7,80

Таким образом, некорневые обработки растений винограда сортов Каберне Совиньон и Ароматный АгроМаром стимулируют рост кустов, накопление фотосинтетических пигментов и повышают водоудерживающую способность листьев, а также повышают урожайность винограда. Это свидетельствует о возможной эффективности препарата в условиях юга Одесской области и необходимости дальнейшего исследования данного вопроса.

Таблица 3 – Показатели урожая винограда сортов Ароматный и Каберне Совиньон (M±m)

Вариант	Урожай, кг/куст		Сахаристость сока ягод, г/100 мл	
	Ароматный	Каберне Совиньон	Ароматный	Каберне Совиньон
Контроль	3,53±0,2	6,42±0,4	20,3	17,8
АгроМар	4,96±0,5	7,40±0,2	21,4	18,4

Список литературы

1. Белоус І. В Стратегія розвитку виноградарства і виноробства України та передумови виходу їх продукції на світовий ринок: монографія [Текст]/ Белоус І. В.- Одеса: ННЦ «ІВіВ ім.В. Є. Таїрова», 2015.- 204 с.
2. Власов В.В. Защита виноградных насаждений от болезней и вредителей: практическое пособие / В. В. Власов, М. С. Константинова, Е.А. Шматковская и др. - Одесса: ННЦ «ИВиВ им. В.Е. Таирова», 2014. - 66 с.
3. Шерер В. А. Применение регуляторов роста в виноградарстве и питомниководстве [Текст] / В. А. Шерер, Р. Ш. Гадиев. – К.: Урожай, 1991. - 112 с.
4. Доспехов Б. М. Методика полевого опыта [Текст] – М.: Колос, 1985. - 389 с.
5. Биологическое средство «АгроМар» F AGROMAR F™ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.agromar.com.ua/ru/microbiology/biopreparat-agromarr.html>

ИНДУКЦИЯ СИГНАЛЬНЫХ И АДАПТИВНЫХ РЕАКЦИЙ В КОРНЕ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ТОКСИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ НИКЕЛЯ И КОМПЛЕКСОВ НИКЕЛЬ-ГИСТИДИН

В.С. Мацкевич, В.В. Самохина, Н.А. Кузнецова, А.А. Чичко, Соколик А.И., В.В. Демидчик

Белорусский государственный университет; Минск, Беларусь, e-mail: v.mackievic@gmail.com

Никель (Ni²⁺) является очень распространенным металлом-загрязнителем, но механизм его токсического и регуляторного действия не ясен. Как средство борьбы с избытком Ni²⁺ растения используют синтез свобод-

ного гистидина (Гис). В настоящей работе была протестирована гипотеза, согласно которой комплексы Ni^{2+} -Гис₁₍₂₎ имеют выраженную редокс-активность и могут влиять на сигнальные процессы клетки, изменяя характер экспрессии генов, участвующих в метаболизме АФК.

Тяжелые металлы являются одной из основных причин потери урожая, а также повреждения дикой флоры на техногенно-загрязненных территориях. Среди них принципиальное значение имеет никель (Ni^{2+}), так как он исключительно широко используется в промышленности [1]. В небольших количествах Ni^{2+} необходим для жизнедеятельности растительного организма, являясь структурным элементом уреазы и участвуя в разложении мочевины [1]. Тем не менее, высокие уровни Ni^{2+} крайне токсичны для всех живых систем, включая высшие растения [1, 2]. Токсичность никеля, как и других переходных металлов, связана с высокоаффинным связыванием с важнейшими органическими лигандами биополимеров клетки и с генерацией активных форм кислорода (АФК), таких как гидроксильные радикалы и др., в ходе реакции Габер-Вейса [4].

Тем не менее, свободный ион Ni^{2+} в стандартных биологических условиях не демонстрирует высокой способности к данной реакции [4]. Поэтому механизм Ni^{2+} -индуцированных повреждений, схожих по характеру с теми, которые вызываются гидроксильными радикалами, до конца не понятен. Предполагается, что он связан с возрастанием редокс-активности Ni^{2+} в форме органических комплексов, в особенности, с гистидиновыми группами белков, к которым никель проявляет крайне высокое сродство [5]. Как механизм борьбы с избытком Ni^{2+} растения используют синтез свободного гистидина (Гис), который предположительно связывает Ni^{2+} , препятствуя его взаимодействию с белками [5]. Однако комплекс Ni^{2+} -Гис₁₍₂₎ имеет выраженную редокс-активность и потенциально, кроме прямой защиты от Ni^{2+} , может выполнять функции переносчика электронов и генераторов АФК [4]. Физиологическая значимость редокс-активности комплексов Ni^{2+} -Гис₁₍₂₎ для растений не изучена. В настоящей работе была протестирована гипотеза, согласно которой данные комплексы могут влиять на сигнальные процессы клетки, изменяя характер экспрессии генов, участвующих в метаболизме АФК.

Опыты проводились на 5-10-дневных проростках *Arabidopsis thaliana* L. Heynh. экотипа WS-0 (Wassilewskija) и Col-0. Также использовались нокаутные мутанты *gork1-1*, лишенные функционального K^+ -канала GORK; *gork1-1* с возмещенным нативным GORK; *gork1-1*, экспрессирующий GORK с модификацией АФК-чувствительного центра (аминокислоты цистеин по положению 151 на серин). Данные линии GORK были предоставлены группой профессора Инго Дреера (Университет Тальки, Чили). В работе также были использованы растения Col-0, экспрессирующие экворин [3]. Наличие модифицированных транскриптов, а также уровни экспрессии GORK, были верифицированы с помощью оригинальных праймеров и количественной ПЦР. Культура целых растений выращивалась вертикально из семян на чашках Петри (100% среды Мурашиге и Скуга, 0,25% фитагеля, 1% сахарозы, pH 6) с использованием оптимизированных протоколов [3]. В работе были использованы следующие методики: ростовые тесты в стерильной культуре, стандартная экворинорвая люминометрия и подходы количественного определения цитоплазматической активности Ca^{2+} ($[Ca^{2+}]_{цит.}$), спектроскопия электронного парамагнитного резонанса (ЭПР), эпифлуоресцентная микроскопия, анализ морфологических и биохимических симптомов запрограммированной клеточной гибели (ЗКГ) и методика количественного ПЦР-анализа [3].

Анализ ингибирующего воздействия различных уровней Ni^{2+} на рост основного корня показал классическую S-образную зависимость, согласно которой полумаксимальный эффект достигался при введении 0,2-0,3 мМ Ni^{2+} , а полное ингибирование развивалось при добавлении 3 мМ Ni^{2+} . Комплекс Ni^{2+} -Гис₁₍₂₎ снижал токсическое действие Ni^{2+} на рост корня, смещая кривую ингибирования приблизительно на половину порядка в сторону более высоких уровней Ni^{2+} . Гис также модифицировал вызываемую Ni^{2+} запрограммированную гибель клеток корня, препятствуя ее развитию при высоких уровнях данного металла в среде. Интересно, что рост основного корня нокаутных мутантов *gork1-1*, лишенных функционального K^+ -канала GORK, а также растений с модифицированным АФК-чувствительным центром в

канале GORK демонстрировал пониженную чувствительность к Ni^{2+} по сравнению с растениями дикого типа и *gork1-1* с возмещенным нативным GORK. Это свидетельствует о том, что АФК-активируемый K^+ -канал GORK может выступать в роли одной из первичных мишеней токсического действия Ni^{2+} .

Добавление 0,01-3 мМ Ni^{2+} к корням растений, экспрессирующих экворин, не вызывало изменений $[\text{Ca}^{2+}]_{\text{цит.}}$, однако добавление его на фоне Гис (Ni^{2+} -Гис₁₍₂₎) индуцировало значительное временное увеличение $[\text{Ca}^{2+}]_{\text{цит.}}$, т.е. стимулировало Ca^{2+} -сигнал. По форме и фармакологическому профилю данный сигнал был схож с сигналами, индуцируемыми гидроксильными радикалами. Опыты с ЭПР-спектроскопией и спиновой ловушкой 5,5-диметил-1-пирролин-N-оксидом (ДМПО) показали, что Ni^{2+} не вызывает формирования гидроксильных радикалов в стандартных биологических условиях в присутствии 1 мМ L-аскорбата и 1 мМ H_2O_2 . В то же время, введение Ni^{2+} -Гис₁₍₂₎ вызывало мощный синтез гидроксильных радикалов.

В работе была протестирована экспрессия группы генов (16 генов), активность которых часто связывают с абиотическими стрессовыми воздействиями, включая никелевый стресс (рисунок). Значительное увеличение относительной концентрации транскрипта под действием Ni^{2+} было отмечено для НАДФН-оксидазы RbohC, глутатион-редуктазы GR1, Ca^{2+} -зависимой протеинкиназы CPK6, супероксиддисмутазы CSD2, каталазы CAT2, K^+ -канала GORK, а также некоторых других генов. Гис снижал Ni^{2+} -зависимую стимуляцию экспрессии данных генов. Соответственно, Гис частично блокировал никель-индуцируемое изменение экспрессии ключевых генов редокс-метаболизма. Примечательно, что только в присутствии Гис и Ni^{2+} индуцировалась экспрессия гена, кодирующего циклин B CysB2.

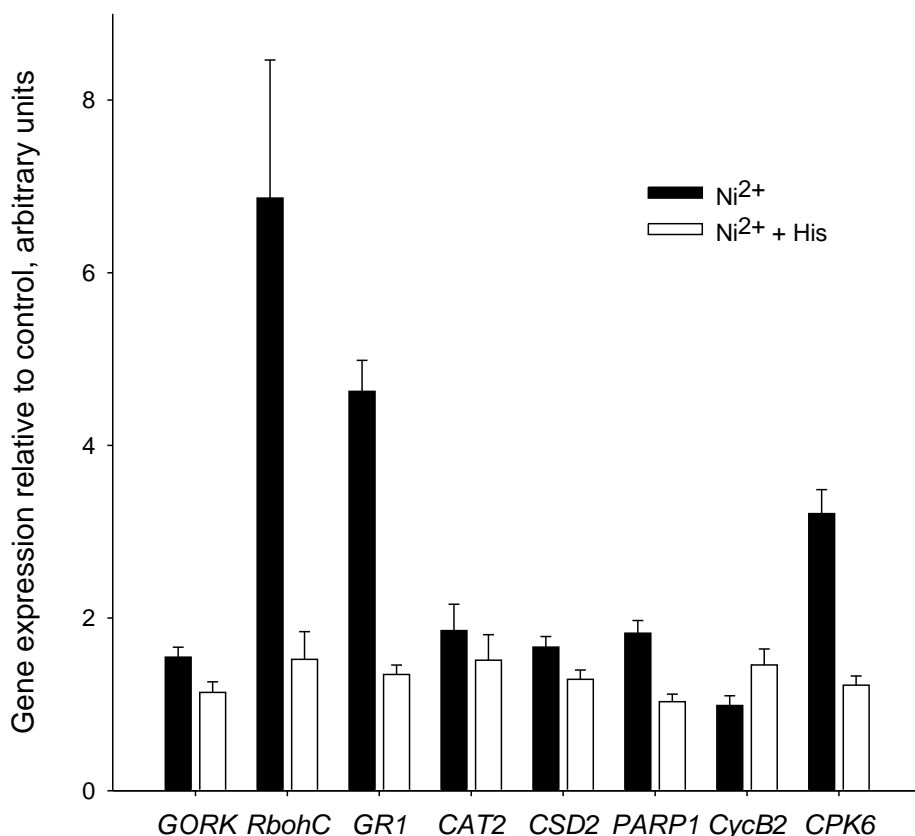


Рисунок – Влияние добавки никеля и смеси, генерирующей никель-гистидиновые комплексы на относительную концентрацию транскриптов генов, вовлеченных в адаптацию высших растений к окислительному и тяжелометаллическому стрессам.

Использовались растения *Arabidopsis thaliana*. 3 мМ NiCl_2 (черный) и 3 мМ NiCl_2 + 6 мМ L-His (белый) вводились в среду выращивания.

На основе полученных результатов предложен механизм воздействия Ni^{2+} на сигнально-регуляторные системы клеток корня в присутствии Гис. Согласно данному механизму

внеклеточный Гис, формируя комплексы с Ni^{2+} , активирует у данного металла способность к редокс-реакциям, таким как передача электронов на кислород при синтезе АФК, в частности, гидроксильных радикалов. Таким образом, комплексы Ni^{2+} -Гис₁₍₂₎ способны вступать в фентоновские превращения и катализировать генерацию гидроксила и возможно других АФК, активирующих Ca^{2+} -проницаемые катионные каналы (ответственные за повышение уровня $[Ca^{2+}]_{цит.}$). Умеренный рост $[Ca^{2+}]_{цит.}$ может приводить к модификации экспрессии генов и активировать механизмы клеточной защиты и репарации. В то же время, перегрузка цитоплазмы Ca^{2+} также в дальнейшем может индуцировать запрограммированную клеточную гибель.

Список литературы

1. Серегин И.В. Физиологическая роль никеля и его токсическое действие на высшие растения / И.В. Серегин, А.Д. Кожевникова // Физиология растений. – 2006. – Т 53. – С. 285–308.
2. Bergmann W. Nutritional disorders of plants - development, visual and analytical diagnosis / W. Bergmann – Heidelberg: G. Fisher, 1992. – 368 p.
3. Demidchik V. *Arabidopsis* root K^+ efflux conductance activated by hydroxyl radicals: single-channel properties, genetic basis and involvement in stress-induced cell death / V. Demidchik [et al.] // Journal of cell science. – 2010. – Vol. 123. – P. 1468–1479.
4. Halliwell B. Free radicals in biology and medicine / B. Halliwell, J.M.C. Gutteridge – Oxford, UK: OUP, 1999. – 936 p.
5. Krämer U. Free histidine as a metal chelator in plants that accumulate nickel / U. Krämer [et al.] // Nature. – 1996. – Vol. 379. – P. 635–638.

МОЛЕКУЛЯРНЫЙ МЕХАНИЗМ ИНДУКЦИИ КАЛИЙ-ЗАВИСИМОЙ ЗАПРОГРАММИРОВАННОЙ КЛЕТОЧНОЙ ГИБЕЛИ В КОРНЕ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ

В.С. Мацкевич, В.В. Самохина, Н.А. Кузнецова, А.А. Чичко, Соколик А.И., В.В. Демидчик

Белорусский государственный университет; Минск, Беларусь, e-mail: v.mackievic@gmail.com

Запрограммированная клеточная гибель (ЗКГ) является ключевым процессом у всех эукариот и играет важную роль в развитии и выживании организмов. Хорошо известна функция ЗКГ в качестве защитного механизма при биотическом стрессе, однако развитие ЗКГ, особенно в клетках корня, при абиотических воздействиях изучено слабо. В данной работе продемонстрировано вовлечение наружу-выпрямляющих K^+ каналов GORK в первичные ответные реакции клеток ризодермы арабидопсиса на абиотические стресс-факторы.

Запрограммированная клеточная гибель (ЗКГ) играет основополагающую роль в процессах роста и развития растений, а также участвует в ответе растительной клетки на широкий спектр биотических и абиотических стресс-факторов [1]. Важнейшими из них являются засоление, атака патогенных организмов, засуха, высокие концентрации тяжелых металлов, механический стресс (ранение), экстремальные температуры, ксенобиотики, озон, ультрафиолет и т.д. ЗКГ – генетически детерминированная программа смерти клеток, для которой характерна определенная симптоматика. Реализация ЗКГ сопровождается изменениями морфологии клетки, вызывая модификацию структуры ядра и цитоплазмы, конденсацию хроматина, нарушения целостности мембран [2, 3]. Также наблюдается повышение концентрации Ca^{2+} , активация каспазоподобных протеаз, фитоспаз, эндонуклеаз, фрагментация ядерной ДНК, образование активных форм кислорода (АФК) и утечка K^+ из цитоплазмы. В проявлении последнего симптома активное участие принимают K^+ -каналы, в частности наружу-выпрямляющие K^+ -каналы GORK [2, 3, 4]. Понимание молекулярных механизмов ЗКГ имеет большое значение для создания мероприятий по защите сельскохозяйственных культур от биотических и абиотических стресс-факторов. Поэтому целью настоящей работы являлось выявление особенностей развития симптомов ЗКГ, индуцированной абиотическими стресс-факторами, в клетках корня арабидопсиса.

В экспериментах были использованы корни 5-7-дневных проростков *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. четырех линий: 1) дикий тип Wassilevskija – ‘WS-0’; 2) нокаутные мутанты *gork1-1*, лишенные функционального белка GORK, кодирующего наружу-выпрямляющий K⁺-канал; 3) *gork1-1*, экспрессирующий GORK с заменой аминокислоты Цис-151 на Сер в АФК-чувствительном центре канала (C151S-GORK); 4) *gork1-1* с возмещенным нативным GORK (компл. GORK). Данные линии были любезно предоставлены группой профессора Инго Дреера (Университет Тальки, Чили). Наличие модифицированных транскриптов было верифицировано с помощью оригинальных праймеров и методики количественного ПЦР-анализа. Культура целых растений выращивалась вертикально из семян на чашках Петри (100% среды Мурашиге и Скуга, 0,25% фитогеля, 1% сахарозы, pH 5,8-6,0) с использованием стандартных протоколов [2]. Для создания стрессовых условий использовали следующие растворы: 1) 200 ммоль/л NaCl; 2) 1 ммоль/л Cu²⁺, 1 ммоль/л L-аскорбиновая кислота, 1 ммоль/л H₂O₂ (Cu/a); 3) 10 ммоль/л H₂O₂. Использовался инвертированный флуоресцентный микроскоп Nikon Eclipse TS100F и приложения среды NIS Elements Imaging Software (Nikon, США). Для выявления развития морфологических симптомов ЗКГ отбиралось 10 выборок по 50 клеток отдельно для трихобластов и атрихобластов. Жизнеспособность клеток корня определяли с помощью красителя Evans Blue. Тест на активацию каспазоподобных протеаз проводили с помощью CaspACE FITC-VAD-fmk in situ marker kit (Promega).

Обработка корней высокими концентрациями NaCl индуцировала развитие морфологических симптомов ЗКГ в ризодерме, прогрессирующих в течение 2 сут и приводящих к практически полному отмиранию данной ткани. Доля клеток с симптомами ЗКГ была выше у растений дикого типа, чем у растений *gork1-1* и C151S-GORK (рисунок). Линия *gork1-1* с возмещенным нативным каналом GORK демонстрировала сходную реакцию с диким типом (рисунок). При этом корневые волоски имели большую чувствительность к NaCl, чем зрелые атрихобласты. Аналогичная тенденция наблюдалась и в случае воздействия Cu/a и H₂O₂: *gork1-1* и C151S-GORK имели замедленную реакцию на стресс.

Выдерживание проростков арабидопсиса в растворах, содержащих NaCl, Cu/a и H₂O₂, на протяжении 15 часов приводило к активации каспазоподобных протеаз. У нокаутных растений по калиевому каналу GORK и у линии с заменой аминокислоты Цис-151 уровень стресс-индуцированной активности протеаз ЗКГ был значительно ниже, чем у дикого типа. Это указывает на вовлечение белковых продуктов гена *Gork* в развитие ЗКГ в корне, при этом в GORK сенсором выступает Цис-151. Оценка жизнеспособности с использованием Evans Blue показала, что при обработке растений стресс-растворами наблюдалось увеличение накопления красителя в ризодермальных клетках, что свидетельствует о повреждении целостности мембран и отмиранию данной ткани. При этом различия между линиями были незначительными, так как данный метод имеет меньшую чувствительность.

Ионы тетраэтиламмония (блокаторы K⁺-каналов) в значительной степени снижали скорость развития симптомов ЗКГ при оксидативном стрессе и в меньшей степени при засолении. Тиомочевина, представляющая собой агент, устраняющий гидроксильные радикалы, значительно снижала скорость появления симптомов ЗКГ при оксидативном стрессе и в действии NaCl.

В настоящей работе было установлено, что в большинстве случаев у растений дикого типа развитие симптомов ЗКГ происходит быстрее, чем у растений *gork1-1*, лишенных функционального наружу-проводящего K⁺-канала. Кроме того, блокаторы K⁺-каналов (TEA⁺) и агент, устраняющий гидроксильные радикалы (тиомочевина) снижали долю клеток, имеющих симптомы ЗКГ, в особенности, в случае влияния оксидативного стресса.

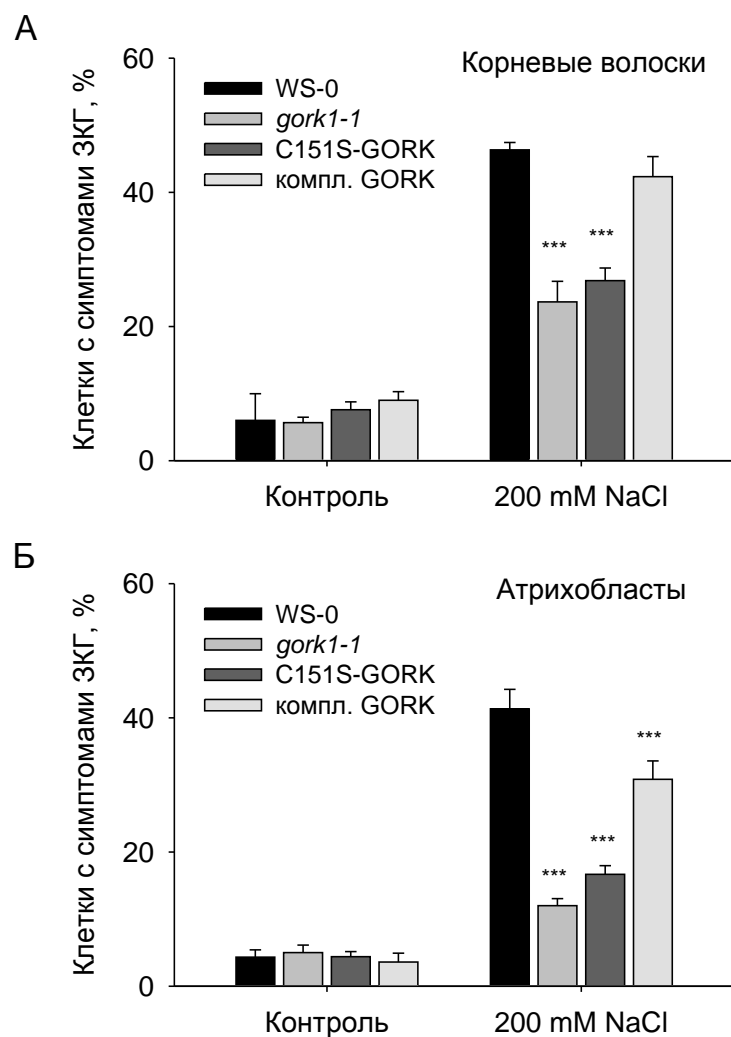


Рисунок – Доля корневых волосков (А) и атрихобластов (Б) с симптомами ЗКГ при инкубировании проростков арабидопсиса в течение 15ч в буфере (контроль) и в растворе, содержащем 200 ммоль/л NaCl. Достоверность рассчитывалась по отношению к контролю: * – $p < 0,0001$ (n=10)**

Таким образом, можно предложить следующую последовательность ранних стадий ЗКГ, вовлекающих системы плазматической мембраны клеток ризодермы: 1) рецепция на уровне ионных каналов или деполяризация вызывает выход K^+ и вход Ca^{2+} , приводящий к активации НАДФН-оксидаз, генерирующих АФК; 2) катионные каналы дополнительно активируются АФК, при этом сенсором выступает Цис-151 в канале GORK; 3) индуцируются K^+ - и Ca^{2+} -зависимые каспазоподобные протеазы, которые гидролизуют структурные белки, ферменты и стимулируют необратимые превращения, приводящие к ЗКГ.

Список литературы

1. Demidchik V. *Arabidopsis* root K^+ efflux conductance activated by hydroxyl radicals: single-channel properties, genetic basis and involvement in stress-induced cell death / V. Demidchik [et al.] // Journal of cell science. – 2010. – Vol. 123. – P. 1468–1479.
2. Demidchik V. Stress-induced electrolyte leakage: the role of K^+ -permeable channels and involvement in programmed cell death and metabolic adjustment / V. Demidchik [et al.] // Journal of experimental botany. – 2014. – Vol. 65. – P. 1259–1270.
3. Hogg B. V. An in vivo root hair assay for determining rates of apoptotic-like programmed cell death in plants / B. V. Hogg [et al.] // Plant Methods. – 2011. – Vol. 7. – P. 567-578.
4. Vartapetian A. B. A plant alternative to animal caspases: subtilisin-like proteases / A. B. Vartapetian [et al.] // Cell Death and Differentiation. – 2011. – Vol. 18. – P. 1289–1297.

ВОЗДЕЙСТВИЕ L-АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ НА УРОВЕНЬ АКТИВНОСТИ ИОНОВ КАЛЬЦИЯ В ЦИТОПЛАЗМЕ КЛЕТОК КОРНЯ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ

М.А. Маковицкая, Е.В. Кратик, И.Ю. Новосельский, П.В. Гриусевич, Д.Е. Стрельцова, А.И. Соколик, В.В. Демидчик

Белорусский государственный университет; Минск, Беларусь, e-mail: makovitskayama@gmail.com

*Сигнальная роль аскорбата в растениях остается практически неизученной. С использованием эквориновой люминометрии растений, экспрессирующих Ca^{2+} -связывающий фотобелок экворин, выявлены закономерности воздействия L-аскорбиновой кислотой на уровень цитоплазматической активности Ca^{2+} в клетках корня *Arabidopsis thaliana*. Показано, что аскорбат индуцирует значительное по амплитуде увеличение активности Ca^{2+} в результате гидроксил-зависимой активации Ca^{2+} -проницаемых ионных каналов.*

Внеклеточный (экзогенный) аскорбат (L-аскорбиновая кислота) не часто рассматривается как агент, способный инициировать сигнальные события в клетках живых систем. Для растений такая роль аскорбата практически не изучена. В настоящей работе тестировалась гипотеза, согласно которой экзогенный аскорбат способен индуцировать временное повышение активности Ca^{2+} в цитоплазме, представляющее собой важнейшее сигнальное явление в растительной клетке. Такое повышение обычно называют «кальциевой сигнализацией», которая широко встречается в животном и растительном мире. В работах на животных было показано, что аскорбат может выходить из клеток через анионные каналы плазматической мембраны, и вероятно накапливаться в миллимолярных уровнях в наружном примембранном пространстве. У растений аскорбат может напрямую синтезироваться в апопласте в результате ферментов клеточной стенки.

Эксперименты проводились с интактными корнями 5-12-дневный проростков *Arabidopsis thaliana* L. Heynh. Col-0, конститутивно экспрессирующими экворин в цитоплазме. Ca^{2+} - сигнал измерялся, как описано в работе [1, 2]. Также использовалась стандартная спектроскопия электронно-парамагнитного резонанса (ЭПР) согласно ранее разработанным в нашей лаборатории протоколам [3].

В результате проведенных экспериментов было показано, что L-аскорбиновая кислота, введенная во внеклеточное пространство, активирует вход Ca^{2+} в клетки корня арабидопсиса, что приводит к временному обратимому увеличению $[Ca^{2+}]_{цит.}$, т.е. к индукции Ca^{2+} -сигналов (рисунок). Эффект развивался при концентрации аскорбата в среде выше 0,1 мМ, демонстрируя выход на насыщение при уровнях 10 мМ. Ионы меди и железа усиливали аскорбат-индуцируемое увеличение уровня Ca^{2+} в цитоплазме, а добавление блокаторов Ca^{2+} -каналов (Gd^{3+} и La^{3+}) или антиоксидантов (тиомочевина и ДМСО) его снижали, что также свидетельствует о необходимости генерации гидроксильного радикала при развитии сигнальных явлений под действием аскорбата. Влияние L-аскорбиновой кислоты на уровень цитоплазматического Ca^{2+} ингибировалось при введении в среду хелаторов меди и железа - батокупроина и дефероксамина.

По результатам опытов, выполненных с использованием спектроскопии ЭПР было также показано, что стрессоры (засоление, элиситоры) способны стимулировать образование аскорбильных радикалов. Это может быть связано с увеличением выделения или синтеза аскорбата в апопласте корней в условиях стресса. Примечательно, что у растений-мутантов, лишенных функционального K^+ -канала GORK, высвобождение аскорбата, было выше по сравнению с растениями дикого типа. В этом случае аскорбат вероятно выполнял роль иона-компенсатора, выход которого необходим для балансировки изменения осмотического и электрического потенциала в результате потери K^+ .

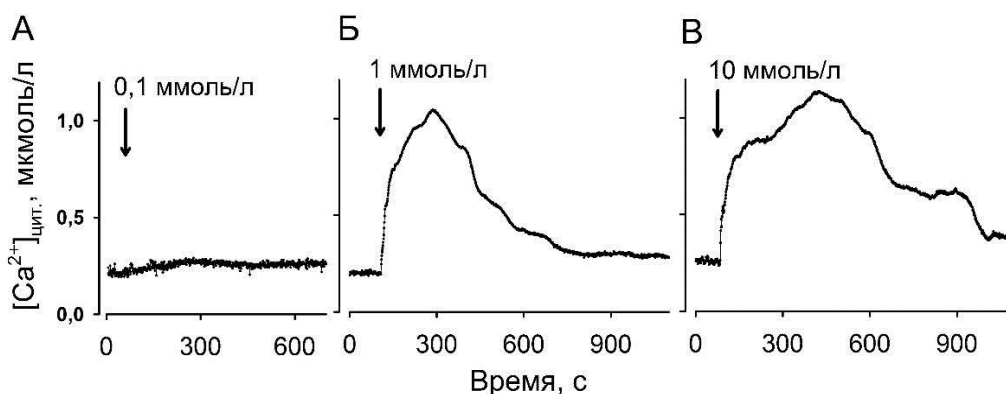


Рисунок – Влияние различных концентраций L-аскорбиновой кислоты на активность Ca^{2+} в цитоплазме клеток корня *Arabidopsis thaliana*. А, Б и В – 0,1, 1 и 10 мМ L-аскорбиновой кислоты, соответственно. Стрелкой обозначен момент добавления в среду аскорбата. Наружный раствор содержал буферную систему Трис/Мес (рН 6), 4 мкг мл⁻¹ целентеразина и 10 мМ CaCl_2

Таким образом, полученные данные показали наличие в клетках корней арабидопсиса сигнальной Ca^{2+} -зависимой системы, распознающей L-аскорбиновую кислоту. Данный сигнальный феномен, вероятно, связан с генерацией под действием аскорбата гидроксильных радикалов, которые способны активировать Ca^{2+} -проницаемые ионные каналы.

Список литературы

1. *Arabidopsis* root K^+ efflux conductance activated by hydroxyl radicals: single-channel properties, genetic basis and involvement in stress-induced cell death / V. Demidchik, T.A. Cuin, D. Svistunenko, S.J. Smith, A.J. Miller, S. Shabala, A. Sokolik, V. Yurin // *Journal of cell science*. – 2010. – Vol. 123, № 13. – P. 1468–1479.
2. Plant extracellular ATP signaling by plasma membrane NADPH oxidase and Ca^{2+} channels / V. Demidchik, Z. Shang, R. Shin, E. Thompson, L. Rubio, S. Chivasa, A.R. Slabas, B.J. Glover, D.P. Schachtman, S.N. Shabala, J.M. Davies // *Plant journal*. – 2009. – Vol. 58, № 6. – P. 903–913.
3. Sosan A, Svistunenko D, Straltsova D, Tsiurkina K, Smolich I, Lawson T, Subramaniam S, Golovko V, Anderson D, Sokolik A, Colbeck I, Demidchik V (2016) Engineered silver nanoparticles are sensed at the plasma membrane and dramatically modify physiology of *Arabidopsis thaliana* plants. *Plant Journal* 85: 245-257.

ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИОННЫХ СОРТООБРАЗЦОВ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО ПО БИОХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ МАСЛА И МАССЕ СЕМЯН

А.А. Максимчук¹, Ю.О. Махно², В.И. Левченко³

Институт масличных культур НААН Украины; пос. Солнечный, Украина,
e-mail: maximchuk.nastia@ukr.net

В статье приведены данные корреляционных связей ненасыщенных жирных кислот между собой и масличностью, а также между α-линоленовой кислотой (АЛК) и массой тысячи семян у двух выборок (линии мутантов Солнечного и гибридов F₄ (Солнечный × М45)), распределенных на 3 группы: высоко-, средне- и низколиноленовые. Установлено, что в низколиноленовых образцах содержание АЛК в средней степени отрицательно коррелировало с содержанием линоленовой кислоты, то же в отношении олеиновой-линолевой кислот. У высоколиноленовых образцов - позитивная корреляционная связь АЛК и массы 1000 семян.

Лен – одна из важнейших технических культур мира. По данным ФАО (англ. Food and Agriculture Organization - продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН) он занимает около 4 млн. га посевных площадей [5]. При его выращивании получают три ценных вида продукции – высококачественное волокно, масло и техническое сырье (костру). Наибольшие посевные площади льна масличного сосредоточены в Канаде, Аргентине, Китае, Индии, США, России. В Украине основные посевные площади льна масличного сосредоточены в Днепропетровской, Запорожской, Николаевской, Херсонской областях и в АР Крым. В среднем каждый год площади его посева занимают около 60 тыс. га.

Основным фактором, способствующим росту посевных площадей под льном, в настоящее время является экономический. Лен считается наиболее урожайной ранней яровой масличной культурой (потенциал урожайности составляет до 20 ц/га). Еще одна важная особенность - агротехническая. Благодаря ранним срокам сева (март-апрель), короткого периода вегетации (до 90 дней) лен является хорошим предшественником для большинства сельскохозяйственных культур, в том числе озимой пшеницы. Этот факт делает его идеальной страховой культурой в случае гибели озимых [4].

В семенах льна масличного содержится жирное высыхающее масло (30 – 48 %), в состав которого входят триглицериды полиненасыщенных линоленовой (35 – 45 %), линолевой (25 – 35 %) кислот – витамин F, мононенасыщенной олеиновой (15 – 20%) и насыщенных пальмитиновой и стеариновой кислот (9 - 11 %); слизь (5 – 12 %), белок (18 – 33%), углеводы (12 – 26 %), ферменты, макро - и микроэлементы, стеролы, витамины: А, Е, D, группы В и упоминавшийся витамин F [3]. Для различных отраслей промышленности необходимы сорта масличного льна с разным содержанием АЛК и соотношением жирных кислот. Однако, использование льняного масла обычных технических масличных сортов в пищу ограничено из-за его высокой нестабильности. Для пищевых целей необходимо низкое содержание в семенах АЛК (до 5 %), что способствует уменьшению окисления масла и сохранению его качества. Так же установлено, что пищевые сорта льна (низколиноленовые) характеризуются меньшей массой 1000 семян, чем технические.

С помощью коэффициентов корреляции оценивают связи между различными признаками на генотипическом и фенотипическом уровнях, изучаются взаимосвязи с факторами среды, закономерности передачи признаков от родителей к потомству.

На сегодняшний день, в селекции актуальными и приоритетными направлениями являются проведение селекционных работ по выведению сортов льна пищевого назначения с хорошей массой тысячи семян, а также на получение интересных сортов технического и медицинского направлений. Для эффективного ведения селекционной работы важно установить, как происходит изменение одних параметров характеристики генотипа на другие.

То есть, в данном случае необходимо выяснить, как будут влиять на содержание масла в семенах льна изменения соотношения между жирными кислотами в его составе, а также, за счет каких кислот возможно повышение содержания олеиновой или снижение линоленовой кислот.

Биосинтез жирных кислот льна происходит в следующем порядке: посредством ферментов элонгации пальмитиновая кислота ($C_{16:0}$) превращается в стеариновую ($C_{18:0}$); при помощи стеарол-АСР десатураз, кодирующихся генами SAD1 и SAD2, стеариновая кислота переходит в олеиновую ($C_{18:1}$); далее при помощи десатураз-2, кодируемых генами FAD2A и FAD2B (продукт последнего гена имеет гораздо большее влияние на признак) из предыдущей образуется линолевая кислота ($C_{18:2}$); два независимых гена LuFad3A и LuFad3B кодируют изоформы фермента микросомальной ω -3 десатуразы, которая окисляет линолевую кислоту до α -линоленовой ($C_{18:3}$). Таким образом, видим, что процесс идет в направлении к появлению и увеличению количества двойных связей, последним звеном которого является ω -3 жирная кислота. Для здорового питания важным моментом является достижение оптимального соотношения ω -6/ ω -3 жирных кислот. Для обычного рациона оно должно составлять 5–10/1, а для лечебного – 3–5/1. Большинство сортов имеют соотношение \sim 0,25/1 [1].

В качестве материала для исследования служили семена 88 мутантных образцов и 136 образцов гибридного материала поколения F₄ (гибридная комбинация – сорт Солнечный × M45) из коллекции лаборатории селекции льна Института масличных культур НААН. Содержание жирных кислот в масле льна определяли методом газожидкостной хроматографии на приборе «Сэлмихром - 1», масличность семян – на приборе ЯМР-2006. Математическая обработка данных проводилась в программе Excel 2016.

Для того, чтобы иметь представления об общем виде выборок, разрозненности их параметров, но не предоставлять значения каждого образца совокупностей, покажем коэффициенты вариации этих выборок, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Степень вариации коллекционных сортообразцов льна масличного (2014-2016 гг.)

Коэф. вариации (V),%	Олеиновая (C _{18:1}), %	Линолевая (C _{18:2}), %	Линоленовая (C _{18:3}), %	Масса 1000 шт., %	Масличность, %
Мутантные образцы	11,12	28,60	49,29	10,60	5,34
Гибридный материал F ₄	9,02	41,96	64,96	10,33	23,17

Варьирование принято считать незначительным, если оно не превышает 10%, средним – 10-20% и значительным, если оно более 20% [2]. Из таблицы 1 видно, что гибридный материал отличается по коэффициенту вариации от мутантных образцов, особенно по масличности и линоленовой кислоте. Что касается обеих выборок: наименее вариативен признак значения массы тысячи семян и уровня олеиновой кислоты в масле, видим значительное варьирование по содержанию линолевой и линоленовой кислоты.

Поэтому, обе выборки распределили на 3 группы: низколиноленовые (до 10 % ω-3, пищевые), среднелиноленовые (11-30 % ω-3, медицинские) и высоколиноленовые (от 31% ω-3, технические образцы). Результаты анализа корреляционных связей ЖКС, масличности и массы 1000 семян в каждой из подгрупп обеих выборок представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Корреляционная зависимость между жирными кислотами, масличностью и массой 1000 семян у низко-, средне- и высоколиноленовых образцов льна масличного (2014-2016 гг.)

Признак	Назв. гр.	Низколиноленовые			Среднелиноленовые			Высоколиноленовые		
		C18:3	C18:2	C18:1	C18:3	C18:2	C18:1	C18:3	C18:2	C18:1
Маслич.	М.	-0,25	0,5*	-0,37	0,17	-0,03	-0,44**	0,06	-0,1	0,08
	F ₄	0,07	0,26	-0,39*	0,23	-0,13	-0,03	-0,23	0,26*	-0,07
Масса 1000 с.	М.	-0,15			-0,001			0,28**		
	F ₄	-0,07			-0,08			0,54***		
C18:3	М.		-0,59*	-0,21		-0,86	-0,21		-0,61*	-0,26
	F ₄		-0,57***	-0,25		-0,96	0,39		-0,97	-0,42***
C18:2	М.			-0,65**			-0,25			-0,35
	F ₄			-0,63***			-0,58**			0,23

*, **, *** - корреляционная связь является статистически значимой при P= 0,95, 0,99 или 0,999

Для получения данных использовали критерий корреляции Пирсона, как метод параметрической статистики, позволяющий определить наличие или отсутствие линейной связи между двумя количественными показателями, а также оценить ее тесноту и статистическую значимость [5].

Силу связи определяли прямолинейным корреляционным анализом в изложении Б.А. Доспехова, где сильная корреляционная связь выражается коэффициентом от 0,7 до 0,99, средняя – от 0,3 до 0,69, слабая – до 0,29.

Если сравнивать низколиноленовые подгруппы выборок, то видим среднюю отрицательную корреляцию доли олеиновой и линолевой, и линолевой-линоленовой кислот в масле. Это характерно для низколиноленового масла [6] из-за резкого уменьшения содержания олеиновой и линоленовой кислот в пользу линолевой, в связи с чем отмечается также именно ее больший вклад в процент масличности, особенно у мутантов.

Для льна среднелиноленового содержания (медицинского направления) общих черт в выборках не наблюдаем. Более высокая, т.е. средняя значимая негативная корреляция отношений олеиновая-линолевая кислота у гибридов F₄, по сравнению с мутантами, объясняется изначально на порядок меньшим содержанием олеиновой кислоты в образцах (у первых она в среднем 15%, а у вторых - 30%). На фоне этого у мутантов и проявляется средняя положительная корреляция мононенасыщенной олеиновой кислоты и масличности.

Для технических образцов обеих выборок общей четкой чертой является позитивная корреляционная связь процента содержания линоленовой кислоты и массы 1000 семян. Также высокая негативная корреляция линолевой и линоленовой кислоты, так как последняя синтезируется по цепочке за счет первой. Характерна средняя негативная корреляция олеиновой и линоленовой кислот, по тем же причинам, что и с линолевой. Интересным характерным моментом только для высоколиноленовых гибридов является заметная слабая позитив-

ная корреляция линоленовой кислоты и масличности, чего не наблюдается у мутантов. Это может объясняться генетическими различиями.

В результате оценки образцов льна масличного установлена средняя отрицательная корреляция между содержанием олеиновой-линолевой ($r = -0,65^{**}$ и $r = -0,63^{***}$) и линолевой-линоленовой кислотой ($r = -0,59^*$ и $r = -0,57^{***}$) в низколиноленовой группе. В среднелиноленовой группе общих значимых отличий не наблюдалось, играют роль генетические отличия между выборками. В высоколиноленовой группе выявлена позитивная корреляционная связь линоленовой кислоты и массы 1000 семян ($r = 0,28^{**}$ и $r = 0,54^{***}$).

Список литературы

1. Брач Н. Б. Перспективы создания сортов масличного льна специализированного назначения / Н. Б. Брач, М.
2. , Е. А. Пороховинова, Т. В. Шеленга // Аграрный вестник Юго-Востока. Вып.1-2(14-15) – Саратов, 2016. – С. 50-52.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. -С.141-144.
4. Ипатова О. М. Биологическая активность льняного масла как источника омега-3 альфа-линоленовой кислоты / О.М. Ипатова, Н.Н. Прозоровская, В.С Баранова, Д.А. Гусева // Биомедицинская химия, Т. 50 №12004, с.25-27
5. Овчаченко Е. Украинский рынок льна: тенденции и перспективы, [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.apk-inform.com/ru/exclusive/topic/111957#.U1zwU6hS4ds>.
6. Пороховинова Е.А., Шеленга Т.В., Косых Л.А., и др. Биохимическое разнообразие льна по жирнокислотному составу семян в генетической коллекции ВИР и влияние условий среды на его проявление/ Е. А. Пороховинова, Т. В. Шеленга, Л. А. Косых // Генетические основы эволюции экосистем. – 2016. – Т. 14. №1 – С. 13-26.
7. Товстановская Т.Г. Корреляционные взаимосвязи между биохимическими показателями масла и продолжительностью основных фаз вегетации коллекционных образцов льна масличного // Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. Вып. 1 (157-158), 2014

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ВЕШЕНКИ ОБЫКНОВЕННОЙ

А.О. Николаенкова, О.И. Суходольская, О.А. Бокова, Т.В. Каленчук

Учреждение образования «Полесский государственный университет»; Пинск, Беларусь,
e-mail: slastena_2010god@mail.ru

Эпин и Циркон – экологически безопасные для человека и окружающей среды препараты, обладающие широким диапазоном физиологического действия. Изучено влияние биостимуляторов в концентрациях 0,025мл/л, 0,05мл/л, 0,075мл/л, 0,1мл/л, 0,125мл/л при поверхностном культивировании в чашках Петри на среде КСА гриба вешенки обыкновенной.

Вешенка обыкновенная, или устричная (*Pleurotus ostreatus*) – это съедобный гриб с хорошими пищевыми качествами, стоящий по объемам культивирования в ряде стран на втором месте после шампиньона двуспорового. Первые эксперименты по выращиванию гриба в асептических условиях на отрезках древесины относятся к началу XX века [1]. В Беларуси, наряду с асептическим массовым производством плодовых тел вешенки [3] в последние 20 лет ведутся исследования в области глубинной культуры этого гриба как потенциального источника биологически активных и других полезных веществ. В частности, было установлено, что мицелий *P. ostreatus* из глубинной культуры отличается от плодовых тел повышенным содержанием водорастворимых полисахаридов и липидов [4].

В последние годы в мировой практике важным направлением, и эффективным средством повышения продуктивности становится искусственное регулирование ростом и развитием культур. На сегодняшний день в мировой науке обнаружено и в различной степени изучено более 4-х тысяч биологически активных веществ, 10% из которых нашли практическое применение в сельскохозяйственном производстве.

Циркон – иммуномодулятор, корнеобразователь, индуктор цветения - препарат широкого спектра действия обладает сильным фунгицидным и антистрессовым действием. Нормализует гомеостаз (обмен) растений, защищает их от загрязнения тяжелыми металлами. Изготавливается из природного сырья - эхинацеи пурпурной [2].

Эпин – синтетический брассиностероид аналог природного фитогормона эпибрассинолида. Он обладает широким спектром стимуляторного и защитного действия, что приводит к увеличению урожайности и повышению качества сельскохозяйственной продукции, является эффективным иммуномодулятором, увеличивает устойчивость растений к стрессу и фитопатогенам [5].

Цель работы изучить особенности влияния биостимуляторов «Циркон» и «Эпин» на рост и развитие мицелия вешенки обыкновенной.

Материал и методы исследования. В качестве материала для исследования использовали «дикий» штамм вешенки обыкновенной, выделенный в 2014 г. из плодовых тел, растущих на культурном тополе (*Populus sp.*) в г. Минске.

Поверхностное культивирование на плотной питательной среде проводили на КСА, для картофельной среды использовали картофель сорта Скарб и пищевую сахарозу ГОСТ 33222-2015. Навеску картофеля массой 400 г нарезали ломтиками толщиной 3–4 мм (корнеплоды предварительно очищали), варили под крышкой в кипящей воде 20 мин, отфильтровывали отвар, доливали его водой до недостающего расчетного объема, далее в нем растворяли 30 г сахарозы. При приготовлении КСА перед добавлением сахарозы добавляли 2% агар-агара американский тип QR, после чего среду доводили до кипения, чтобы он растворился.

Питательную среду разливали по шести колбам объемом 250 мл по 100 мл в каждую и стерилизовали в автоклаве 40 мин при 112°C. Стерилизацию чашек Петри осуществляли в суховоздушном стерилизаторе при температуре 180 °С в течении 1,5 ч. Все питательные среды готовили на дистиллированной воде. Поверхностное культивирование *P. ostreatus* на плотных питательных средах велось в 36 чашках Петри диаметром 90 мм.

В каждую колбу со стерильной плотной питательной средой добавляли биостимулятор определенной концентрации согласно схемы опыта кроме контрольной. Затем среды разливали по чашкам Петри в трех повторностях на контроль и каждую концентрацию «Циркон» и «Эпин» для каждой среды в ламинарном боксе с соблюдением правил асептики. Каждый биостимулятор был апробирован в пяти концентрациях действующего вещества: 0,025мл/л, 0,05мл/л, 0,075мл/л, 0,1 мл/л, 0,125мл/л.

После застывания среды осуществляли посев мицелия вешенки. Инокулом брали в виде фрагментов ковра мицелия площадью 0,5 см², вырезаемых вместе с тонким слоем среды (около 1 мм толщиной) из маточной культуры на КСА (100г/л картофельного отвара, 10г/л сахарозы, 1,3% агар-агара) и помещали на плотную питательную среду в центр чашки Петри. Культивирование мицелия вешенки обыкновенной вели в течение четырнадцати дней в темноте и при постоянной температуре 26±1 °С.

В процессе культивирования гриба осуществляли визуальную оценку наличия роста мицелия вешенки на каждой из питательных сред. На седьмые сутки роста описывали колонии мицелия и замеряли диаметр, высоту и плотность колонии. На основании этих показателей высчитывали ростовой коэффициент (РК) колонии.

На четырнадцатые сутки культивирования проводили описание колоний, а также оценку микроморфологических особенностей культуры вешенки обыкновенной каждой из повторностей с использованием микроскопа.

Результаты и их обсуждение. Во всех вариантах эксперимента на КСА при наблюдении на седьмые сутки культивирования отмечали одинаковые макроморфологические особенности колонии: белая шерстисто-ватная колония, край колонии – приподнятый, внешняя линия колонии – бахромчатая, реверзум – не изменен, поверхность колонии – зональная (крупные зоны), форма колонии по характеру развития воздушного мицелия – неравномерная с увеличением от центра, центральная часть колонии кратерообразная, зона роста – концентриче-

ская, цвет колонии с возрастом не изменялся, экссудата не отмечено, ярко выраженный грибной аромат (рисунок).

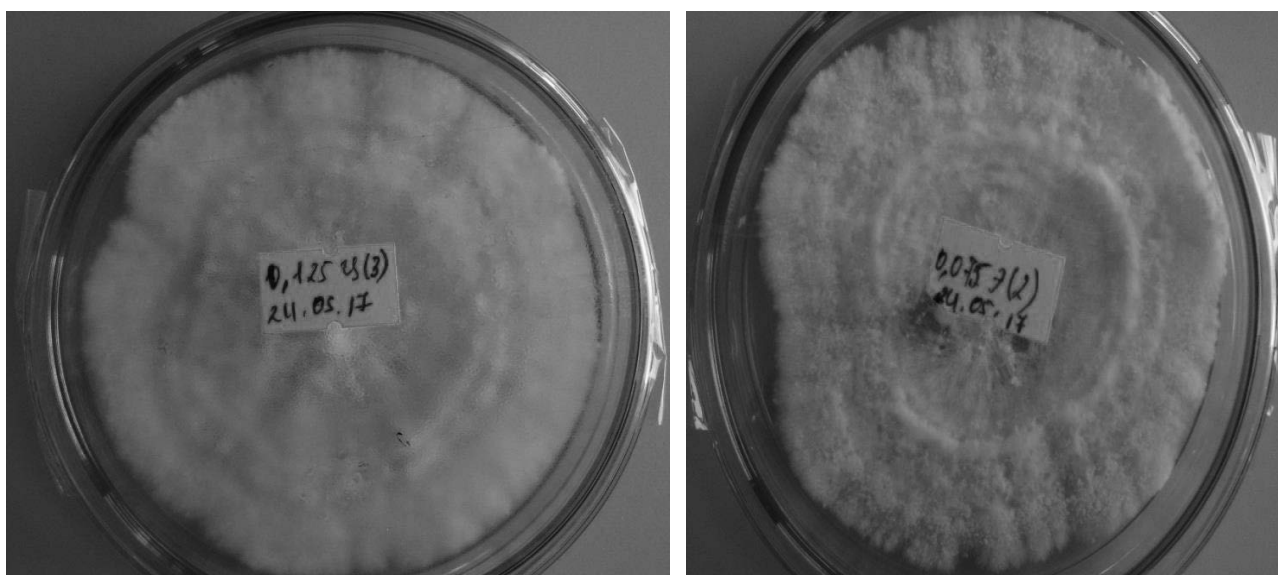


Рисунок – Рост мицелия вешенки на 7-е сутки культивирования (слева – «Циркон» 0,125 мл/л, справа – «Эпин» 0,075 мл/л)

Основным признаком для выявления закономерности влияния биостимуляторов на рост вешенки обыкновенной являлся ростовой коэффициент, рассчитанный для семисуточной культуры вешенки. Характеристика прироста мицелия вешенки обыкновенной при поверхностном культивировании на плотной питательной среде в зависимости от концентрации биостимуляторов представлена в таблице.

Таблица – Характеристика прироста мицелия вешенки обыкновенной при поверхностном культивировании на плотной питательной среде в зависимости от концентрации биостимуляторов

	Ростовой коэффициент	
	«Циркон»	«Эпин»
Контроль (без биостимулятора)	78±3,6	78±3,6
0,025мл/л	31,4±1,9	30±1,1
0,05мл/л	13,7±0,4	8,5±0,6
0,075мл/л	12±0,1	11,4±0,3
0,1мл/л	17,2±0,3	15,7±0,9
0,125мл/л	28,6±0,6	25,7±1,3

Согласно полученным данным добавление «Циркона» и «Эпина» в питательную среду влияло на рост вешенки обыкновенной. По результатам наблюдений на 14-е сутки концентрации «Циркона» 0,025мл/л, 0,005 мл/л, 0,075мл/л и 0,1мл/л замедляли рост вешенки на 6,6%, 4,7%, 3,8% и 2,1% по сравнению с контролем, соответственно. Аналогичная ситуация и с препаратом «Эпин» во всех исследуемых концентрациях.

Выводы. Добавление биостимуляторов «Циркон» и «Эпин» в питательную среду в исследуемых концентрациях не влияет на микроморфологические особенности вешенки обыкновенной при поверхностном способе культивирования и замедляет рост колоний гриба.

Вешенка обыкновенная обладала приятным грибным ароматом при поверхностном культивировании со всеми концентрациям биостимуляторов и без них. Что может служить доказательством отсутствия токсических метаболитов.

Список литературы

1. Бабицкая, В.Г. Ксилотрофный базидиомицет *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. – продуцент биологически активных веществ / В.Г. Бабицкая, Т.А. Пучкова, В.В. Щерба, О.В. Осадчая // Вестник Фонда фундаментальных исследований (Минск). – 2005. – № 4(34). – С. 40–49.

2. Живых А.В. Циркон – природная сила // Картофель и овощи. – 2009, № 2. – С. 22.
3. Трухоновец, В.В. Эколого-биологические особенности вешенки обыкновенной (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm.) и ее культивирование в Белоруссии. Автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. – Гомель, 1992. – 20 с.
4. Falck, R. Über die Waldkultur des Austernpilzes (*Agaricus ostreatus*) auf frischen Laubholzstubben / R. Falck // Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen. – 1917. – Bd. 19. – S. 159–165.
5. Khripach, V. A. Brassinosteroids. A new class of plant hormones / V. A. Khripach, V. N. Zhabinskii, A. de Groot. – San Diego : Academic Press, 1999. – 456 p.

ЦИС-151 В КОМПЛЕКСЕ КАЛИЕВОГО КАНАЛА GORK ОПОСРЕДУЕТ ЕГО АКТИВАЦИЮ ПОД ДЕЙСТВИЕМ АКТИВНЫХ ФОРМ КИСЛОРОДА

И.Ю. Новосельский, П.В. Гриусевич, Д.Е. Стрельцова, В.В. Самохина, В.С. Мацкевич,
А.И. Соколик, В.В. Демидчик

Белорусский государственный университет; Минск, Беларусь; email: ilya.novoselskiy.y@gmail.com

Эксперименты с использованием техники пэтч-кламп показали, что цис-151 в комплексе наружу-выпрямляющего K⁺-канала GORK участвует в прямом взаимодействии с АФК и опосредует активацию данного канала в ответ на продукцию в среде АФК. Активация K⁺-канала GORK под действием АФК может потенциально вовлекаться в реакции, связанные с регуляторными функциями АФК, а также лежать в основе индукции запрограммированной клеточной гибели и автофагии в корне высших растений.

Активные формы кислорода (АФК) вовлечены как в процессы нормальной физиологии, так и патофизиологические явления у высших растений [1]. Синтез АФК осуществляется несколькими путями в различных клеточных компартментах. Относительно недавно была показана особая роль апопластного пула АФК, в частности, его вовлечение в ключевые регуляторные реакции растений, такие как закрывание устьиц, контроль растяжения клеток корня и пыльцевых трубок, ответы на стрессовые воздействия и индукция иммунитета [1]. Однако до сих пор дискуссионным остается вопрос о сенсорах на поверхности клетки, ответственных за восприятие АФК-сигнала и, соответственно, индуцирующих вышеуказанные реакции. В настоящем исследовании мы представляем данные, демонстрирующие роль K⁺-каналов GORK в первичных взаимодействиях растительной клетки с АФК. Данные каналы обильно экспрессируются в клетках эпиблемы и коры корня. Каналы GORK способны катализировать выход калия (K⁺) из клеток корня в присутствии АФК, что вероятно опосредует метаболические перестройки адаптивного характера, а также индукцию запрограммированной клеточной гибели [2].

Анализ структуры GORK показал его аналогию с K⁺-каналом SKOR, который отвечает за загрузку K⁺ в сосуды ксилемы [4]. В составе SKOR выявлен АФК-чувствительный центр, ответственный за активацию под действием АФК [4]. Схожий центр идентифицирован нами в канале GORK. Установлено, что АФК-чувствительной аминокислотой данного центра является цистеин в положении 151 (Цис-151). Соответственно его модификация может приводить к снижению чувствительности к АФК и как следствие изменению калиевой проводимости мембраны.

В данном исследовании использовались корни *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh четырех типов: 1) дикий тип Wassilevskija – ‘WS-0’; 2) нокаутные мутанты *gork1-1*, лишенные функционального белка GORK, кодирующего наружу-выпрямляющий K⁺-канал (1 линия); 3) *gork1-1* с возмещенным нативным GORK (2 линии); 4) *gork1-1*, экспрессирующий GORK с заменой S151S (3 линии). Данные растения были предоставлены группой профессора Инго Дреера (Университет Тальки, Чили). Экспрессия модифицированных транскриптов и нативного GORK была верифицирована с помощью количественного ПЦР-анализа. Линии выращивались в стерильной «вертикальной» культуре на гелевой среде, содержащей 100% солей по стандартной прописи Мурашиге и Скуга с витаминами, 0,25% фитогеля, 1% сахарозы (pH 6) [3].

Электрофизиологические измерения производились при помощи пэтч-кламп усилителя Dagan PC-ONE и АЦП на базе Axon Instruments (Molecular Devices, США). Использовались стандартные пэтч-кламп протоколы, ранее развитые в наших лабораториях [3]. Подавались прямоугольные импульсы напряжения от -180 до +120 мВ в деполяризирующем направлении. Регистрировались токи на максимуме активации, строились и анализировались стационарные вольт-амперные кривые.

Анализ выходящих токов K^+ у растений дикого типа (WS-0) продемонстрировал наличие быстро- и медленно-активирующихся компонент в наружу-направленной проводимости плазматической мембраны (рисунок). Введение в окружающий раствор смесей, генерирующих гидроксильные радикалы (1 mM $CuCl_2$, 1 mM H_2O_2 , 1 mM L-аскорбиновой кислоты), вызывало многократное увеличение медленно-активирующейся компоненты выходящего тока и небольшой рост мгновенных токов (быстрой компоненты проводимости).

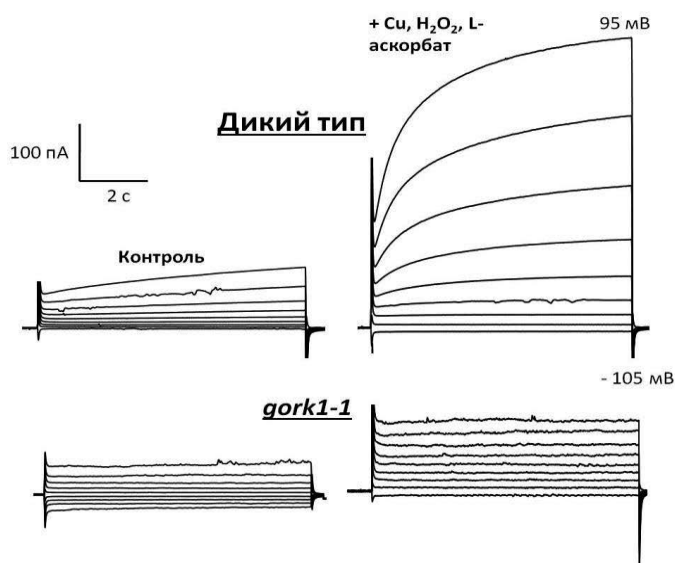


Рисунок – Активация калиевых токов под действием смесей генерирующих гидроксильные радикалы у растений арабидопсиса дикого типа и нокаутов по калиевому каналу GORK

У растений-нокаутов *gork1-1*, лишенных функционального белка GORK, медленно-активирующаяся компонента тока отсутствовала, а обработка их смесью, генерирующей гидроксильные радикалы, не приводила к заметным изменениям данной компоненты. Примечательно, что для *gork1-1* была характерна более выраженная активация мгновенных K^+ -токов по сравнению с диким типом. У растений *gork1-1* с возмещенным нативным каналом GORK наблюдалась нормальная активация медленных наружу-направленных токов, даже несколько превышающая дикий тип. Линии *gork1-1*, экспрессирующие GORK с заменой цистеина 151 на серин, демонстрировали снижение чувствительности к смесям, генерирующим гидроксильные радикалы.

Таким образом мы получили подтверждение того, что Цис-151 в комплексе наружу-выпрямляющего K^+ -канала GORK участвует в прямом взаимодействии с АФК и опосредует активацию данного канала в ответ на продукцию в среде АФК. Явление активации K^+ -канала GORK под действием АФК может потенциально вовлекаться в реакции, связанные с регуляторными функциями АФК, а также лежать в основе индукции запрограммированной клеточной гибели и автофагии в корне высших растений.

Список литературы

1. Demidchik V. Mechanisms of oxidative stress in plants: From classical chemistry to cell biology // Environmental and experimental botany. 2015. Vol. 109. P. 212-228.
2. Demidchik V., Straltsova D., Medvedev S.S., Pozhvanov G.A., Sokolik A., Yurin V. Stress-induced electrolyte leakage: the role of K^+ -permeable channels and involvement in programmed cell death and metabolic adjustment // Journal of experimental botany. 2014. Vol. 65. P. 1259-1270.

3. Demidchik V., Cuin T.A., Svistunen D., Smith S.J., Miller A.J., Shabala S., Sokolik A., Yurin V. *Arabidopsis* root K⁺ efflux conductance activated by hydroxyl radicals: single-channel properties, genetic basis and involvement in stress-induced cell death // *Journal of cell science*. 2010. Vol. 123. P. 1468-1479.

4. Garcia-Mata C., Wang J., Gajdanowicz P., Gonzalez W., Hills A., Donald N., Riedelsberger J., Amtmann A., Dreyer I., Blatt M.R. A minimal cysteine motif required to activate the SKOR K⁺ channel of *Arabidopsis* by the reactive oxygen species H₂O₂ // *Journal of biological chemistry*. 2010. Vol. 285. P. 29286–29294.

АКТИВНОСТЬ АНТИОКСИДАНТНЫХ ФЕРМЕНТОВ В ПРОРОСТКАХ ЯЧМЕНЯ ИЗ БАКТЕРИЗОВАННЫХ СЕМЯН В УСЛОВИЯХ СОЛЕВОГО СТРЕССА

И.А. Овчинников¹, Т.В. Фролова¹, Н.А. Шевцов¹, Т.Л. Носонова²

¹Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»; Минск, Беларусь, e-mail: igor-1606@mail.ru

²Государственное научное учреждение «Институт микробиологии Национальной академии наук Беларуси»; Минск, Беларусь, e-mail: biocontrol@mbio.bas-net.by

*Изучена общая активность растворимой пероксидазы и супероксиддисмутазы в побегах и корнях проростков ярового ячменя при предварительной обработке семян штаммами бактерий рода *Bacillus* в условиях действия умеренного солевого стресса и в постстрессовый период. Из исследованных штаммов бактерий-антагонистов рода *Bacillus* в концентрации 10⁵ кл./мл, по крайней мере три штамма – *B.sp.78TM*, *B.s.7MP* и *B.s. M9/6* уменьшали негативное действие засоления, однако механизмы формирования устойчивости при действии штамма *B.sp.78TM* и двух других – *B.s. 7MP* и *B.s. M9/6*, вероятно, различные.*

Известно, что эндофитные формы микроорганизмов, в том числе *Bacillus subtilis*, способны повышать устойчивость растений к биотическим и абиотическим стресс-факторам. Роль индукторов защитных реакций растения способны играть не только микроорганизмы, но и их метаболиты. Применение микроорганизмов и их метаболитов, регулирующих развитие и адаптивные функции растений, относится к перспективным областям сельскохозяйственной биотехнологии [1-3].

Цель работы состояла в изучении влияния штаммов бактерий рода *Bacillus* на активность отдельных ферментов антиоксидантной системы проростков ячменя в условиях действия умеренного солевого стресса и в постстрессовый период. Объектом исследования служили проростки ярового ячменя сорта Фэст. В работе использованы выделенные из почвы штаммы 10/19, 78 TM, 23 TM, 7MP и M9/6 спорообразующих бактерий, проявляющие высокую антагонистическую активность к широкому спектру фитопатогенных грибов и бактерий. Глубинное культивирование бактерий-антагонистов осуществляли в колбах Эрленмейера на питательной среде Мейнелла с 3% мелассой в качестве источника углерода при температуре 28–30°C. Стерилизованные семена замачивали в водных растворах, содержащих культуральную жидкость штаммов бактерий, доведенных до концентрации 10⁵ клеток /мл, а затем проращивали в термостате до появления всходов, после чего переносили в световые камеры с освещенностью 13–15 тыс. лк. (контролем служили необработанные семена). Часть 5-суточных проростков на 24 часа помещали в 4%-ный раствор NaCl, затем снова в воду. Морфологические параметры растений и биохимические исследования проводили непосредственно после действия стрессора (6-дневные проростки) и на 4-ые сутки после его отмены (10-дневные проростки).

Общую активность растворимой пероксидазы определяли по Бояркину [4], используя в качестве хромогенного субстрата бензидин, активность супероксиддисмутазы (СОД) по [5]. Статистическую обработку данных осуществляли общепринятыми методами [6]. На диаграммах указаны средние значения с отклонениями, указывающими величину стандартной ошибки средней арифметической.

Биометрические и биохимические изменения, регистрировавшиеся непосредственно после действия стрессора, в большей степени проявились на корнях, так как они находились в непосредственном контакте с солевым раствором. Выдерживание проростков в 4%-ном

растворе хлорида натрия подавляло рост корневой системы, однако биометрические показатели побегов не отличались от растений из оптимального контроля. Предварительное замачивание семян в культуральной жидкости бактерий, кроме штамма *B. s.10/19*, нивелировало действие стрессора, что отражалось в увеличении длины и массы корней проростков по сравнению с стресс-контролем (таблица). В течение адаптационного периода увеличение длины корневой системы отмечали во всех вариантах опыта, кроме штамма *B. s.10/19*, при этом масса корней увеличивалась на 8,3% при бактерилизации штаммом 7 МР, а в вариантах обработки 78 ТМ на 19,8% и М 9/6 на 30,2%. Длина и масса побегов проростков из бактеризованных семян достоверно не отличалась от стрессового и оптимального контролей.

Таблица – Биометрические показатели проростков ярового ячменя из бактеризованных семян при действии стрессора (6-дневные) и в постстрессовый период (10-дневные)

Вариант опыта	Длина корней, мм		Масса корней, г		Длина побегов, мм		Масса побегов, г	
	6 дней	10 дней	6 дней	10 дней	6 дней	10 дней	6 дней	10 дней
Контроль	173±2,8	191±4,6	0,124±0,007	0,145±0,010	81±2,7	128±4,7	0,077±0,003	0,103±0,005
Контроль-стресс	133±3,7 ^a	139±3,8 ^a	0,089±0,003 ^a	0,098±0,004 ^a	90±2,5	103±2,4 ^a	0,082±0,003	0,103±0,004
<i>B. s.10/19</i>	139±4,3 ^a	146±3,0 ^a	0,091±0,005 ^a	0,092±0,007 ^a	86±2,5	98±3,7 ^a	0,079±0,003	0,092±0,005
<i>B.sp. 78</i> ТМ	147±2,6 ^{ав}	151±2,6 ^{ав}	0,107±0,004 ^{ав}	0,117±0,006 ^{ав}	88±1,8	107±2,5 ^a	0,082±0,002	0,097±0,004
<i>B.sp. 23</i> ТМ	150±2,6 ^{ав}	153±2,2 ^{ав}	0,108±0,004 ^{ав}	0,091±0,005 ^a	89±1,4	100±2,2 ^a	0,088±0,002 ^a	0,091±0,003
<i>B. s. 7MP</i>	148±2,5 ^{ав}	153±2,1 ^{ав}	0,095±0,003 ^a	0,106±0,006 ^a	74±2,8 ^{ав}	96±3,1 ^a	0,076±0,003	0,094±0,004
<i>B. s. М 9/6</i>	150±2,6 ^{ав}	153±2,7 ^{ав}	0,109±0,004 ^{ав}	0,128±0,007 ^b	95±1,6	104±2,7 ^a	0,094±0,003 ^{ав}	0,098±0,004
<i>HCP₀₅</i>	8	9	0,013	0,018	6	9	0,007	-

Примечание: а – достоверные отличия от оптимального контроля; в – достоверные отличия от стрессового контроля.

Действие засоления вызвало увеличение общей активности растворимой пероксидазы в листьях и в корнях, а активность СОД возросла только в корнях проростков из стрессового контроля (рисунок 1, 2).

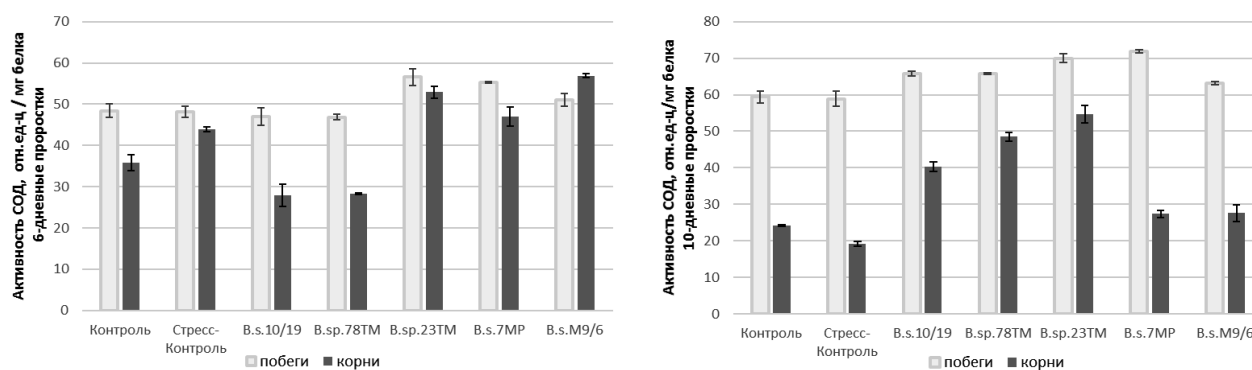


Рисунок 1 – Общая активность СОД проростках ячменя из бактеризованных семян при действии стрессора (6-дневные) и в постстрессовый период (10-дневные)

Бактеризация семян исследуемыми штаммами способствовала снижению активности растворимой пероксидазы в побегах проростков, а активность СОД увеличилась лишь при обработке штаммами 23 ТМ, 7МР и М9/6 и не изменялась при использовании штаммов 10/19 и 78ТМ. Штаммы 7МР и М9/6 способствовали значительному увеличению активности антиоксидантных ферментов в корнях как в сравнении со стрессовым, так и оптимальным контролями, и напротив, применение 10/19 и 78ТМ привело к снижению активности ферментов. Бактеризация штаммом 23ТМ способствовал снижению активности пероксидазы и напротив увеличению активности СОД в корнях относительно стрессового контроля (рисунок 1, 2).

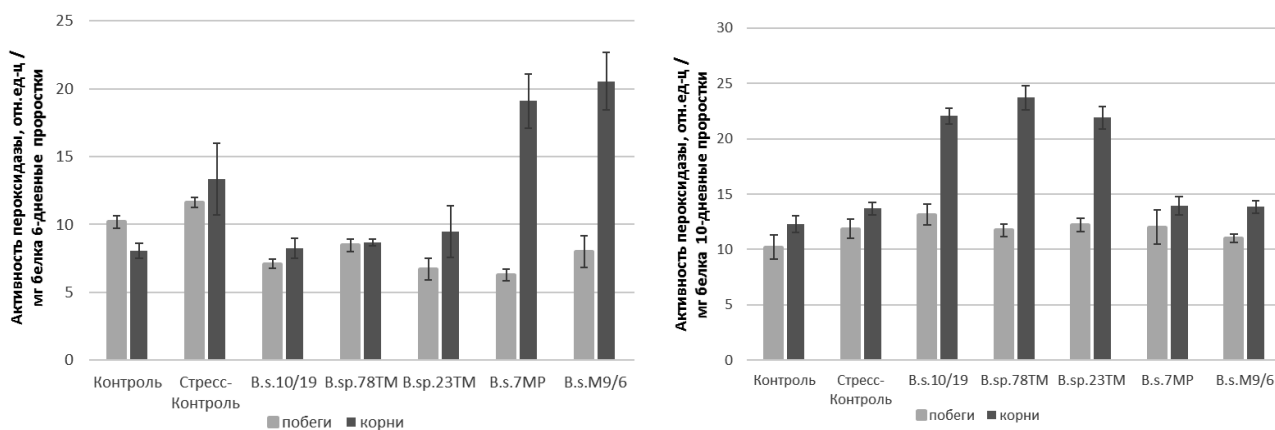


Рисунок 2 – Общая активность растворимой пероксидазы в проростках ячменя из бактеризованных семян при действии стрессора (6-дневные) и в постстрессовый период (10-дневные)

В побегах в постстрессовый период активность пероксидазы увеличилась только при обработке 10/19, где была на 10,8% больше контроля-стресса, а активность СОД оставалась выше во всех вариантах обработки. В корнях в постстрессовый период наблюдали противоположный эффект - активность антиоксидантных ферментов выросла на 60-70% по отношению к стрессовому и оптимальному контролю при обработке штаммами 10/19, 78ТМ и 23ТМ, а в вариантах с применением 7МР и М9/6 она оставалась на уровне стрессового контроля.

Литературные данные свидетельствуют о существовании тесной взаимосвязи между устойчивостью растений к тому или иному воздействию и повышенными уровнями или активностями компонентов антиоксидантной системы защиты. Из исследованных штаммов бактерий-антагонистов рода *Bacillus* в концентрации 10^5 кл./мл, по крайней мере три штамма - *B.sp.78ТМ*, *B.s.7МР* и *B.s. М9/6* уменьшали негативное действие засоления, однако механизмы формирования устойчивости при действии штамма *B.sp.78ТМ* и двух других - *B.s. 7МР* и *B.s. М9/6*, возможно, различные. Исследования по данной теме продолжаются, данные обсуждаются.

Список литературы

1. Стимулирующие рост растений бактерии в регуляции устойчивости растений к стрессовым факторам / И. В. Максимов [и др.] // Физиол. раст. – 2015. – Т. 62, № 6. – С. 763–775.
2. Maksimov, I. V. Plant growth promoting rhizobacteria as alternative to chemical crop protectors from pathogens (review) / I. V. Maksimov, R. R. Abizgildina, L. I. Pusenkova // Appl. Biochem. Microbiol. – 2011. – N 47. – P. 333–345.
3. Повышение устойчивости пшеницы к абиотическим стрессам эндофитным штаммом *Bacillus subtilis* / Р. М. Хайруллин [и др.] // Вестник ОГУ. – 2007. - № 2. – С. 129 – 134.
4. Методы биохимического исследования растений / А. И. Ермаков [и др.] – Л.: Агропромиздат. – 1987. – С. 41-45.
5. Giannopolitis C.N., Ries S.K. Superoxide dismutase I. Occurrence in higher plants // Plant Physiology. – 1977. – V.73, N2. – P. 627 – 650.
6. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий – Минск: Вышэйш. школа, 1973. – 320 с.

ВТОРИЧНЫЕ МЕТАБОЛИТЫ ЛИШАЙНИКА *FLAVOCETRARIA NIVALIS* ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО НА ТЕРРИТОРИИ ЯКУТИИ

И.А. Прокопьев¹, Л.Н. Порядина¹, Л.А. Конорева², С.В. Чесноков²

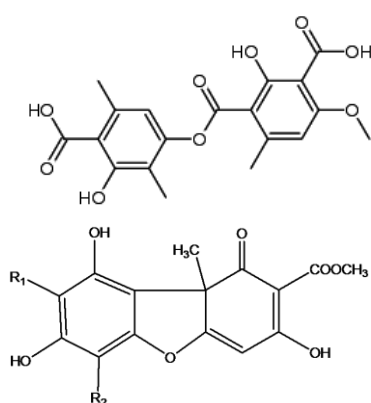
¹ Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН; Якутск, Россия, e-mail: ilya.a.prokopiev@gmail.com

² Ботанический институт РАН; Санкт-Петербург, Россия, e-mail: ajdarzapov@yandex.ru

Проведено исследование компонентного состава и количественного содержания вторичных метаболитов лишайника *Flavocetraria nivalis* произрастающего на территории Якутии. Выявлены новые ранее неизвестные

хемотипы лишайников *F. nivalis*. Предполагается, что географическое распределение выявленных хемотипов изученных лишайников тесно связано с экологическими особенностями их среды обитания.

Проведено хроматографическое исследование 50 образцов лишайников *Flavocetraria nivalis* рода отобранных на территории Якутии в период с 1934 по 2017 гг. и хранящихся в гербарии ИБПК СО РАН (SASY). При этом нами не было выявлено, значимой взаимосвязи между продолжительностью хранения образцов в гербарии и качественным и количественным составом входящих в них химических компонентов группы лишайниковых веществ, что согласуется с данными других авторов [2] Показано, что основными вторичными метаболитами лишайников *F. nivalis* являлись: ароматический депсид – скваматовая кислота (обнаружена впервые для данного вида) и дибензофураны – (-)-усниновая и ее структурный изомер изоусниновая кислоты (рисунок). Вместе с тем в изученных образцах *F. nivalis* нами небело обнаружено протолихотериновой кислоты, на наличие которой указывалось в работах других авторов [1]



Скваматовая кислота

Усниновая кислота:
R₁ = CH₃, R₂ = COOCH₃

Изоусниновая кислота:
R₁ = COOCH₃, R₂ = CH₃

Рисунок – Основные вторичные метаболиты лишайника *F. Nivalis*.

Показано, что 42 из 50 исследованных образцов лишайников *F.nivalis* содержалась усниновая и скваматовая кислоты (хемотип I). В оставшихся образцах дополнительно содержался третий компонент – изоусниновая кислота (хемотип II). Отмечено, что лишайники *F.nivalis* относящиеся к хемотипу I характерны для арктических и тундр, лесотундр, а также полярных пустынь. Лишайники хемотпа II встречались только в горных районах Северной Якутии с субарктическим типом климата, часто в сочетании с лишайниками хемотипа I.

Содержание усниновой кислоты, варьировало в пределах от 1.6 до 2.6 % (в среднем 2.1±0.1 %), изоусниновой от 0.1 до 0.6 % от сухой массы. Содержание скваматовой кислоты варьировало в широком диапазоне от 0.1 до 1.4 % (в среднем 0.5±0.1 %) от сухой массы. Нами не было обнаружено корреляции между содержанием усниновой и скваматовой кислот и географической широтой произрастания лишайника.

По-видимому, наблюдаемое географическое распространение хемотипов лишайников *F. nivalis*, тесно связано с экологическими условиями их обитания. Так, формирование содержащего изоусниновую кислоту хемотипа II, может быть обусловлено ее более интенсивным, по сравнению с усниновой кислотой, поглощением в области спектра дальнего УФ излучения, что может иметь адаптивное значение при произрастании в условиях высокогорья.

Список литературы

1. Lichens of Finland / Ed.: S. Stenroos, S. Velmala, J. Pykälä, T. Ahti. – Helsinki: LUOMUS (published as vol. 30 in the series Norrlinia), 2016, 896 p.
2. Molnár K., Farkas E. Depsides and Depsidones in Populations of the Lichen *Hypogymnia physodes* and Its Genetic Diversity // *Annales Botanici Fennici*. 2011. Vol. 48. P. 473- 482.

ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН КУКУРУЗЫ НА УРОЖАЙНОСТЬ

Н.В. Пушкина

НИУ «Институт ядерных проблем» БГУ; Минск, Беларусь, e-mail: nadyapushkina@gmail.com

В работе показано стимулирующее действие предпосевной обработки семян кукурузы электромагнитным полем сверхвысокочастотного диапазона (ЭМП СВЧ) на рост, развитие и урожайность различных линий кукурузы отечественной селекции в условиях полевых опытов. Наилучшие результаты наблюдались после комплексного предпосевого воздействия ЭМП СВЧ+Виал-ТТ, что дает возможность эффективного использования данных способов подготовки семенного материала для гарантированного получения высоких урожаев зерна и силоса кукурузы.

Исследования по использованию предпосевной обработки семян электромагнитным полем сверхвысокочастотного диапазона (ЭМП СВЧ) ведутся достаточно интенсивно [2,4]. Проведенные нами ранее эксперименты показали, что обработка семян кукурузы ЭМП СВЧ в диапазоне частот 53 - 78 ГГц ведет к повышению динамики и энергии прорастания, а также всхожести растений в лабораторных опытах [3]. Поскольку у большинства растений под действием различных экзогенных факторов развивается особое состояние – фитостресс. В ответ на сильное и длительное неблагоприятное воздействие в организме растений индуцируются неспецифические реакции, которые проявляются в виде генерализованного адаптационного синдрома. Слабые физиологические стрессы, вызванные ЭМП СВЧ, не достигают критических для растений кукурузы значений. В связи с этим, происходит переключение обмена веществ на новый режим резервных возможностей организма, которые реализуются благодаря внутриклеточным и внеклеточным системам регуляции. Работа этих систем регуляции заключается в восприятии, передаче и преобразовании внешних сигналов. Процесс восприятия и передачи сигналов ЭМП СВЧ происходит на уровне целого организма и на уровне межклеточного обмена информацией. Полученные ранее результаты позволяют рассматривать изучаемую предпосевную обработку семян ЭМП СВЧ как фактор, оказывающий слабое стрессовое воздействие, адаптация на которое приводит к стимулированию ростовых процессов и появлению неспецифической устойчивости к неблагоприятным факторам среды [5]. Результаты лабораторных исследований явились основанием для проведения полевых опытов по разработке технологии предпосевной обработки семян ЭМП СВЧ для повышения полевой всхожести, урожайности и зерновой продуктивности кукурузы.

В нашей стране в последние годы интенсивно ведется селекция отечественных сортов и гибридов кукурузы, поэтому представляется актуальным использовать предпосевную обработку ЭМП СВЧ линий семян кукурузы для повышения их зерновой продуктивности. Создание высокопродуктивных линий трудный и многолетний процесс. Это связано с тем, что линии кукурузы обычно характеризуются низкой полевой всхожестью, высотой растений и урожайностью. В связи с этим, целью данной работы являлось изучение влияния предпосевной обработки семян ЭМП СВЧ на рост, развитие и урожайность различных линий кукурузы отечественной селекции в условиях полевых опытов.

Полевые опыты проводились на опытном поле РУП Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию по стандартной методики [1]. Так как в Беларуси обычно сеют только протравленные семена, то исследовалось комплексное влияние предпосевной обработки семян ЭМП СВЧ совместно с химическим протравителем Виалом-ТТ. Полевые опыты проводились в 4-х кратной биологической повторности, по двум схемам посева: 1. с искусственным формированием густоты (с прорывкой), с посадкой гнездовым способом; 2. с естественной густотой (без прорывки) стояния растений, с посадкой рядовым способом. Исследования проводились на двух линиях кукурузы БЛ 33С и Л 111/761 СВ. В ходе вегетации оценивались такие параметры как всхожесть, сохраняемость, урожайность (масса силоса и масса початков).

В результате проведенных исследований, установлено, что у линии БЛ 33С средняя полевая всхожесть возрастает под действием предпосевной обработки ЭМП СВЧ на 6,5%, а при комплексном воздействии ЭМП СВЧ+Виал-ТТ на 4%. В это же время, средняя полевая всхожесть линии Л 111/761 СВ увеличивается на 4,5% после обработки ЭМП СВЧ, и при комплексном воздействии ЭМП СВЧ+Виал-ТТ данный показатель повышается на – 3,8%.

Густота стояния растений линии БЛ 33С к моменту уборки в варианте после ЭМП СВЧ и при комплексной обработке ЭМП СВЧ+Виалом-ТТ возросла на 5,6% по отношению к контролю (таблица 1). По урожайности початков с оберткой все варианты обработки семян показали существенное превышение над контролем. Максимально данный параметр увеличился на 11,9% при комплексной обработке ЭМП СВЧ+Виалом-ТТ. Аналогичные результаты получены и по урожайности початков без обертки, превысившие контроль на 8,3% – 10,8%. После высушивания початков лучшие результаты достигнуты в результате обработки семян ЭМП СВЧ, ЭМП СВЧ + Виал-ТТ. Урожайность зерна кукурузы с влажностью 14% была выше контроля при всех видах предпосевной обработки семян на 6,9% - 12,15% соответственно (таблица 1). Исследования показали, что обработка семян ЭМП СВЧ ускоряет развитие растений линии БЛ 33С, что подтверждается как фенологическими наблюдениями, так и лабораторным определением влажности зерна после уборки. В контроле влажность зерна при уборке составила 38,1%, а в результате обработки семян ЭМП СВЧ и ЭМП СВЧ + Виал-ТТ в различных вариантах опытов их влажность была ниже и составила 37,9% - 37,1%.

Таблица 1 – Урожайность початков, зерна и его влажность после предпосевной обработки семян

№ варианта	Вариант опыта	Густота стояния растений к уборке, тыс./га	Урожайность початков, ц/га			Урожайность зерна 14%-й влажн., ц/га	Влажность зерна, %
			с оберткой при уборке	без обертки при уборке	без обертки абсолютно сухих		
Линия БЛ 33С							
1	Контроль (без обработки)	71	87,2	76,1	41,6	40,3	38,1
2	Виал-ТТ, 0,5 л/т	72	97,3	82,4	44,8	43,1	38,2
3	ЭМП СВЧ	75	96,8	83,8	45,9	43,9	37,9
4	ЭМП СВЧ + Виал-ТТ	75	97,6	84,3	47,1	45,2	37,1
	НСР ₀₅		7,1	6,1	3,4	3,2	
Линия 111/761СВ							
1	Контроль (без обработки)	54	101,6	95,8	57,6	57,4	34,0
2	Виал-ТТ, 0,5 л/т	58	111,9	104,1	62,2	61,6	34,2
5	ЭМП СВЧ	60	122,7	115,6	68,0	67,3	35,0
6	ЭМП СВЧ + Виал-ТТ	61	120,5	111,9	66,3	67,0	34,7
	НСР ₀₅		9,5	8,9	5,3	5,3	

В посевах линии 111/761СВ из-за низких показателей всхожести семян к уборке сохранилось только 54 тыс. в контроле и до 61 тыс. растений на 1 гектаре в опытах. Таким образом, существенная разница при обработке семян относительно контроля, составила 4-7 тыс. растений на 1 гектар. Лучшие результаты по этому показателю достигаются в результате обработки ЭМП СВЧ или ЭМП СВЧ + Виал-ТТ. Предпосевная обработка семян ЭМП СВЧ и химическим протравливателем привели к увеличению на 18,6% урожайности початков с обертками у линии 111/761СВ. Урожайность зерна без обертки максимально возростала после предпосевной ЭМП СВЧ обработки семян на 12,1%. В конечном результате урожайность зерна 14%-й влажности была максимальна в вариантах после предпосевной обработкой семян ЭМП СВЧ и ЭМП СВЧ + Виал-ТТ соответственно 67 и 67,3 ц/га, что на 9,6-9,9 ц/га больше, чем в контроле. При этом снижения влажности зерна линии 111/761СВ в вариантах опытов не отмечено (таблица 1).

Предпосевная обработка семян ЭМП СВЧ повышала не только зерновую продуктивность линий кукурузы, но и общий сбор вегетативной массы (таблица 2). Эта

прибавка оказалась существенной по зеленой массе на обеих линиях. У линии БЛ 33С максимально возрастала урожайность зеленой массы и сухого вещества после комплексной предпосевной обработки семян ЭМП СВЧ + Виал-ТТ на 19,2% и 18,5% соответственно. У линии 111/761 СВ урожайность изменялась аналогично: урожайность зеленой массы возрастала на 19,44%, а содержание сухого вещества увеличивалось на 17,1% после комплексной предпосевной обработки семян ЭМП СВЧ + Виал-ТТ (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность линий кукурузы и показатели структуры урожая после предпосевной обработки семян

№ варианта	Вариант опыта	Урожайности, ц/га		Масса 1000 зерен, г	Масса зерна с 1 початка, г	Количество зерен	
		зеленой массы	сухого вещества			на 1 початке, шт.	на 1 га, млн шт.
Линия БЛ 33С							
1	Контроль (без обработки)	234	87,0	274	56,8	207	14,7
2	Виал-ТТ, 0,5 л/т	254	94,2	284	59,9	211	15,2
3	ЭМП СВЧ	260	96,7	274	58,5	214	16,0
4	ЭМП СВЧ + Виал-ТТ	279	103,1	281	60,3	214	16,1
	НСР ₀₅	22	8,2	14	4,5	11	1,2
Линия 111/761СВ							
1	Контроль (без обработки)	216	97,2	229	106,3	464	25,1
2	Виал-ТТ, 0,5 л/т	233	104,3	226	106,2	470	27,3
3	ЭМП СВЧ	257	114,3	222	112,2	505	30,3
4	ЭМП СВЧ + Виал-ТТ	258	113,8	230	109,8	478	29,2
	НСР ₀₅	19	8,3	11	8,0	31	2,2

Исследования показали, что масса 1000 семян во всех вариантах опытов изменялась незначительно и составляла 274-285 г у линии БЛ 33С и 221-230 г у линии 111/761СВ. Наибольшая масса зерно с 1 початка была получена при обработке семян ЭМП СВЧ и ЭМП СВЧ+Виал-ТТ (таблица 2). По количеству зерен на 1 початке у линии 111/761СВ лучшим является вариант после обработки ЭМП СВЧ. В семеноводстве линий кукурузы самым важным показателем является коэффициент размножения семян. У линии БЛ 33С при обработке семян ЭМП СВЧ или ЭМП СВЧ + Виал-ТТ коэффициент размножения семян увеличился на 9,5%. У линии 111/761СВ с низкими показателями качества семян также получено существенное превышение коэффициента размножения семян на 12%.

В результате проведенных исследований показана, что предпосевная обработка семян кукурузы ЭМП СВЧ увеличивает урожайность данной культуры. Наилучшие результаты наблюдались после комплексного воздействия ЭМП СВЧ+Виал-ТТ, что дает возможность эффективного использования данных способов предпосевной подготовки семенного материала для гарантированного получения высоких урожаев зерна и силоса кукурузы.

Список литературы

1. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). - 5-е изд., доп. и перераб. - М.: АГРО, Промиздат, 1985. – 351 с.
2. Оленюк, А.А. Определение резонансной частоты ЭМП для воздействия на семена сферической формы / А.А. Оленюк // Вестник «ХПИ». – 2012. – №66 (972). – С. 173-177.
3. Пушкина, Н.В., Карпович, В.А. Предпосевной обработка семян кукурузы электромагнитным поля СВЧ - диапазона. Оптимизация времени и диапазона резонансных частот воздействия на всхожесть растений / Н.В. Пушкина, В.А. Карпович // Труды БГУ. – 2017. –Т1.Ч1. – С.
4. Хайновский, В. И. Применение импульсного электрического поля для предпосевной стимуляции семян / В.И Хайновский, Г. П. Стародубцева, Е. И. Рубцова // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2008. – № 7. – С. 9-11.
5. Improvement of spring maize (*Zea mays*) performance through physical and physiological seed enhancements / I. Afzal // Seed Sci. Technol. – 2015. – Vol. 43(2). – P. 1-12.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СЫРЬЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ПИОНА И ВЛИЯНИЕ НА НЕГО ПРЕПАРАТА *BIODUX*

А.А. Реут, Л.Н. Миронова

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН; Уфа, Республика Башкортостан, Россия, e-mail: svetok.79@mail.ru

*В статье приведены материалы по изучению содержания аминокислот в корнях, цветках, листьях, стеблях и семенах некоторых представителей рода *Paeonia* L. (*P. lactiflora* Pall., *P. mlokosewitschii* Lomak., *P. hybrida* Pall., *P. anomala* L.), интродуцированных в условиях Ботанического сада-института Уфимского научного центра РАН. Основной целью работы было изучение влияния нового регулятора роста растений *Biodux* на химический состав сырья пиона. Выявлено, что из 14 аминокислот, обнаруженных в сырье пиона, регулятор роста *Biodux* увеличил количественные показатели большинства аминокислот у всех изученных видов в разной степени в зависимости от типа сырья.*

В последние годы возрос интерес к проблеме интродукции растений, содержащих ценные биологически активные вещества (эфирные масла, полисахариды, аминокислоты, витамины и др.) необходимые организму человека. В связи с этим возникла потребность в изучении химического состава растительного сырья пиона, как перспективного источника лекарственного сырья. В пионе обнаружены свободные салициловая и бензойная кислоты, эфирные масла, дубильные вещества, пионофлуоресцин, глюкозид салицин [7, 8]. Однако аминокислотный состав большинства видов пиона изучен недостаточно.

Аминокислоты – это строительный материал, из которого строятся белки, необходимые организму человека; они являются биогенетическими предшественниками большой группы ценных алкалоидов, флавоноидов и др. Поэтому возникает интерес в изучении новых дополнительных растительных источников биологически активных веществ для расширения ассортимента уже используемых [4]. Сегодня для повышения показателей продуктивности растений достаточно широко используются регуляторы роста [1, 2, 5, 6, 9, 10]. Однако, их влияние на биохимические показатели растений изучено недостаточно.

Основной целью нашей работы было изучение влияния нового регулятора роста растений *Biodux* на химический состав сырья некоторых представителей рода *Paeonia* L. В настоящей работе приводятся данные только по аминокислотному составу.

Опыт проводили в 2014 г. на базе Ботанического сада-института УНЦ РАН. Многолетние кусты пиона опрыскивали в фазе отрастания однократно в IV декаде апреля водным раствором препарата *Biodux* (д.в. - арахидоновая кислота) в концентрации, рекомендованной производителем. В среднем для обработки 1 сотки вегетирующих растений 2 мл препарата растворяли в 10 литрах воды. В каждом варианте обрабатывали по 20 растений. В качестве контроля использовали необработанные растения.

Для химического анализа в качестве объектов исследования были выбраны надземные (стебли, листья, цветки, семена) и подземные (корневища и корни) органы следующих видов пиона: *P. lactiflora* Pall., *P. mlokosewitschii* Lomak., *P. anomala* L., *P. hybrida* Pall. Образцы высушивали до воздушно-сухого состояния, затем измельчали до размера частиц, проходящих сквозь сито с диаметром отверстий 1 мм [3]. Количественное определение аминокислот в исследуемых объектах проводили на аминокислотном анализаторе ААА-339 (Чехия) в стандартных условиях, используемых для разделения белковых гидролизатов.

Результаты исследования влияния регулятора роста *Biodux* на аминокислотный состав некоторых пионов представлены в таблицах 1-2. Установлено присутствие 14 аминокислот, 7 из которых являются незаменимыми. По суммарному содержанию аминокислот лидирующее положение занимает *P. mlokosewitschii*. Максимальное накопление аминокислот наблюдается в семенах, минимальное – в подземных органах. Сумма незаменимых аминокислот составляет от 2,48 до 8,37 мг%, сумма всех аминокислот – 6,12-13,30 мг%, что отражает биологическую ценность объектов исследования.

Установлено, что из 14 аминокислот, обнаруженных в сырье пиона, регулятор роста *Biodux* увеличил количественные показатели большинства аминокислот у всех изученных видов в разной степени в зависимости от типа сырья.

В корнях регулятор роста повысил содержание от шести (*P. hybrida*) до десяти аминокислот (*P. mlokosewitschii*) в среднем в 1,1-6,7 раз по сравнению с контролем. У всех изученных видов увеличились показатели таких аминокислот, как треонин – в 1,3-2,4; пролин – в 1,1-1,2; глицин – в 1,2-1,9; валин – в 1,2-1,8; тирозин – в 1,5-6,7 раза.

Таблица 1 – Влияние регулятора роста *Biodux* на содержание аминокислот в образцах сырья *Paeonia anomala* L.

Вариант опыта	Вид сырья	Содержание незаменимых аминокислот, мг%								Суммарное содержание аминокислот
		лизин	метионин	треонин	валин	изолейцин	лейцин	фенилаланин	Сумма незаменимых аминокислот	
<i>Biodux</i>	корень	0,99	0,09	0,08	0,84	0,38	0,60	0,19	3,17	6,80
	цветок	0,48	0,05	0,07	1,21	0,33	0,67	0,14	2,95	6,22
	лист	0,47	0,38	0,45	1,39	0,25	0,25	0,49	3,68	8,94
	стебель	0,99	0,10	0,03	0,62	0,48	0,67	0,10	2,99	6,51
	семена	2,05	0,35	0,39	2,86	0,30	1,52	0,48	7,95	12,3
контроль	корень	0,95	0,11	0,06	0,53	0,43	0,47	0,15	2,70	6,12
	цветок	0,47	0,06	0,08	1,76	0,14	0,63	0,17	3,31	6,57
	лист	0,44	0,37	0,47	1,32	0,27	0,21	0,49	3,57	8,96
	стебель	0,92	0,08	0,06	0,54	0,51	0,61	0,13	2,85	6,58
	семена	2,15	0,36	0,44	2,73	0,33	1,56	0,57	8,14	12,8

В листьях под действием регулятора роста увеличилось содержание от двух (*P. lactiflora*) до пяти аминокислот (*P. hybrida*, *P. anomala*) в среднем в 1,1-16,0 раз по сравнению с контролем (таблица 1). Практически у всех изученных видов повысились показатели таких незаменимых аминокислот, как изолейцин – в 1,3 и лейцин – в 1,2-2,8 раза.

В цветках *Biodux* повысил содержание от трех (*P. hybrida*, *P. anomala*) до восьми аминокислот (*P. lactiflora*) в среднем в 1,1-9,0 раз по сравнению с контролем. Практически у всех изученных видов повысились показатели таких аминокислот, как пролин – в 1,2-1,4; изолейцин – в 1,1-2,4; лейцин – в 1,1-1,5 раза.

В стеблях *Biodux* повысил содержание от четырех (у *P. hybrida*) до семи аминокислот (у *P. lactiflora*) в среднем в 1,1-3,3 раза по сравнению с контролем (таблица 2). Практически у всех изученных видов повысились показатели таких аминокислот, как лизин – в 1,1-1,6; гистидин – в 1,1-1,5; валин – в 1,2-2,7; лейцин – в 1,1-1,4 раза.

В семенах регулятор роста увеличил содержание от четырех (у *P. anomala*, *P. mlokosewitschii*) до десяти аминокислот (у *P. hybrida*) в среднем в 1,1-4,3 раза по сравнению с контролем. Практически у всех изученных видов повысились показатели таких аминокислот, как гистидин – в 1,1-1,2; серин – в 1,2-2,0; валин – в 1,1 раза.

Показано, что препарат *Biodux* максимально увеличивает суммарное содержание аминокислот, в том числе незаменимых, в корнях и стеблях *P. hybrida*, *P. anomala* в 1,1-1,4 раза по сравнению с контролем. Выявлено, что наибольшее влияние регулятор роста *Biodux* оказал на повышение количественных показателей таких незаменимых аминокислот, как валин и лейцин. Кроме того, показано, что препарат *Biodux* проявил максимальное влияние на изменение содержания аминокислот в корнях, минимальное – в листьях пионов. Наиболее отзывчивыми на данный регулятор роста оказались *P. lactiflora*, наименее – *P. anomala*.

Таким образом, изучен аминокислотный состав сырья *P. lactiflora* Pall., *P. mlokosewitschii* Lomak., *P. anomala* L., *P. hybrida* Pall. Установлено присутствие 14 аминокислот,

7 из которых являются незаменимыми. По суммарному содержанию аминокислот лидирующее положение занимает *P. mlokosewitschii*. Показано, что под действием препарата *Biodux* происходит изменение содержания и соотношения аминокислот в сырье из различных частей растений. Практически у всех изученных видов повысились показатели таких аминокислот, как гистидин – в 1,1-1,2; серин – в 1,2-2,0; валин – в 1,1 раза. Максимально увеличилось суммарное содержание аминокислот, в том числе незаменимых, в корнях и стеблях *P. hybrida* и *P. anomala* в 1,1-1,4 раза по сравнению с контролем.

Таблица 2 – Влияние регулятора роста *Biodux* на содержание аминокислот в образцах сырья *Paeonia hybrida* Pall.

Вариант опыта	Вид сырья	Содержание незаменимых аминокислот, мг%								Суммарное содержание аминокислот
		лизин	метионин	треонин	валин	изолейцин	лейцин	фенилаланин	Сумма незаменимых аминокислот	
<i>Biodux</i>	корень	0,73	0,10	0,19	0,94	0,28	0,34	0,23	2,81	6,34
	цветок	0,72	0,02	0,03	1,27	0,35	0,79	0,02	3,20	5,94
	лист	0,33	0,31	0,36	0,29	0,66	0,51	0,38	2,84	8,28
	стебель	1,18	0,14	0,02	0,11	0,77	0,96	0,04	3,22	7,50
	семена	1,42	0,15	0,22	3,18	0,15	1,14	0,38	6,64	10,2
контроль	корень	0,88	0,11	0,08	0,64	0,27	0,33	0,22	2,53	5,70
	цветок	0,33	0,10	0,15	0,83	0,39	0,54	0,20	2,54	6,14
	лист	0,54	0,37	0,49	0,60	0,51	0,18	0,51	3,20	8,84
	стебель	1,12	0,13	0,03	0,07	0,79	0,84	0,08	3,06	7,55
	семена	1,38	0,10	0,21	3,13	0,05	1,02	0,31	6,20	9,48

Следовательно, использование препарата *Biodux* представляется перспективным для повышения качества сырья *P. lactiflora* Pall., *P. mlokosewitschii* Lomak., *P. anomala* L., *P. hybrida* Pall. по аминокислотному составу, однако требует дальнейших исследований.

Список литературы

1. Миронова Л.Н., Реут А.А., Юлбарисова Р.Р. Влияние препарата *Biodux* на увеличение продуктивности цветочно-декоративных растений // Субтропическое и декоративное садоводство. 2013. № 48. С. 145-149.
2. Миронова Л.Н., Реут А.А., Юлбарисова Р.Р. Повышение продуктивности представителей рода хоста в результате обработки регуляторами роста // Вестник Башкирского университета. 2013. Т. 18. № 3. С. 748-749.
3. Реут А.А., Миронова Л.Н. Изучение аминокислотного и элементного состава представителей семейства *Paeoniaceae* Rudolphi // Известия Уфимского научного центра РАН. 2013. № 3. С. 61-63.
4. Реут А.А., Миронова Л.Н. Исследование элементного и аминокислотного состава растительного сырья некоторых представителей рода *Paeonia* L. // Субтропическое и декоративное садоводство. 2013. № 48. С. 200-203.
5. Реут А.А., Миронова Л.Н. К вопросу повышения продуктивности представителей рода *Hosta* Tratt. при культивировании в Башкирском Предуралье // Аграрная Россия. 2014. № 7. С. 6-12.
6. Реут А.А., Миронова Л.Н. К вопросу повышения продуктивности представителей рода *Iris* L. при культивировании в Башкирском Предуралье // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2014. № 3-3. С. 101-104.
7. Реут А.А., Миронова Л.Н. Новый способ повышения семенной продуктивности пионов в Башкортостане // Плодоводство и ягодоводство России. 2014. Т. XXXX. № -1. С. 265-268.
8. Реут А.А., Миронова Л.Н. Перспективы повышения семенной продуктивности пионов // Естественные и математические науки в современном мире. 2013. № 13. С. 132-136.
9. Реут А.А., Миронова Л.Н. Результаты применения препарата *Biodux* на представителей семейства *Hostaceae* Mathew // Современные тенденции в сельском хозяйстве: Сб. тр. III Междунар. науч. Интернет-конференция. Казань: ИП Синяев Д. Н., 2014. С. 104-107.
10. Реут А.А., Миронова Л.Н., Федяев В.В. Использование регуляторов роста при семенном размножении растений семейства *Paeoniaceae* Rudolphi // Вестник Башкирского университета. 2006. Т. 11. № 4. С. 51-53.

IN SILICO ИДЕНТИФИКАЦИЯ АНТИМИКРОБНЫХ ПЕПТИДОВ В ГЕНОМЕ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО (*TRIFOLIUM PRATENSE* L.)

И.Н. Рыдевская¹, О.А. Иванов²

¹Белорусский государственный университет; Минск, Беларусь, e-mail: irina.rydevska@gmail.com

²Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»; Минск, Беларусь, e-mail: protlife1984@gmail.com

При помощи различных методов in silico анализа в базе данных EST и в геноме клевера лугового идентифицировано 68 антимикробных пептидов, принадлежащих 6 семействам антимикробных пептидов или являющихся протеолитическими дериватами белков с иной функциональной ролью.

Антимикробные пептиды (АМП) являются важной составной частью врожденной иммунной системы живых организмов. Как правило, это катионные молекулы различной структуры и длиной 10 – 50 аминокислот, обладающие высокой специфичностью в отношении тех или иных грамположительных или грамотрицательных бактерий, грибов или вирусов. Высокая специфичность АМП объясняет их разнообразие в организме. Эти пептиды представлены множеством молекулярных форм, непосредственно закодированных в геноме организма или являющихся продуктами частичного специфичного протеолиза других белков, не обладающих непосредственно антимикробными свойствами.

Последнее десятилетие отмечено бурным ростом интереса к АМП, что связано, с одной стороны, с возрастающей проблемой антибиотикорезистентности во всем мире и необходимостью разработки новых эффективных препаратов для борьбы с устойчивыми к антибиотикотерапии микроорганизмами, и, с другой, с осознанием потенциала этих молекул как альтернативы классическим антибиотикам.

Из почти трех тысяч АМП, для которых антимикробная активность подтверждена экспериментально, большинство не рассматривается в качестве соединений с терапевтическим потенциалом в силу их меньшей, в сравнении с классическими антибиотиками, эффективности, либо избыточной токсичности, либо неустойчивости в физиологических средах организма-реципиента, либо высокой стоимости производства. Лишь очень незначительная часть АМП успешно преодолела все фазы клинических исследований и еще меньшая – зарегистрирована в качестве новых антимикробных лекарственных препаратов (впрочем, статистика здесь соответствует общим тенденциям «доживания» потенциальных фармакологических субстанций до предрегистрационных процедур). Таким образом, остро актуальной является задача поиска и первичного отбора АМП с необходимыми свойствами, оптимальные решения которой реализуются либо через создание библиотек синтетических АМП, либо посредством *in silico* анализа геномных и протеомных данных, депонированных в базах данных. Это позволяет существенно сократить время и финансовые ресурсы при разработке антибактериальных субстанций, базирующихся на АМП.

В настоящей работе мы демонстрируем подход, позволяющий выявлять последовательности потенциальных антимикробных пептидов в растительных и других организмах, для которых доступны данные ассемблированных геномов и (или) библиотек экспрессируемых генов. В качестве модельного объекта был выбран клевер луговой (*Trifolium pratense*) – распространенное культивируемое растение из семейства *Fabaceae* с хорошо ассемблированным геномом.

Для проведения анализа использовались текущие версии генома клевера лугового, аннотированного на уровне хромосом, и экспрессируемых последовательностей (expressed sequence tag – EST, короткие одноцепочечные участки кДНК, полученные из мРНК). Геном *Trifolium pratense* (сорт *Milvus*) был получен с ресурса Ensembl Plants (http://plants.ensembl.org/Trifolium_pratense/Info/Index). База данных EST (версия 157a) клевера с числом записей 38277 была взята с портала PlantGDB (http://www.plantgdb.org/download/download.php?dir=/Sequence/ESTcontig/Trifolium_pratense/current_version). EST из

базы данных подвергали пре-процессингу, включающему очистку от загрязняющих векторных последовательностей, повторов и полиА(Т)-хвостов. Векторные последовательности в EST выявляли при помощи ресурса Vecscreen (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/tools/vecscreen/>) и удаляли вручную при E -value $< 1e-5$. ПолиА(Т)-хвосты EST удаляли при помощи EMBOSS:trimest (<http://www.bioinformatics.nl/cgi-bin/emboss/trimest>). Маскировку скрытых внутренних повторов EST осуществляли на портале Repbase (<http://www.girinst.org/censor/index.php>).

Подготовленные таким образом EST кластеризовали при помощи CD-HIT Suite (http://weizhongli-lab.org/cdhit_suite/cgi-bin/index.cgi?cmd=cd-hit-est), в результате чего была сформирована библиотека уникальных, неперекрывающихся EST, которая использовалась для дальнейшего анализа. Ассемблированный геном *T. pratense* ручному курированию не подвергался.

Для поиска в геноме и подготовленной библиотеке EST последовательностей, соответствующих антимикробным пептидам, использовали шаблон, содержащий 2338 аминокислотные последовательности экспериментально валидированных АМП, полученный из базы данных APD3 (<http://aps.unmc.edu/AP/downloads.php>). На первом этапе использовали алгоритм попарного выравнивания нуклеотидных последовательностей генома и EST *T. pratense* относительно аминокислотных последовательностей шаблона АМП – BLASTX, доступного on line на сервере NCBI. Кандидатами в АМП считали последовательности, для которых в попарных выравниваниях E -value $< 1e-3$ и ниже. Кандидатные АМП-последовательности из генома и EST транслировались в аминокислотные последовательности, для которых при помощи алгоритма локального выравнивания аминокислотных последовательностей BLASTP сервера NCBI выявляли полные аминокислотные последовательности, соответствующие результатам с наилучшими матчами (наименьшим E -value). Далее, для каждой из полных предсказанных АМП-последовательностей проводили дополнительные серии выравниваний при помощи алгоритма BLASTP в базе данных CAMP_{R3} (Collection of Anti-Microbial Peptides) (<http://www.camp.bicnirrh.res.in/ncbiBlast/>) и специализированной базе растительных АМП PhytAMP (<http://phytamp.ammamillab.org/main.php>). Для точного отождествления предсказанных в геноме и EST *T. pratense* АМП-последовательностей с известными семействами АМП при помощи инструмента Clustal Omega, размещенного на ресурсе UniProt, проводили серии множественных выравниваний с наборами последовательностей семейств АМП, депонированных в базах данных UniProt. Наконец, для выявления в геноме *T. pratense* участков, соответствующих экспрессируемому АМП, при помощи инструмента BLASTN сервера NCBI проводили попарное выравнивание нуклеотидных последовательностей EST, соответствующих предсказанным АМП, и ассемблированного генома *T. pratense*.

В результате выполненного анализа в библиотеке EST *T. pratense* было обнаружено 22 уникальных последовательности, соответствовавших АМП, для которых впоследствии выявлены полноразмерные белки. Среди АМП, непосредственно закодированных в геноме, выявлены пептиды из семейств LTP (lipid transfer proteins) – 5 членов (23 % от общего числа выявленных в библиотеке EST последовательностей), снакинов – 3 члена (14 %), геветиноподобных белков – 1 (4 %) и эндохитиназ – 1 (4 %). Другие предсказанные по EST АМП являются продуктами частичного протеолиза убиквитинов – 6 АМП (27 %), гистонов H2A – 3 АМП (14 %) и глицеральдегид-3-фосфатдегидрогеназ (ГФД) – 3 АМП (14 %).

При анализе генома *T. pratense* было идентифицировано 63 индивидуальных АМП, 44 из которых являются непосредственными генными продуктами. Обнаружено 12 дефензинов (19% от общего числа выявленных в геноме АМП), 2 тионин-подобных АМП (3 %), 17 LTP (27 %), 1 эндохитиназа (2%). В ходе анализа удалось дифференцировать найденные в геноме АМП из семейства снакинов на 2 известных подсемейства этих пептидов – снакины-1 (3 АМП, 5 %) и снакины-2 (9 АМП, 14 %), различающихся в С-концевых мотивах последовательностей **CYRD**, характерных для всех пептидов подсемейства 1 и **CYXX** у пептидов подсемейства 2. Остальные 19 обнаруженных при анализе генома АМП являются продуктами протеолиза белков с иными функциями – 10 АМП-derivатов гистонов H2A (16 %), 7 АМП-

дериватов убиквитинов (11 %), 2 АМП-деривата ГФД (3 %). Поскольку геном *T. pratense* асемблирован похромосомно, выявленные АМП были локализованы в каждой из 7 хромосом гаплоидного набора растения, что отражено в таблице.

В результате выравнивания последовательностей EST, соответствующих предсказанным АМП, и генома *T. pratense* для 17 из 22 АМП-транскриптов были установлены соответствующие внутригеномные участки. Общее число обнаруженных у *T. pratense* АМП, таким образом, составляет 68 уникальных пептида, распределенных по семействам АМП, как отражено на рисунке.

Таблица – Хромосомное распределение АМП в геноме *Trifolium pratense* (1n)

Семейство АМП	Хр. 1	Хр. 2	Хр. 3	Хр. 4	Хр. 5	Хр. 6	Хр. 7
Снакины	3	4	3	-	1	1	-
LTP	1	2	1	3	6	3	1
Дефензины	2	-	1	5	1	1	2
Тионин-подобные	-	2	-	-	-	-	-
Убиквитин-дериваты	1	2	2	-	2	-	-
Гистоны	-	2	1	1	-	1	5
ГФД-дериваты	-	-	-	-	-	1	1
Эндохитиназы	-	-	-	-	-	-	1
Общее	7	12	8	9	10	7	10

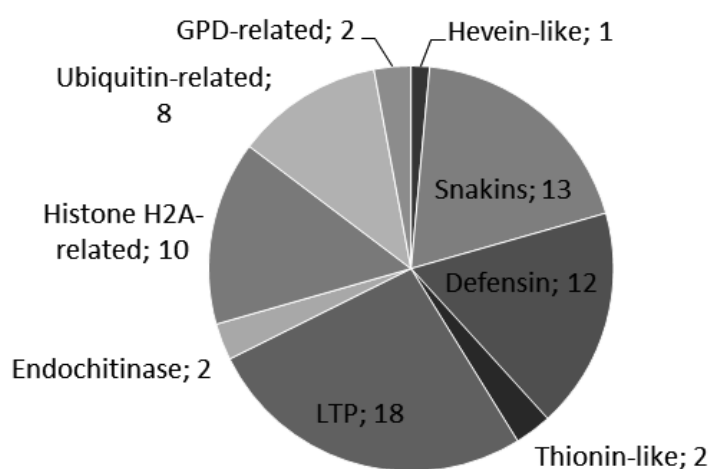


Рисунок – Общее количество АМП и семейств АМП, обнаруженных в библиотеке EST и геноме *Trifolium pratense*

Таким образом, анализ *in silico* доступных для *T. pratense* геномных данных и данных по экспрессирующимся генам, депонированных в базе данных EST позволил выявить в растении 68 индивидуальных АМП из различных пептидных семейств. Примененный в работе подход может быть использован при анализе секвенированных геномов других организмов.

МЕХАНИЗМ ВЫХОДА КАЛИЯ ИЗ КОРНЕЙ *ARABIDOPSIS THALIANA* ПРИ СТРЕССЕ

В.В. Самохина, В.С. Мацкевич, В.А. Лукашевич, П.В. Гриусевич, А.И. Соколик, В.В. Демидчик

Белорусский государственный университет; Минск, Беларусь, e-mail: veronika.bukhovets@gmail.com

Воздействие на организм растения важнейших стресс-факторов, таких как атака патогенов, засоление, избыток в среде тяжелых металлов и окислителей сопровождается редокс-зависимой потерей ионов калия (K^+) из клеток корня. Она опосредуется активацией специализированных белков-транспортеров - K^+ -каналов, кодируемых генами GORK и SKOR, под действием активных форм кислорода (АФК). В представленной работе при помощи метода меченых атомов и радиотрейсера K^+ ($^{86}Rb^+$) впервые продемонстрировано, что остаток цистеина Цис-151 в 3 трансмембранном домене GORK является функциональным сенсором АФК, ответственным за активацию K^+ -каналов GORK и их АФК-чувствительность.

Калий (K^+) является наиболее распространенным макроэлементом. Он ответственный за генерацию и поддержание разности электрических потенциалов на плазматической мембране клетки, регуляцию ростовых и анаболических процессов [1]. Поглощение корнями ионов K^+ имеет большое значение для растений; однако в некоторых физиологических состояниях также происходит выход K^+ . Потеря корнями K^+ часто вызвана стрессами, такими как патогены, засоление, воздействие высоких и низких температур и тяжелых металлов. На клеточном уровне в корнях арабидопсиса выход K^+ происходит через ионные каналы GORK или SKOR. Эти каналы активируются деполяризацией и активными формами кислорода (АФК) [1, 2].

АФК играют ключевую роль в таких физиологических процессах в растении, как стрессовые и гормональные ответы, рост и развитие, гравитропическая реакция, контроль минерального обмена и др. [1]. При стрессе АФК накапливаются во внеклеточном пространстве, где антиоксидантная активность ниже, чем в цитоплазме или органеллах клетки [2]. В результате внеклеточные АФК выступают ключевым «усилителем» и посредником стрессовых реакций, кодируя их качественные и количественные показатели. Сигнально-регуляторная роль АФК может быть обусловлена их влиянием на катионные каналы, в частности, K^+ -проницаемые каналы [1]. Недавно было показано, что выход K^+ из клеток ризодермиса опосредуется активностью наружу-выпрямляющих K^+ -каналов, кодируемых геном GORK [1, 2, 3]. Стрессы активируют канал GORK и усиливают отток из клеток корня K^+ , что приводит к индукции запрограммированной клеточной гибели, ионному дисбалансу и возможно к снижению конститутивного уровня анаболических реакций [1, 2]. Исследование структуры K^+ -канала GORK показало его аналогию с K^+ -каналом SKOR, который экспрессируется в центральном цилиндре корня и отвечает за загрузку K^+ в сосуды ксилемы для нужд минерального питания [3]. Для SKOR продемонстрировано наличие АФК-чувствительного центра, непосредственно инкорпорированного в молекулу канала и ответственного за его активацию под действием экзогенных АФК [3]. Схожий центр выявлен нами в канале GORK, экспрессирующемся в клетках корневого эпидермиса и коры. Ключевой АФК-чувствительной аминокислотой данного центра является цистеин по положению 151 (Цис-151). Его замена или устранение потенциально может приводить к изменению как транспортных свойств мембраны, так и к модификации общей чувствительности клеток корня к АФК.

Целью настоящей работы являлось выявление изменений в конститутивном и стресс-индуцированном выходящем потоке K^+ при замене Цис-151 (англ.: C151) на серин (англ.: C151S) у растений арабидопсиса. Также было исследовано, каким образом данная замена отражается на росте корневой системы в контроле и в присутствии различных уровней NaCl, Cu/a, H₂O₂.

Объектом исследования являлись корни проростков *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. четырех линий: 1) дикий тип Wassilevskija – ‘WS-0’; 2) нокаутные мутанты *gork1-1*, лишенные функционального белка GORK, кодирующего наружу-выпрямляющий K^+ -канал; 3) *gork1-1* с возмещенным нативным GORK; 4) *gork1-1*, экспрессирующий GORK с заменой C151S. Дан-

ные линии были любезно предоставлены группой профессора Инго Дреера (Университет Тальки, Чили). Наличие модифицированных транскриптов, а также оценка уровня экспрессии линий GORK, были верифицированы с помощью оригинальных праймеров и методики количественного ПЦР-анализа. Все линии культивировались в стерильной «вертикальной» культуре на гелевой среде, содержащей 100% солей по стандартной прописи Мурашиге и Скуга с витаминами, 0,35% фитагеля, 1% сахарозы (pH 6) [2]. Для ростового теста культура целых растений выращивалась полные 4 сут. Затем производилась замена части среды (от уровня кончиков корней). Регистрировался ежедневный прирост главного корня. В работе был использован трейсер $K^+ - {}^{86}Rb^+$ в форме хлорида (POLATOM; Польша). Проростки закреплялись в специальных держателях и погружались в раствор следующего состава (мМ): 0,1 KCl, 0,1 CaCl₂, pH 6,0, 2 Трис / 4 Мес, содержащий ${}^{86}Rb^+$. В течение 30 мин проростки загружались ${}^{86}Rb^+$, после чего переносились в раствор без изотопа. Остаточная активность проростков измерялась через определенные интервалы времени при помощи β -радиометра, имеющего увеличенный детектор (5 см / 7 см), на который помещались корни. Через 5 мин с момента начала регистрации выхода ${}^{86}Rb^+$ производилась обработка стрессорами: 1) 200 мМ NaCl; 2) 1 мМ Cu²⁺, 1 мМ L-аскорбиновая кислота, 1 мМ H₂O₂ (Cu/a); 3) 10 мМ H₂O₂. По окончании эксперимента измерялась масса тестируемых корней и вычислялась удельная активность ${}^{86}Rb^+$, на основе чего производился расчет кинетических параметров выхода ${}^{86}Rb^+$ из корней.

Анализ выходящего потока ${}^{86}Rb^+$ продемонстрировал наличие 3 фаз: 1) быстрая фаза (до 5 мин); 2) первая медленная фаза (до 10 мин); 3) вторая медленная фаза (до 25 мин). Быстрая фаза соответствовала выходу ${}^{86}Rb^+$ из клеточной стенки (апопласт). Медленные фазы были связаны с выходом ${}^{86}Rb^+$ из клеток корня (т.н. выход из симпласта). Согласно литературным данным и нашим собственным исследованиям первая медленная фаза соответствовала выходу ${}^{86}Rb^+$ из цитоплазмы. Фокус нашей работы был направлен на данную «цитоплазматическую» фазу. Для нее рассчитывалась скорость выхода ${}^{86}Rb^+$ в контроле и после обработки стресс-растворами (рисунок).

Было показано, что у растений дикого типа выход ${}^{86}Rb^+$ ускорялся под действием NaCl в 5 раз, Cu/a в 3 раза, H₂O₂ в 2,5 раза (рисунок). Близкие значения увеличения скорости выхода изотопа были зарегистрированы в случае растений *gork1-1* с возмещенным GORK. В то же время, скорость стресс-индуцируемого потока ${}^{86}Rb^+$ была в 2 раза ниже у нокаутов по K⁺-каналу *gork1-1*, а также *gork1-1*, экспрессирующих GORK с заменой C151S. Эти данные свидетельствуют, что GORK напрямую вовлекается в выход K⁺ в ответ на обработку NaCl, H₂O₂ и смесями, генерирующими АФК (Cu/a). При этом сенсором выступает Цис-151.

В дальнейшем были протестировано влияние вышеперечисленных стрессоров, введенных в среду выращивания, на скорость роста корней арабидопсиса. Добавление 0,3-1 мМ Cu/a и 3-10 мМ H₂O₂ вызывало почти полное угнетение прироста основного корня у всех линий арабидопсиса. В присутствии 0,3 и 1 мМ H₂O₂ прирост корня у растений дикого типа и растений *gork1-1* с возмещенным GORK статистически достоверно затормаживался. В то же время, данный параметр оставался неизменным или слегка увеличивался у нокаутов по K⁺-каналу *gork1-1*, а также у растений с заменой C151S. Аналогичная тенденция наблюдалась при введении в среду выращивания 200 мМ NaCl. Таким образом, замена C151S способствовала не только снижению выброса K⁺ под действием стрессоров, но и подавлению ингибирующего эффекта NaCl и H₂O₂ на рост основного корня. Отсутствие данного эффекта в ростовых тестах с Cu/a можно объяснить слишком сильным ингибирующим действием данных концентраций – рост корня полностью останавливался.

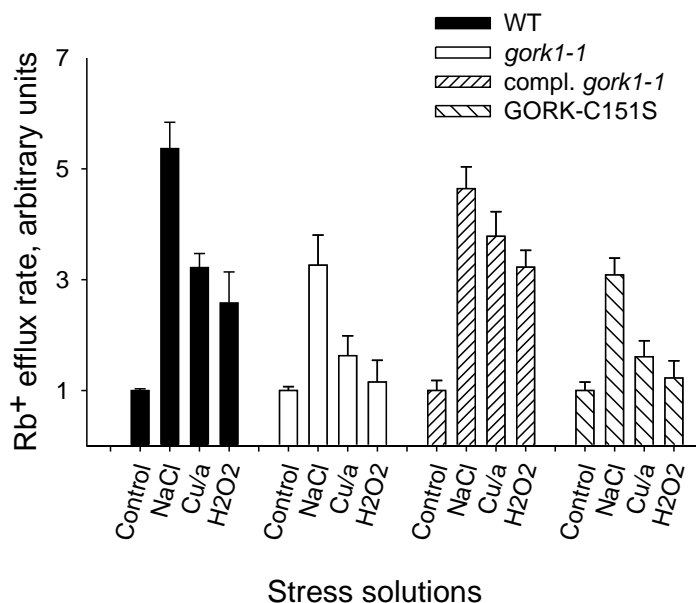


Рисунок – Отношение скорости выхода ⁸⁶Rb⁺ под действием стрессора к скорости его выхода в контрольных условиях (X±Sx, n=10-15)

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы: 1) NaCl, Cu/a, H₂O₂ стимулируют выход K⁺ из клеток корня арабидопсиса; 2) K⁺-канал GORK опосредует стресс-индуцируемый выход K⁺ из корней арабидопсиса (так как нокаутные растения по данной транспортной системе демонстрируют замедление выхода ⁸⁶Rb⁺); 3) Цис-151 ответственен за активацию GORK под действием АФК и, соответственно, за АФК-индуцируемый выход K⁺; он же, вероятно, участвует в ингибировании роста основного корня у растений дикого типа.

Список литературы

1. Demidchik V. Mechanisms of oxidative stress in plants: From classical chemistry to cell biology / V. Demidchik // Environmental and experimental botany. – 2015. – Vol. 109. – P. 212–228.
2. Demidchik V. *Arabidopsis* root K⁺ efflux conductance activated by hydroxyl radicals: single-channel properties, genetic basis and involvement in stress-induced cell death / V. Demidchik [et al.] // Journal of cell science. – 2010. – Vol. 123. – P. 1468–1479.
3. Garcia-Mata C. A minimal cysteine motif required to activate the SKOR K⁺ channel of *Arabidopsis* by the reactive oxygen species H₂O₂ / C. Garcia-Mata [et al.] // Journal of biological chemistry. – 2010. – Vol. 285. – P. 29286–29294.

ИЗМЕНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛИПИДНОГО ОБМЕНА МУЖСКИХ СОЦВЕТИЙ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД

О.С. Серебрякова, Л.В. Ветчинникова

Институт леса Карельского научного центра Российской академии наук; Петрозаводск, Россия,
e-mail: srebro@krc.karelia.ru

*Изучена динамика значений коэффициента ненасыщенности, индекса двойных связей и активности ацил-липидных десатураз нейтральных, фосфо- и гликолипидов в мужских соцветиях *Betula pendula* Roth в весенний период их развития. Показано, что изменения в липидном обмене направлены не только на успешное формирование фертильной пыльцы, но и на предохранение мужского гаметофита от воздействия возвратных весенних заморозков, часто наблюдаемых в период цветения березы повислой в границах ее ареала.*

В процессе формирования репродуктивных органов, как известно, происходят значительные изменения в их обмене веществ (Bonome et al., 2011; Famiani, 2012 и др.). Однако

практически открытыми остаются вопросы изучения показателей липидного обмена, которые во многом определяют реакцию растений на воздействие внешних факторов среды (Войников, 2011; Лось, 2014 и др.), в том числе и в период их цветения. Заметим, что раскрытие мужских соцветий у березы происходит до начала распускания листьев весной (или одновременно с ним) при накоплении суммы эффективных температур, составляющей не менее 3 % от среднегодовой, а максимальное пыление – при достижении 5–6 % (Фролова, 1956; Sarvas, 1967; Некрасова, 1983; Каледа, 1984; Niemistö et al., 2008).

Целью нашей работы было изучение динамики значений коэффициента ненасыщенности, индекса двойных связей и ацил-липидных десатураз в липидах мужских соцветий березы повислой *Betula pendula* Roth в весенний период их развития.

Сбор мужских соцветий осуществляли в конце апреля-начале мая с 40-летних деревьев, произрастающих на опытных участках Института леса КарНЦ РАН (61°79' с. ш., 34°35' в. д.), в соответствии с фазами их весеннего развития: освобождение от наружного покрова (I фаза), разрыхление (II фаза), вскрывание пыльников (III фаза) (Кайгородова, 1975).

Экстракцию липидов из тканей осуществляли смесью хлороформа и метанола, которые затем разделяли на фракции (нейтральные, фосфо- и гликолипиды) с помощью колоночной хроматографии, а жирные кислоты – на газо-жидкостном хроматографе «Хроматэк – Кристалл-5000» (Россия) (Ветчинникова и др., 2013). Коэффициент ненасыщенности (К) жирных кислот и индекс двойной связи (ИДС) рассчитывали по методу Лайонса и др. (Lyons et al., 1964), активность ацил-липидных десатураз определяли как стероил- (SDR), олеил- (ODR) и линолеил- (LDR) десатуразные отношения (Алаудинова, Миронов, 2009 и др.).

Результаты исследований показали, что в период подготовки мужских соцветий к цветению (I фаза) во всех фракциях липидов ненасыщенные жирные кислоты преобладали над насыщенными. Наиболее ярко это проявилось в фосфо- и гликолипидах, в которых коэффициент ненасыщенности составил 2.0 и 1.7 соответственно (рисунок). По всей вероятности, это обусловлено изменением жирнокислотного состава мембран пыльцевых зерен, сформировавшихся в мужских соцветиях к фазе их освобождения от наружного покрова, а также включением биохимических механизмов, обеспечивающих их адаптацию к возврату низких положительных (или даже отрицательных) температур воздуха, которые часто наблюдаются в весенний период в границах ареала березы повислой.

В дальнейшем, по мере накопления суммы положительных температур, жирнокислотный состав мужских соцветий значительно изменился, и к фазе их разрыхления значения коэффициента ненасыщенности снизились в гликолипидах в два, а в нейтральных – даже в три раза. В дальнейшем, после попадания пыльцы на рыльце пестика, насыщенные жирные кислоты, по-видимому, будут выполнять субстратную и/или энергетическую роль, обеспечивая рост пыльцевой трубки и микрогаметогенез, который у березы происходит после опыления (Некрасова, 1983).

В фосфолипидах тычиночных соцветий также наблюдали снижение коэффициента ненасыщенности, но оно носило слабо выраженный характер, и в результате доля ненасыщенных жирных кислот оставалась на доминирующих позициях. Вероятно, это способствует сохранению текучести мембран и поддержанию таким образом физиологического состояния мужского гаметофита в течение длительного периода, поскольку тычиночные цветки, как правило, формируются раньше пестичных, а от момента опыления до оплодотворения у березы, как и у многих других представителей сем. *Betulaceae*, проходит около месяца (Некрасова, 1983).

В динамике величины индекса двойных связей, отражающего не только концентрацию ненасыщенных жирных кислот, но и количество двойных связей в их молекулах, к началу цветения наиболее высокие значения отмечены во фракции фосфо- и гликолипидов (1.6 и 1.5 соответственно) (рисунок). В дальнейшем, с повышением среднесуточных температур воздуха величина этого показателя в фосфо- и гликолипидах тычиночных соцветий снизилась до 1.3 и 1.1 соответственно, а в нейтральных липидах – до 0,5.

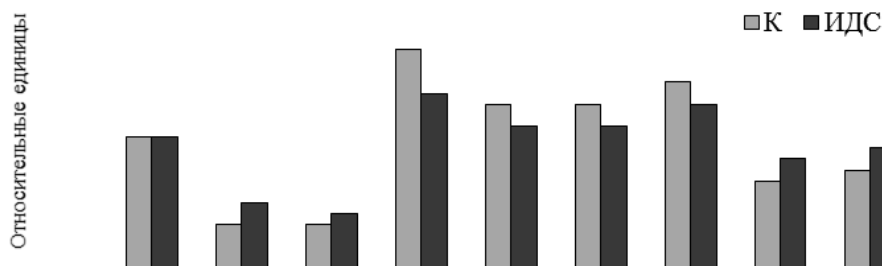


Рисунок – Коэффициент ненасыщенности (К) и индекс двойной связи (ИДС) отдельных фракций липидов, где НЛ – нейтральные липиды, ФЛ – фосфолипиды, ГЛ – гликолипиды; фазы развития: I –освобождение от наружного покрова II – разрыхление, III – вскрывание пыльников

Биосинтез ненасыщенных жирных кислот типа C18 происходит, как правило, с участием мембранных ацил-липидных десатураз $\omega 9$, $\omega 6$ и $\omega 3$, катализирующих введение первой, второй и третьей двойной связи в углеводородной цепи соответственно.

Согласно полученным данным, уровень SDR варьировал от 0.39 до 0.63 (таблица). При этом наибольшая величина SDR наблюдалась во фракции гликолипидов, что неслучайно: образование олеиновой кислоты у растений происходит в строме хлоропластов (Лось, 2001). Во всех фракциях минимальные значения зафиксированы в фазу вскрывания пыльников. Резкое снижение ее к моменту освобождения пыльников свидетельствует о повышении активности ацил-липидной $\omega 3$ десатуразы (LDR), определяющей введение в углеводородную цепь третьей двойной связи, которая обычно сопровождается увеличением линоленовой кислоты (в нашем случае, более чем на 10%). Стабильность, наблюдаемая в динамике SDR нейтральных липидов, показывает, что в них экспрессия генов ацил-липидной $\omega 9$ десатуразы не зависит от температуры воздуха.

Значения ODR находились в диапазоне 0.85–0.97, причем в фосфолипидах олеил-десатуразные отношения были максимальными и наиболее устойчивыми во все фазы развития мужских соцветий березы повислой (таблица).

Величина LDR липидов мужских соцветий березы повислой в период их весеннего развития изменялась в пределах от 0.29 до 0.58 (таблица). Во всех фракциях преобладающие значения зафиксированы в начальную фазу цветения (период, характеризующийся, как правило, возвратом низких положительных или даже отрицательных температур воздуха), когда происходит усиленный синтез линоленовой кислоты. При этом, как и в случае стеароил-десатуразных отношений, максимальный уровень LDR, отмечен в гликолипидах. Небольшое возрастание значений LDR, наблюдаемое к моменту вскрывания пыльников (относительно фазы разрыхления), также может свидетельствовать об адаптивной экспрессии ацил-липидной $\omega 3$ десатуразы, катализирующей образование жирных кислот с тремя двойными связями.

Таблица – Значения индексов, отображающих активность $\omega 9$ (SDR), $\omega 6$ (ODR), и $\omega 3$ (LDR) десатураз разных фракций липидов в мужских соцветиях березы повислой в весенний период их развития

Фракции	Фаза развития*	Ацил-липидные десатуразы и их активность		
		SDR	ODR	LDR
Нейтральные липиды	I	0.43	0.90	0.36
	II	0.42	0.89	0.29
	III	0.41	0.87	0.33
Фосфолипиды	I	0.53	0.97	0.42
	II	0.49	0.96	0.29
	III	0.43	0.96	0.32
Гликолипиды	I	0.59	0.90	0.57
	II	0.63	0.85	0.49
	III	0.39	0.92	0.58

* Фазы развития: I –освобождение от наружного покрова II – разрыхление, III – вскрывание пыльников

Таким образом, на основании проведенных исследований установлено, что изменения в липидном обмене мужских соцветий *Betula pendula* Roth в весенний период их развития направлены не только на успешное формирование фертильной пыльцы, но и на предохранение мужского гаметофита от воздействия возвратных весенних заморозков, часто наблюдаемых в период цветения березы повислой в границах ее ареала.

Финансирование исследований осуществлялось из средств федерального бюджета в рамках госзадания по теме НИР № 0220-2014-0009 и гранта РГО.

Список литературы

1. Алаудинова Е.В., Миронов П.В. Липиды меристем лесообразующих хвойных пород Центральной Сибири в условиях низкотемпературной адаптации. 2. Особенности метаболизма жирных кислот фосфолипидов меристем *Larix sibirica* Ledeb., *Picea obovata* L. и *Pinus sylvestris* L. // Химия растительного сырья. 2009. № 2. С. 71-76.
2. Ветчинникова Л.В., Серебрякова О.С., Ильинова М.К. Динамика содержания липидов и жирнокислотного состава отдельных фракций в женских сережках березы повислой *Betula pendula* Roth // Труды КарНЦ РАН. Серия "Экспериментальная биология". 2013. № 3. С. 74-81.
3. Войников В.К. Митохондрии растений при температурном стрессе. 2011. Новосибирск: академическое изд-во «Гео». – 163 с.
4. Кайгородова М.С. Экология цветения и опыления *Betula nana* L. на Полярном Урале // Ботанический журнал. 1975. Т. 60. № 10. С. 1466-1470.
5. Каледа В.М. Биология плодоношения березы повислой (*Betula pendula* Roth) в лесостепных районах Западной Сибири: Автореф. дис. канд. с.-х. наук. Красноярск, 1984. – 20 с.
6. Лось Д.А. Структура, регуляция экспрессии и функционирование десатураз жирных кислот // Успехи биологической химии. Т. 41. 2001. С. 161-198.
7. Лось Д.А. Десатуразы жирных кислот. М.: Научный мир. 2014. – 372 с.
8. Некрасова Т.П. Пыльца и пыльцевой режим хвойных Сибири. Новосибирск: Наука. 1983. – 169 с.
9. Фролова Г.Д. Вопросы биологии цветения некоторых берез // Ботанический журнал. 1956. Т. 41, № 6. С. 1834-1844.
10. Bonome L., Moreira S., Oliveira L., Sotero A. Metabolism of carbohydrates during the development of seeds of the Brazilian rubber tree [*Hevea brasiliensis* (Willd. Ex ADR. De Juss) Muell.-Arg.] // Acta Physiologiae Plantarum. 2011. Vol. 33. Is. 1. P. 211-219.
11. Famiani F., Casulli V., Baldicchi A. et al. Development and metabolism of the fruit and seed of the Japanese plum Ozark premier (Rosaceae) // Journal of Plant Physiology. 2012. Vol. 169. Is. 6. P. 551-560.
12. Lyons J.M., Wheaton T.A., Pratt H.K. Relationship between the physical nature of mitochondrial membranes and chilling sensitivity in plants // Plant Physiol. 1964. V. 39. № 2. P. 262-268.
13. Niemistö P., Viherä-Aarnio A., Velling P. et al. Koivun karvatus ja käyttö. Hämeenlinna: Karisto Oy, 2008. – 254 s.
14. Sarvas R. The annual period of development of forest trees // Proceed. Finnish academy of science and letters. 1967. P. 211-231.

ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ И ХИМИЧЕСКОЙ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ НА РОСТ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ ЧЕРНУШКИ ПОСЕВНОЙ (*NIGELLA SATIVA* L.)

С.Н. Шиш

Государственное научное учреждение «Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси»; Минск, Беларусь, e-mail: svetlana.shysh@gmail.com

*В данной работе описано влияние электромагнитного излучения (ЭМИ) миллиметрового диапазона и экзогенной 5-аминолевулиновой кислоты (АЛК) в концентрации 10^{-6} - 10^{-11} % на всхожесть, морфометрические параметры и элементы продуктивности *Nigella sativa* L.. Установлены, разнонаправленные механизмы влияния ЭМИ и АЛК на урожайность *N. sativa*. ЭМИ стимулирует полевую всхожесть и продуктивность во всех изучаемых режимах, однако максимальный эффект отмечен при узкополном воздействии (64-66ГГц). АЛК также стимулирует изучаемые параметры, наилучший эффект отмечен в концентрации 10^{-7} - 10^{-9} %.*

Чернушка посевная (*Nigella sativa* L.) – лекарственное и пряно-ароматическое растение. Сырьем являются семена [2]. Они содержат около от 20 до 49 % жирного масла, от 0,8-1,5 % эфирного масла, фермент липазунигедазу, сапонины, гликозид нигеллин, тимохинон, дубильные и горькие вещества, алкалоиды, ароматические углеводороды [3]. Ввиду высокой биологической ценности, *N. sativa* является перспективной культурой для промышленного возделывания в Беларуси. Поэтому изучения особенностей роста и продуктивности чернушки, а также подбор стимуляторов роста и урожайности, является актуальным направлением исследования данной культуры.

Вопрос о повышении качества и количества растительного сырья уже на протяжении ряда лет волнует не одно поколение ученых. В последние годы особую актуальность приобрели исследования физического воздействия на семена, среди которых электромагнитное излучение (ЭМИ) миллиметрового диапазона, а также регуляторы роста нового поколения, обладающие большой физиологической активностью в сверхмалых концентрациях. Одним из таких стимуляторов роста выступает экзогенная 5-аминолевулиновая кислота (АЛК), поскольку для этого соединения, являющегося предшественником в биосинтезе хлорофилла, показаны стимулирующие эффекты на рост и урожайность ряда культур [1].

Поэтому целью исследования было изучение влияния различных режимов ЭМИ и экзогенной АЛК в микро- и наноконцентрациях на некоторые морфометрические параметры и элементы продуктивности *N. sativa* при интродукции в Центральном ботаническом саду НАН Беларуси.

Для обработки семян использовались АЛК в четырех концентрациях: 1) 10^{-6} (А 1); 2) 10^{-7} (А 2); 3) 10^{-9} (А3); 4) 10^{-11} (А 4). Концентрации были выбраны с учетом имеющихся в этой области результатов [1]. Обработка семян для полевого опыта проводилась методом инкрустации [5]. Обработка семян ЭМИ произведена в НИУ Ядерных проблем БГУ в шести режимах: Режим 1 (Р1), 1.1 (Р1.1) и 1.2 (Р1.2) (частота обработки 54–78 ГГц; время обработки 20, 12 и 8 минут соответственно); Режим 2, 2.1 и 2.2 (частота обработки 64–66 ГГц; время обработки 20, 12 и 8 мин соответственно) (Р2, Р2.1, Р2.2). Эксперимент проводили на участке пряно-ароматических растений отдела биохимии и биотехнологии растений в 2016 г.

Чернушка посевная характеризуется низкими показателями полевой всхожести в среднем от 30 до 55%, поэтому подбор обработок стимулирующих этот показатель, будет способствовать снижению нормы высева семян и снизит себестоимость продукта, а также приведет к повышению урожайности данной культуры. Установлено, что изучаемые обработки, за исключением концентрации А1 и ЭМИ Р1, стимулирует всхожесть чернушки посевной (рисунок 1).

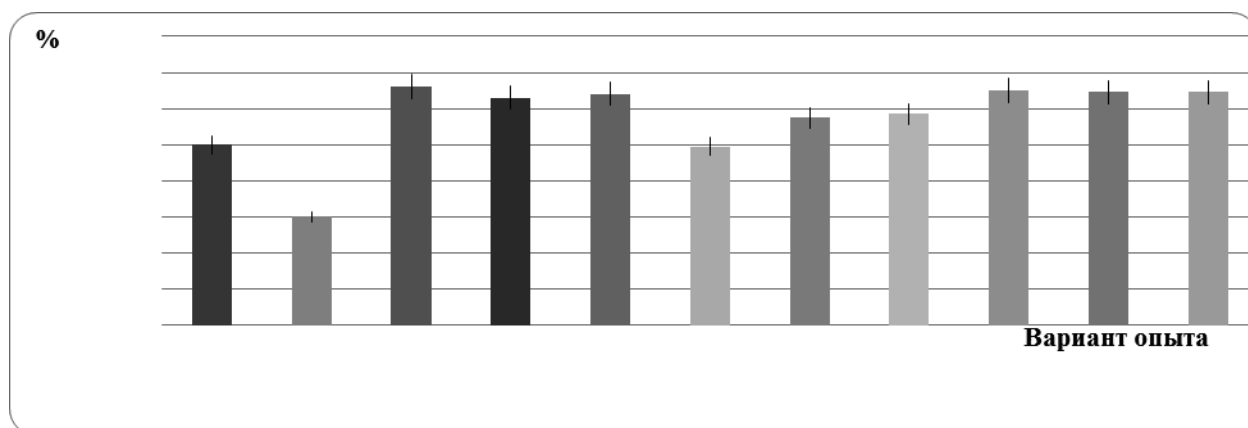


Рисунок 1 – Влияние ЭМИ и АЛК на полевую всхожесть чернушки посевной

Влияние стимуляторов роста на урожайность растений чернушки посевной проявляется через изменение количества побегов и соплодий на растении, а также за счет увеличения массы соплодия и количества семян в них [4]. Данная тенденция также прослеживается в нашем исследовании, максимальному изменению под влиянием ЭМИ подвержены показате-

ли массы 1-го соплодия и количество семян в соплодии, а под влиянием АЛК максимально изменяется количество соплодий на растении (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние ЭМИ и АЛК на высоту растений и некоторые элементы продуктивности *Nigella sativa* L.

Вариант опыта	Высота растения, см	Кол-во побегов 1-го порядка, шт.	Кол-во соплодий на растении, шт.	Масса семян с 1-го соплодия, мг	Кол-во семян в соплодии, шт.	Урожайность, ц/га
Контроль	46,5±8,5	3,6±0,9	4,0±0,02	193,6*	73,6*	3,7*
Р 1	47,9±6,8	4,3±0,9	5,4±1,2	200,6*	77,90*	7,8*
Р 1.1	49,5±6,4	3,3±0,6	5,3±1,1	241,8*	88,5*	9,2*
Р 1.2	43,3±8,7	3,6±0,8	7,8±1,6	200,5*	79,1*	5,0*
Р 2	49,6±8,1	3,6±0,6	5,3±1,1	205,4*	79,5*	8,3*
Р 2.1	50,5±7,7	3,8±0,9	5,1±1,2	232,9*	90,9*	9,4*
Р 2.2	51,8±6,7	3,6±0,8	6,4±1,3	230,1*	84,3*	10,8*
А 1	46,1±7,7	4,1±0,7	12,8±2,6	123,5*	57,5*	3,8*
А 2	53,1±6,4	4,5±0,7	14,8±3,2	182,6*	67,5*	8,2*
А 3	48,9±8,1	3,8±0,7	12,2±2,5	195,2*	74,1	7,5*
А 4	45,6±4,7	3,7±0,8	8,4±1,8	193,1*	72,2*	6,9*

*Ошибка среднего не превышает 20%

Так увеличение соплодий на растении при обработке ЭМИ составляет от 27 до 60 % в зависимости от режима, при обработке АЛК количество соплодий возрастает в 3-3,7 раза по отношению к контролю. Количество семян в соплодии и их масса изменяется под действием ЭМИ от 5 до 24%, наилучший синергичный эффект по всем показателям отмечен при обработке Р2.2. В свою очередь АЛК увеличивает количество соплодий, но и масса семян в них уменьшается на 36% при обработке А1, на 6 % - А2, обработка А3 и А4 не приводит к уменьшению массы семян в одном соплодии несмотря на увеличения количества соплодий на растении. Следует отметить, что увеличение массы семян в соплодии происходит в основном за счет увеличения количества семян, а не их массы.

Также продуктивность чернушки характеризуют показатели масса семян с растения и масса 1000 семян. Отмечено, что максимально изменяется в результате предпосевного воздействия показатель массы семян с растения, особенно при обработке АЛК (рисунок 2), данный эффект достигается по нашему мнению за счет увеличению количества побегов 1-го и последующего порядков и как следствие возрастает количество соплодий и масса семян в них.

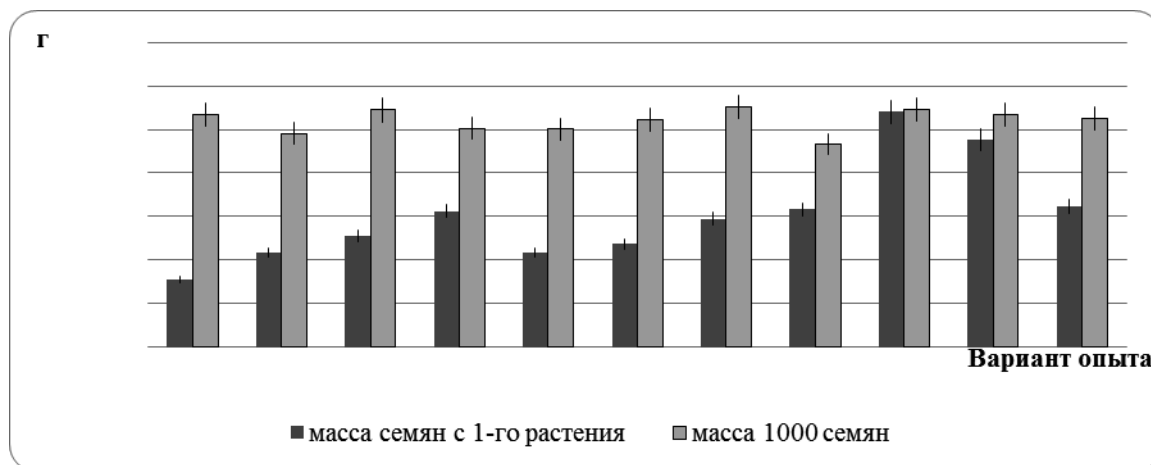


Рисунок 2 – Влияние ЭМИ и АЛК на массу 1000 семян и массу семян с растения чернушки посевной

В результате изменения отдельных элементов продуктивности, изучаемые обработки сказываются и на урожайности чернушки. Так, ЭМИ во всех изученных режимах увеличивает урожайность в 2-2,9 раза, а АЛК – в концентрации А2, А3, А4 в 1,9- 2,2 раза по сравнению с контролем, концентрация А1 не влияет на урожайность чернушки в условиях данного опыта.

Таким образом, ЭМИ СВЧ-диапазона повышает продуктивность растений чернушки посевной. Наилучший эффект отмечен в узковолновом диапазоне. Однако, следует отметить, что значительную прибавку к урожаю дает и высокий показатель всхожести у обработанных растений.

В ходе исследования выявлено, стимулирующее влияние ЭМИ и АЛК на изучаемые параметры растений чернушки. Установлено, что ЭМИ стимулирует полевую всхожесть и продуктивность чернушки посевной во всех изучаемых режимах, однако максимальный стимулирующий эффект отмечен при узковолновом воздействии (режимы 2, 2.1., 2.2). Это происходит в основном за счет увеличения количества семян в соплодии и увеличения соплодий на растении. В то время как АЛК в концентрации 10^{-7} - $10^{-11}\%$ также стимулирует изучаемые параметры, однако повышение продуктивности при обработке АЛК идет в основном за счет увеличения количества побегов и как следствие соплодий на них. Считаем, что ЭМИ в изученном диапазоне волн и АЛК в микро- и наноконцентрациях может рассматриваться в качестве экологически безопасного, экономически-эффективного способа повышения продуктивности растений чернушки посевной.

Список литературы

1. Аверина Н.Г. Биосинтез тетрапиролов в растениях / Н.Г. Аверина, Е.Б. Яронская, – Минск :Беларус. навука, 2012. – 413 с.
2. Алексеев Ю.Е., Вехов В.Н., Гапочка Г.П. и др. Травянистые растения СССР. Москва из-во «Мысль», Т.1, 488 с.
3. Нурмагомедова П. М. Обзор статей. Свойства чернушки посевной (*Nigella sativa*) / П. М. Нурмагомедова, М. Г. Омариева // Медицина и здравоохранение: материалы II междунар. науч. конф. (г. Уфа, май 2014 г.). – Уфа: Лето, 2014. – С. 62-65.
4. Шах, С.Х. Влияние опрыскивания кинетином на рост и продуктивность растений *Nigella sativa* / С.Х. Шах // Физиология растений. – № 5 (54). – 2007. – С. 790-793.
5. Шиш С.Н. Особенности влияния эпина и 5-аминолевулиновой кислоты на ростовые процессы *Calendula officinalis* L. / С.Н. Шиш, А.Г. Шутова, Ж.Э. Мазец // Труды белорусского государственного университета. Физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем. – 2013. – Т. 8 , ч.2 . – С. 125-129.

ВОЗДЕЙСТВИЕ БРАССИНОСТЕРОИДОВ НА ТРАСПОРТНЫЕ ПРОЦЕССЫ НА МЕМБРАНЕ И ИХ ПОСТУПЛЕНИЕ В РАСТИТЕЛЬНЫЕ КЛЕТКИ

Д.Е. Стрельцова¹, П.В. Гриусевич¹, В.В. Жабинский², В.А. Хрипач², А.И. Соколик¹,
В.В. Демидчик¹

¹Белорусский государственный университет; Минск, Беларусь, e-mail: d.e.straltsova@gmail.com

² Государственное научное учреждение «Институт биорганической химии Национальной академии наук Беларуси»; Минск, Беларусь

Электрофизиологические тесты с использованием техники пэтч-кламп показали, что добавление в наружный раствор 28-гомобрассинолида и 24-эпибрассинолида не вызывает модификации токов через плазматическую мембрану клеток корня пшеницы. В то же время экзогенный 24-эпикастастерон стимулировал токи наружу-выпрямляющих K^+ -каналов плазматической мембраны клеток корня пшеницы. Добавление 24-эпикастастерона в пипеточный раствор вызывало активацию уникальных Ca^{2+} -проницаемых каналов, демонстрирующих колоколообразную вольт-амперную характеристику, и увеличением наружу-направленной проводимости.

Брассиностероиды (БС) – гормоны растений, химически представляющие собой полигидроксिलированные производные стероидов, близкие по строению к стероидным гормонам

млекопитающих, экдистероидам. Они стимулируют рост пыльцевых трубок, дифференциацию ксилемы, контролируют форму листьев и рост корней, воздействуют на систему рецепции ауксинов и биосинтез этилена. Классически БС считаются гормонами устойчивости высших растений к стрессовым условиям [1].

К настоящему времени практически отсутствуют сведения о влиянии БС на ионные каналы мембран высших растений и о транспорте БС по растению и в клетку. Показано, что БС могут повышать активность ионов Ca^{2+} в цитоплазме клеток листьев *Arabidopsis thaliana* [5]. Известно также, что 28-гомобрассинолид и 28-гомокастастерон ингибируют работу анионных каналов и изменяют работу наружу-выпрямляющих калиевых каналов плазматической мембраны клеток суспензионной культуры *Arabidopsis thaliana* [2]. Эти данные указывают на то, что брассиностероиды могут являться важными регуляторными агентами, изменяющими работу ионных каналов плазматической мембраны высших растений. О способности брассиностероидов к дистанционному транспорту по растению существуют данные, свидетельствующие о перемещении экзогенных меченных брассиностероидов из корня в побег в рисе, огурце и пшенице, скорее всего, с ксилемным соком. Однако в растениях гороха не было найдено каких-либо доказательств дальнего транспорта БС по растению. В связи с этим целью работы являлось выявление закономерностей воздействия брассиностероидов на катионные токи и их поступление в растительные клетки.

Объектом исследования являлась яровая пшеница (*Triticum aestivum* L., 'Василиса'). Для тестирования проводимостей протопластов, изолированных из корня пшеницы, использовалась техника пэтч-кламп [4]. Для изучения транспорта БС использовались кастастерон и его производные, к которым были ковалентно прикреплены молекулы флуоресцентного красителя BODIPY.

Электрофизиологические тесты с использованием техники пэтч-кламп показали, что добавление в наружный раствор 28-гомобрассинолида и 24-эпибрассинолида (1 мкМ) не вызвало изменений как внутрь-, так и наружу-направленных проводимостей. В то же время экзогенно-введенный 24-эпикастастерон (1 мкМ; n=6) индуцировал TEA^+ -чувствительную времязависимую наружу-направленную проводимость в половине из протестированных протопластов. Для исследования влияния эндогенных БС на проводимость плазматической мембраны использовался 24-эпикастастерон. Он вводился в пипеточный раствор в концентрации 1 мкМ. Были выявлены 3 группы протопластов по их ответу на данный БС. Протопласты первой группы отвечали увеличением наружу-направленной проводимости (рисунок А). Вторая группа протопластов характеризовалась выходящими токами, демонстрировавшими времязависимое уменьшение амплитуды (рисунок Б). В третьей группе протопластов не обнаруживалось модификации токов под действием БС. Gd^{3+} (0,3 мМ) подавлял токи во протестированных группах протопластов.

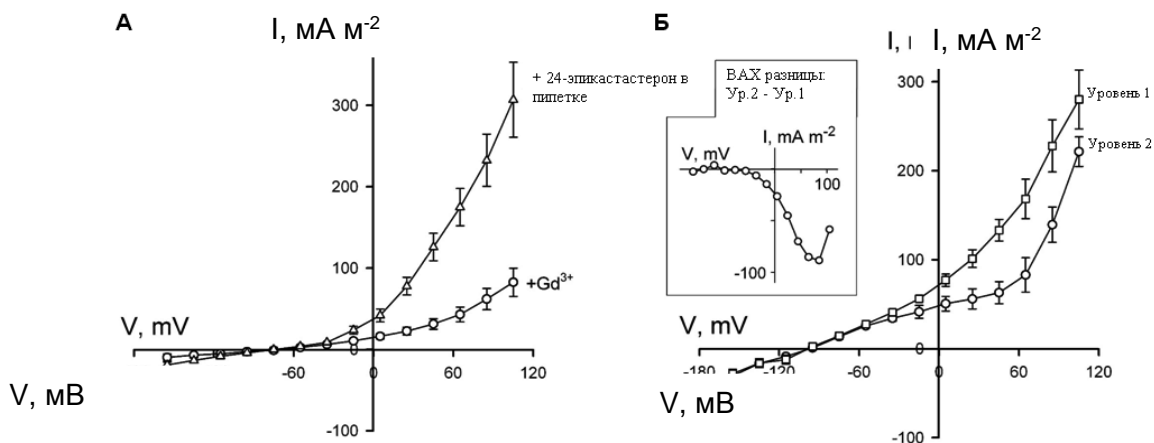


Рисунок – Вольт-амперные характеристики проводимости, активируемой в плазматической мембране протопластов, выделенных из клеток корня пшеницы под действием 1 мкМ 24-эпикастастерона, введенного в пипеточный раствор. Кривые получены при помощи техники пэтч-кламп в режиме целая клетка (адаптировано из работы Staltsova *et al.*, 2015)

С помощью кастастерона и его производных, к которым были ковалентно прикреплены молекулы флуоресцентного красителя BODIPY, было показано, что БС в течение 15 минут проникают в детектируемом количестве через плазматическую мембрану протопластов, выделенных из корня пшеницы. Это демонстрирует, что их воздействия на клетки может иметь схожий характер с явлениями, ранее описанными для стероидных гормонов животных. БС вероятно могут поступать в цитоплазму и воздействовать на внутриклеточные сайты связывания стероидов в ионных каналах.

На основе проведенной работы можно сделать следующие выводы: 1) БС модулируют катионные токи в протопластах, выделенных из клеток корня пшеницы, вызывая увеличение внутрь-направленной кальциевой и наружу-направленной калиевой проводимости; 2) БС быстро проходят через плазматическую мембрану протопластов и накапливаются внутри клетки, т.е. потенциально могут влиять на транспортные и сигнальные системы со стороны цитоплазмы.

Список литературы

1. Brassinosteroids: A New Class of Plant Hormones / V.N. Zhabinskii, A.E. de Groot. – San Diego: Academic Press, 1999. – 450 p.
2. Brassinosteroids regulate plasma membrane anion channels in addition to proton pumps during expansion of *Arabidopsis thaliana* cells / Z. Zhang [et al.] // *Plant Cell Physiology*. – 2005. – Vol. 46. – P. 1494–1504.
3. Cation channels are involved in brassinosteroid signalling in higher plants / D. Straltsova [et al.] // *Steroids*. – 2015. – Vol. 97. – P. 98–106.
4. Free oxygen radicals regulate plasma membrane Ca_2^+ - and K^+ -permeable channels in plant root cells / V. Demidchik [et al.] // *Journal of Cell Science*. – 2003. – Vol. 116. – P. 81–88.
5. Zhao, Y. Teaching an old hormone new tricks: cytosolic Ca^{2+} elevation involvement in plant brassinosteroid signal transduction cascades / Y. Zhao, Z. Qi, G.A. Berkowitz // *Plant Physiology*. – 2013. – Vol. 163. – P. 555–565.

ВЛИЯНИЕ МИКОРИЗООБРАЗУЮЩИХ ГРИБОВ НА НАКОПЛЕНИЕ ЦЕЗИЯ-137 ПОДЗЕМНЫМИ И НАДЗЕМНЫМИ ОРГАНАМИ ЯЧМЕНЯ ОБЫКНОВЕННОГО

Е.А. Танкевич, Р.К. Спиоров, А.Н. Никитин, О.А. Шуранкова

Государственное научное учреждение «Институт радиобиологии Национальной академии наук Беларуси»; Гомель, Беларусь, e-mail: elena.karpova1991@mail.ru

В работе представлены результаты исследования влияния микоризообразующих грибов на накопление ^{137}Cs подземными и надземными органами ячменя обыкновенного. Отмечено, что микоризация корневой системы приводит к уменьшению аккумуляции ^{137}Cs в подземных органах ячменя. При этом коэффициент накопления ^{137}Cs в надземных органах растения закономерно увеличивается с увеличением дозы микоризообразующих грибов, используемой при обработке семян.

Среди многообразия форм состояния радионуклидов в почве выделяют водорастворимую, обменную, необменную и прочносвязанную. Почва является мощным сорбентом радиоактивных продуктов деления, что определяет в дальнейшем судьбу отдельных радионуклидов, попавших на поверхность почвы. В большинстве случаев первичное взаимодействие радионуклидов с почвой осуществляется через почвенный раствор, т.е. при переходе радионуклидов в жидкую фазу почвы. В результате сорбции основная масса радиоактивных веществ на естественных и сеяных лугах, а также на целинных и залежных участках задерживается в верхнем (до 5 см) слое, на пахотных же землях радионуклиды в основном сосредотачиваются в обрабатываемом слое почвы. Вовлечение отдельных радионуклидов в биологический круговорот веществ тесно связано со способностью поглощения корнями растений из почвенного раствора и прочностью сорбции радионуклидов почвенным поглощающим комплексом. Поглотительная способность почвы является в основном функцией двух показателей – минерального состава и содержания органического вещества, следовательно, различные типы почв в разной степени сорбируют радионуклиды.

Доля переходящего в твердую фазу почвы радионуклида возрастает (соответственно его концентрация в почвенном растворе снижается), прочность сорбционного закрепления увеличивается при переходе от почв легкого гранулометрического состава (пески, супеси) к почвам тяжелого гранулометрического состава (тяжелые суглинки, глины). Благодаря сорбции резко уменьшается возможность перемещения радионуклидов в почве и его поступление в растения, т.е. снижается его подвижность. Особенно сильно влияние механического состава почв на размеры перехода цезия-137, который прочно фиксируется глинистыми почвами [5].

Поступление радиоактивных веществ в растения из почвы находятся в прямо пропорциональной зависимости от плотности загрязнения территории. Такая зависимость сохраняется до тех пор, пока радиоактивные вещества не оказывают отрицательного влияния на рост и урожай растений [4].

Влияние микроорганизмов на доступность почвенных радионуклидов для растений тесно связано с процессами взаимодействия радионуклидов и микроорганизмов. Выделяют два типа микробных процессов. При первом, благодаря деятельности микроорганизмов нерастворимые соединения радионуклидов переходят в растворимую фазу, тем самым увеличивая потенциальную токсичность. В другом случае, растворимые радионуклиды закрепляются бактериями и становятся недоступными для других организмов. Отношение между иммобилизацией и мобилизацией зависит от радионуклида, вида, физико-химических условий среды [1].

Для эксперимента использована минеральная почва, отобранная в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС, с высоким содержанием техногенных радионуклидов в смеси с торфогрунтом для выращивания рассады 1:1.

Модельная культура – ячмень обыкновенный. Прорастающие семена ячменя высевались в контейнеры для выращивания растений объемом 4,5 л, заполненные приготовленной почвосмесью, в количестве 50 шт./контейнер. Сразу после посадки на поверхность почвосмеси вносились споры четырех видов микоризообразующих грибов в форме инокулянта MusoApply SuperConcentrate. Эксперимент включал четыре варианта, отличающиеся дозой обработки инокулянтам:

1. Контроль (без обработки инокулянтам).
2. 1 мг/50 семян (соответствует рекомендованной дозе обработки).
3. 7,5 мг/50 семян.
4. 15 мг/50 семян.

Выращивание растений осуществлялось в фитокамере при температуре 18° С и оптимальном режиме почвенного увлажнения на протяжении 37 суток.

Агрохимические показатели почвенного субстрата представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Агрохимические показатели почвы

Показатель	Значение	Единица измерения
pH (в KCl)	6,15	ед.
Обменный кальций	1603,00	млн ⁻¹ (мг/кг)
Обменный (подвижный) магний	129,20	млн ⁻¹ (мг/кг)
Подвижные соединения фосфора	303,00	млн ⁻¹ (мг/кг)
Содержание гумуса	5,89	%
K ₂ O (водорастворимый)	145,00	млн ⁻¹ (мг/кг)
Сумма поглощенных оснований	24,40	ммоль/100г
Гидролитическая кислотность	2,31	ммоль/100г
Емкость поглощения	26,70	ммоль/100г
Степень насыщенности почв основаниями	91,40	%

Как видно из таблицы 1, по степени кислотности используемая в эксперименте почва относится к близкой к нейтральной (pH = 6,15). По содержанию обменного кальция данная почва относится к группе с высоким содержанием кальция (1603,00 мг/кг). По содержанию обменного магния к группе со средним содержанием магния (129,20 мг/кг). Почва имеет очень высокое содержание гумуса (5,89 %), высокое содержание подвижных форм фосфора (303,00 мг/кг) и среднее водорастворимого калия (145,00 мг/кг).

По завершении периода выращивания срезались надземные органы ячменя, извлекались корневые системы. Корневые системы тщательно очищались от остатков почвосмеси. Определялись биометрические показатели растений. Окрашивание и мацерацию корней для определения степени микоризации проводили по методике J.M. Phillips, D.S. Hayman [2].

Надземные и подземные органы растений высушивались до абсолютно сухого состояния для дальнейшего анализа на содержание техногенных радионуклидов.

Определение удельной активности ^{137}Cs проводили в соответствии с принятыми методическими рекомендациями [3] на гамма-спектрометре CANBERRA Packard с коаксиальным полупроводниковым детектором Ge(Li) расширенного энергетического диапазона. Диапазон измерения энергий γ -излучения – 40–10000 кэВ. Относительная эффективность регистрации спектра для энергии 1,33 МэВ – 22,4 %. Относительная ошибка измерения удельной активности ^{137}Cs в пробах составляла от 5 до 10 % в зависимости от активности образца.

Для оценки особенностей накопления радионуклидов фитомассой модельного растения при различных уровнях микоризации корневых систем использовался коэффициент накопления (Кн) – безразмерная величина, являющаяся отношением удельной активности радионуклида в надземной или подземной части растения к его удельной активности в субстрате. Результаты анализа показывают, что для ^{137}Cs коэффициент накопления составляет 0,101–0,267 для надземных органов и 0,569–0,886 для подземных (таблица 2). Таким образом, цезий в существенно больших концентрациях накапливается в корневой системе по сравнению с надземными органами.

Таблица 2 – Параметры накопления ^{137}Cs в надземных и подземных органах ячменя

Вариант	Кн, надземные органы		Кн, подземные органы		Коэффициент транслокации	
	средн.	стд.откл.	средн.	стд.откл.	средн.	стд.откл.
Контроль	0,101	0,021	0,886	0,429	0,126	0,043
Доза 1 мг	0,181	0,022	0,600	0,150	0,310	0,057
Доза 7,5 мг	0,218	0,028	0,569	0,154	0,397	0,098
Доза 15 мг	0,267	0,067	0,617	0,054	0,441	0,141

Результаты эксперимента свидетельствуют, что микоризация корневых систем ячменя приводит к закономерному увеличению коэффициента накопления ^{137}Cs в надземных органах растения. В варианте с максимальной дозой обработки микоризообразующими грибами накопление цезия происходит почти в 2,5 раза более интенсивно по сравнению с контролем.

Однако в отношении подземных органов данная закономерность не сохраняется. Здесь максимальное значение коэффициента накопления выявлено в контрольном варианте. Обработка семян спорами микоризообразующих грибов снижает накопление ^{137}Cs в почти на 30 %. Причем данный эффект не зависит от дозы микоризообразующих грибов.

Коэффициент транслокации радионуклида указывает на интенсивность его транспорта от корневой системы к побегам и представляет собой отношение удельной активности в надземных органах к удельной активности в подземных органах (безразмерная величина). Анализ полученных данных показал, что обработка семян ячменя спорами микоризообразующих грибов приводит к закономерному увеличению коэффициента транслокации от 0,043 в контроле до 0,141 в варианте с максимальной дозой.

Полученные результаты свидетельствуют, что микоризация корневой системы стимулирует перенос ^{137}Cs от корневой системы к побегам, что приводит к существенному увеличению удельной активности радионуклида в последних. При этом наблюдается тенденция к снижению уровня содержания радионуклида в подземных органах.

Микоризация корневой системы приводит к уменьшению аккумуляции ^{137}Cs в подземных органах ячменя. При этом коэффициент накопления ^{137}Cs в надземных органах растения

закономерно увеличивается с увеличением дозы микоризообразующих грибов, используемой при обработке семян.

Список литературы

1. Geochemistry of Soil Radionuclides / Edited by P. Zhang, P.V. Brady. – Madison, 2002. – 263 p.
2. Phillips, J.M. Improved Procedures For Clearing Roots And Staining Parasitic And Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi For Rapid Assessment Of Infection / J.M. Phillips, D.S. Hayman // Transactions British Mycological Society. – Vol. 55 (1). –1970. – P. 158-160.
3. МВИ объемной и удельной активности гамма-излучающих радионуклидов на гамма-спектрометрах с полупроводниковыми детекторами. МВИ. МН 3421-2010 : утв. БелГИМ 28.05.10. – Минск: БелГИМ, 2010. – 35 с.
4. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2012-2016 годы: утв. Департ. по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС: Минск, 2012. – 124 с.
5. Роль химии в реабилитации сельскохозяйственных угодий, подвергшихся радиоактивному загрязнению / Н.И. Санжарова, А.А. Сысова, Н.Н. Исамов (мл.), Р.М. Алексахин [и др.] // Рос. хим. ж. – 2005. – Т. XLIX, № 3. – С. 26-34.

ОСОБЕННОСТИ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ *CHLORELLA VULGARIS* ПРИ ДЕЙСТВИИ ИОНОВ МЕТАЛЛОВ И НЕМЕТАЛЛОВ

Г.Б. Винярска, О.И. Боднар, В.В. Грубинко

Тернопольский национальный педагогический университет имени Владимира Гнатюка; Тернополь, Украина,
e-mail: viniarska19@gmail.com

Исследовано содержание пигментов, активность энзимов энергетического и азотного обмена, а также активность антиоксидантных энзимов в Chlorella vulgaris при совместном действии натрия селенита и ионов металлов (Zn^{2+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{3+} и Co^{2+}). При действии селенита отдельно и совместно с ионами металлов содержание пигментов в хлореллы увеличивается по сравнению с контролем в 1,5-3,1 раза, также отметили уменьшение активности СДГ и ЦО и активацию ГДГ, произошло повышение активности ГПО при вторичной роли КТ и существенного снижения активности СОД.

Водоросли обладают способностью активно аккумулировать неорганические соединения как неметаллов, так и металлов, что обусловлено высокой адсорбционной способностью их клеточных оболочек к отношению химических соединений, в значительной ассимиляционной поверхностью, способностью клеток поглощать вещества против градиента концентрации, благодаря чему микроэлементы накапливаются в количествах, в разы превышающие их содержание в среде обитания [12].

Одним из эффективных регуляторов метаболических процессов в пресноводных микроводорослей является поглощение ими из воды растворённых неорганических соединений селена (селениты и селенаты), входящих в состав свободных аминокислот, протеинов, энзимов, полисахаридов, липидов и пигментов [1, 12, 15].

В последнее время препараты клетки водорослей и экстракты из них широко используются для получения биологически активных добавок (БАД), лекарственных препаратов и косметических средств. Значительный интерес представляют комплексы селена и эссенциальных металлов, поступающих в пищевые цепи человека и животных через растения, и играют значительную роль в метаболизме, который нарушается при их дефиците [1, 4, 12, 15].

Поэтому важно было выяснить особенности изменения пигментного состава, активности энзимов энергетического и азотного обмена, а также активность антиоксидантных энзимов в *Chlorella vulgaris* при совместном действии натрия селенита и ионов металлов (Zn^{2+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{3+} и Co^{2+}).

Исследования проводились на микропопуляциях культуры зеленой пресноводной водоросли *Chlorella vulgaris* Beij., которую выращивали в условиях накопительной культуры на среде Фитцджеральда в модификации Цендера и Горхема №11 при 22-25⁰С и освещении

2500 лк 16/8 ч [10]. Селен вносили в виде натрия селенита из расчёта Se (IV) – 10,0 мг/дм³, с добавлением водных растворов солей металлов в расчёте на количество ионов: Zn²⁺ – 5,0 мг/дм³, Mn²⁺ – 0,25 мг/дм³, Cu²⁺ – 0,002 мг/дм³, Fe³⁺ – 0,008 мг/дм³, Co²⁺ – 0,05 мг/дм³ [6]. Контролем служила культура, выращиваемая на среде без натрия селенита и ионов металлов. Отбор образцов биомассы водорослей для анализа осуществляли на 7-е сутки экспозиции.

Пигменты экстрагировали 90% раствором ацетона и их количество измеряли спектрофотометрически [8].

Активность ферментов определяли спектрофотометрически методами: сукцинатдегидрогеназы (СДГ) в соответствии с [5], цитохромоксидазы (ЦО) в соответствии с [14], глутаматдегидрогеназы НАДН / НАДФН (ГДГ) в соответствии с [9], каталазы (КТ) в соответствии с [3], глутатионпероксидазы (ГПО) в соответствии с [7], супероксиддисмутазы (СОД) в соответствии с [11].

Результаты исследования изобразили, что при действии натрия селенита (10,0 мг Se (IV)/дм³) отдельно и совместно с Co²⁺, Mn²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺ и Fe³⁺ увеличивалось содержание хлорофилла *a* соответственно на 35,8%, 33,3%, 77,3%, 107,9%, 96,9% и 80,8%; количество хлорофилла *b* на 48,7%, 94,8%, 206,2%, 295,2%, 279,3% и 302,3% соответственно. Содержание каротиноидов повысилось соответственно на 38,0%, 51,4%, 74,7%, 60,8%, 60,8% и 53,0% относительно контроля. Соотношение хлорофиллов *a/b* уменьшается на 8,9%, 31,5%, 42,0%, 47,7%, 48,0% и 54,9% при действии селенита отдельно и совместно с Co²⁺, Mn²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺ и Fe³⁺ соответственно. Пигментный индекс как показатель физиологического состояния и фотосинтетической активности водоросли повышается при совместном действии селенита и Co²⁺ на 12,0% и уменьшается при совместном действии Se (IV) с Mn²⁺ на 3,0%, Cu²⁺ - на 24,2%, Zn²⁺ - на 18,2% и Fe³⁺ - на 15,2% тогда, как при действии селенита отдельно соответствовал контрольным значениям.

Таким образом, динамика содержания фотосинтетических пигментов и изменения в их соотношениях свидетельствует об успешном формировании адаптации хлореллы на воздействие ионов металлов при внесении в культуральную среду натрия селенита. В связи с этим, при концентрации селенита 10,0 мг Se (IV)/дм³ и указанных концентрациях ионов соответствующих металлов в течение 7-и суток возможно успешное культивирование хлореллы, обогащенной селеном и биогенными металлами.

Ионы металлов способны вызывать существенное влияние на протекание метаболических процессов в водорослевых клетках, поэтому было установлено взаимосвязь активности СДГ, ЦО и ГДГ (НАДН- и НАДФН-зависимых форм) при действии натрия селенита совместно с Co²⁺, Cu²⁺, Fe³⁺, Mn²⁺ и Zn²⁺ (смотри таблицу).

При действии натрия селенита в *Ch. vulgaris* установлено активацию СДГ и ЦО соответственно в 2,6 и 1,5 раза, однако при совместном действии селенита и ионов исследуемых металлов активность энзимов уменьшалась по сравнению с контролем (в некоторых случаях - на 82,0%). В это же время активность НАДН-ГДГ и НАДФН-ГДГ при действии натрия селенита уменьшается (на 48,9% и 17,0%), однако увеличивается при совместном действии с металлами (в 2-8 раза) относительно контроля.

Следовательно, при добавлении в среду культивирования *Ch. vulgaris* 10,0 мг Se (IV)/дм³ обнаружена активация энзимов энергетического обмена (СДГ и ЦО) и ингибирования ГДГ, однако при совместном действии селенита и ионов металлов динамика изменений оказалась противоположной. Тем не менее энергетическое обеспечение клеток водорослей регулируется адаптивно и обеспечивает их нормальное функционирование за счет дополнительных энергетических субстратов, которыми являются аминокислоты, дезаминированные в НАДН-ГДГ реакции.

Поглощение неорганических соединений, особенно металлов, сопровождается изменением окислительного статуса клеток, прежде всего выражается в смещении равновесия между прооксидантными процессами и активностью антиоксидантной системы [13]. Поэтому были исследованы особенности активности СОД, КТ и ГПО при действии натрия селенита (10,0 мг Se (IV)/дм³) отдельно и совместно с ионами металлов.

Таблица – Активность СДГ, ЦО, НАДН-ГДГ и НАДФН-ГДГ у *Ch. vulgaris* при действии натрия селенита (10,0 мг Se (IV)/дм³) отдельно и совместно с ионами металлов, 7 суток, M±m, n=5

Условия опыта	СДГ, нмоль сукцината/мг белка·хв.	ЦО, мкг индофенола синего/мг белка·хв.	НАДН-ГДГ, мкмоль×10 ⁻³ НАДН/мг белка·хв.	НАДФН-ГДГ, мкмоль×10 ⁻³ НАДФН/мг белка·хв.	НАДН-ГДГ/НАДФН-ГДГ
контроль	12,99±1,24	1,11±0,05	8,93±0,66	11,85±0,75	0,75
Se (IV)	33,70±2,07*	1,68±0,10*	4,56±1,1*	9,84±1,03	0,46
Se (IV)+Co ²⁺	9,72±0,68	1,05±0,06	18,30±1,45*	29,18±2,67*	0,63
Se (IV)+Mn ²⁺	9,64±0,69	0,86±0,03*	25,11±6,04*	40,52±1,57*	0,62
Se (IV)+Cu ²⁺	5,89±0,22*	0,56±0,02*	47,43±6,48*	63,01±1,24*	0,75
Se (IV)+Zn ²⁺	5,84±0,22	0,55±0,03*	72,70±2,26*	65,18±7,37*	1,11
Se (IV)+Fe ³⁺	2,34±0,24*	0,54±0,02*	45,06±2,08*	55,89±9,81*	0,81

Примечание: * – p<0,05 при t-критерию Стьюдента (относительно контроля)

Проведенные нами эксперименты показали, что активность ферментов антиоксидантной системы в клетках *Ch. vulgaris* в норме была на достаточно высоком уровне, что свидетельствует о значительной физиологической активности водорослей [2].

Определено, что активность СОД при действии селенита совместно с Co²⁺, Mn²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺ и Fe³⁺ уменьшилась на 89,8%, 90,2%, 78,3%, 91,9% и 75,2% соответственно по сравнению с контролем. Относительно ГПО то ее активность увеличилась при действии натрия селенита отдельно и при совместном действии с Mn²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺ и Fe³⁺ на 165,8%, 105,0%, 22,0%, 21,9% и 335,7% соответственно. Активность КТ увеличилась при действии селенита отдельно и совместно с Co²⁺ и Mn²⁺ на 21,4%, 50,0% и 35,7% соответственно, однако никаких изменений не произошло при совместном действии Se (IV) и Fe³⁺, уменьшение активности КТ установлено при совместном действии селенита с Cu²⁺ и Zn²⁺ соответственно на 35,7% и 57,1% по сравнению с контролем.

Итак, в адаптивной перестройке антиоксидантного статуса клеток хлореллы за действия селенита как отдельно, так и совместно с ионами металлов повышается роль ГПО и уменьшается участие КТ и СОД.

Список литературы

1. Винярська Г. Б. Вплив селен-цинк-ліпідної субстанції із *Chlorella vulgaris* Biej. на оксидативний та енергетичний статус щурів / Г. Б. Винярська, П. Г. Лихацький, О. І. Боднар, Л. С. Фіра, В. В. Грубінко // Медична та клінічна хімія. – 2015. – Т. 17. № 4. – С. 10–17.
2. Давидова О. Є. Фізіолого-біохімічні та стреспротекторні функції селену в рослинах / О. Є. Давидова, В. А. Вещицький, П. П. Яворівський // Физиол. и биохим. культур. растений. – 2009. – Т. 41, № 2. – С. 109–122.
3. Королюк М. А. Метод определения активности каталазы / М. А. Королюк // Лабораторное дело. – 1988. – №1. – С. 16–19.
4. Лукашів О. Я. Вплив селен-хром-ліпідної субстанції із *Chlorella vulgaris* Biej. на оксидативний статус щурів / О. Я. Лукашів, О. І. Боднар, Г. Б. Винярська, В. В. Грубінко // Медична та клінічна хімія. – 2016. – Т. 18. № 2. – С. 28 – 34.
5. Методы биохимических исследований (липидный и энергетический обмен) : Учебное пособие / Под ред. М. И. Прохоровой. – Л. : ЛГУ, 1982. – 273 с.
6. Методы физиолого-биохимического исследования водорослей в гидробиологической практике / Под ред. А. В. Топачевского. – К. : Наукова думка, 1975. – 247 с.
7. Моин В. М. Простой и специфический метод определения активности глутатионпероксидазы в эритроцитах / В. М. Моин // Лабораторное дело. – 1986. – № 12. – С. 724–727.
8. Романенко В. Д. Основы гидроэкологии / В. Д. Романенко. – Киев : Генеза, 2004. – 664 с.
9. Софьин А. В. Глутаматдегидрогеназы одноклеточной зеленой водоросли *Ankistrodesmus braunii*. Кинетические свойства / А. В. Софьин, В. Р. Шатилов, В. Л. Кретович // Биохимия. – 1984. – Т. 49, № 2. – С. 334–343.
10. Топачевский А. В. Пресноводные водоросли Украинской ССР / А. В. Топачевский, Н. П. Масюк. – К. : Вища школа, 1984. – 333 с.
11. Beauchamp C. Superoxide dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels / C. Beauchamp, I. Fridovich // Annal Biochem. – 1971. – Vol. 44. – P. 276–87.
12. Bodnar O. I. Peculiarities of selenium accumulation and its biological role in algae / O. I. Bodnar, G. B. Vinyarskaya, G. V. Stanislavchuk, V. V. Grubinko // Hydrobiol. Journal. – 2015. – Vol. 51, N. 1. – P. 63–78.

13. Perales-Vela H. V. Heavy metal detoxification in eukaryotic microalgae / H. V. Perales-Vela, J. M. Pena-Castro, R. O. Canizares-Villanueva // *Chemosphere*. – 2006. – Vol. 64. – P. 1–10.

14. Straus W. Colometric microdetermination of cytochrome c oxidase / W. Straus // *J. Biol. Chem.* – 1954. – Vol. 207, N. 2. – P. 733–743.

15. Viniarska H. B. Accumulation and effects of selenium and zinc on *Chlorella vulgaris* Beij. (CHLOROPHYTA) metabolism / H. B. Viniarska, O. I. Bodnar, O.V. Vasilenko, A. V. Stanislavchuk // *Heavy metal pollutants and other pollutants in the environment, biological aspects*. – 2017. – P. 293 – 314.

ВЛИЯНИЕ 5-АМИНОЛЕВУЛИНОВОЙ КИСЛОТЫ НА СОСТОЯНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА РАСТЕНИЙ ОЗИМОГО РАПСА С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ АНТОЦИАНОВ

А.В. Емельянова¹, Н.Г. Аверина¹, Л.В. Обуховская²

¹Государственное научное учреждение «Институт биофизики и клеточной инженерии Национальной академии наук Беларуси»; Минск, Беларусь, e-mail: yashchuk.anna@mail.ru

²Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»; Минск, Беларусь

Установлено ингибирующее действие 5-аминолевулиновой кислоты на фотосинтетическую активность и развитие фотосинтетического аппарата в семядольных листьях растений озимого рапса с высоким содержанием антоцианов, путем снижения содержания в семядолях белков пигмент-белковых комплексов двух фотосистем, основных фотосинтетических пигментов, а также способности растений выделять кислород.

Структурно-функциональное состояние фотосинтетического аппарата имеет большое значение для активности фотосинтетического процесса. В природе существует множество стрессовых факторов, действие которых приводит к серьезным повреждениям структурных элементов фотосинтетических мембран и снижению эффективности фотосинтеза. В связи с этим огромный интерес представляет изучение различных механизмов защиты фотосинтетического аппарата растений в стрессовых условиях. Одним из таких механизмов является накопление в стрессовых условиях низкомолекулярных антиоксидантов – антоцианов.

Антоцианы принадлежат к большой группе веществ – флавоноидам, и являются самой крупной группой водорастворимых пигментов в царстве растений. Они содержатся в вакуолях, а также в кристаллическом виде в плазме некоторых растений [1]. Огромную роль антоциановые пигменты играют в защите фотосинтетического аппарата. Во многих видах растений антоцианы снижают уровень фотоингибирования, а также ускоряют восстановление фотосинтетического аппарата [2]. За счет наличия ацильной группы антоцианы поглощают свет в УФ области и снижают степень повреждения ДНК в клеточных культурах при УФ-излучении [3]. Они выступают в качестве экрана, защищающего растения от избытка синего цвета, тем самым снижая окислительную нагрузку на растение. Антоцианы могут модулировать степень участия активных форм кислорода в сигнальных процессах путем взаимодействия с другими молекулами сигнальных путей [4]. Также они проявляют мощную антиоксидантную активность в условиях различных стрессовых воздействий, таких как низкие температуры, дефицит питания и воды, засоление почв и др.

Антоцианы имеют огромное значение и для человека, поскольку широко используются в пищевой, фармакологической и косметологической промышленности. В настоящее время проводятся исследования с целью нахождения новых источников и стимуляторов синтеза антоцианов. Нами было показано, что при выращивании растений озимого рапса на растворах экзогенной 5-аминолевулиновой кислоты (АЛК) в концентрациях 50-200 мг/л в семядольных листьях и в гипокотелях накапливается большое количество антоцианов [5]. АЛК – первый специфический предшественник всех тетрапироллов, в том числе гема и хлорофилла, проявляющий к тому же свойства регулятора роста и развития растений, а также антистрессора.

Целью данной работы явилось изучение влияния экзогенной АЛК в концентрации 200 мг/л на структурное и функциональное состояние фотосинтетического аппарата растений озимого рапса с высоким содержанием антоцианов.

В качестве объекта исследования использовали 4-7-дневные проростки озимого рапса (*Brassica napus*) сорта «Зорны», выращенные в лабораторных условиях либо на воде (контроль), либо на растворе экзогенной АЛК в концентрации 200 мг/л. Проращивание семян проводили в пластиковых контейнерах на фильтровальной бумаге при температуре $26 \pm 2^\circ\text{C}$ и освещении люминесцентными лампами типа ЛД-40 (освещенность 4900 люкс). В семядольных листьях растений озимого рапса содержание хлорофиллов (Хл) *a* и *b* оценивали спектрофотометрически. Скорость чистой продукции кислорода оценивали с помощью установки PlantVital 5030 (Германия). Содержание белков пигмент-белковых комплексов (ПБК) ФС I и ФС II определяли с помощью вестерн-блот анализа.

Поскольку АЛК является предшественником Хл в биосинтезе, была изучена возможность использования экзогенной АЛК в образовании этих пигментов. Нами была исследована динамика накопления Хл *a* и *b* в растениях озимого рапса, выращенных в течение 7-ми дней на воде, либо раствора АЛК 200 мг/л. На самых ранних стадиях вегетации обработка АЛК значительно снижала уровень Хл по сравнению с контрольными растениями. Так, на 4-ый день вегетации разница в содержании Хл *a* и *b* между контрольными и опытными растениями составила 44 и 38 % соответственно, на 5-ый день вегетации – 37 и 27 %; на 6 день – 31 и 27 %. Наименьшая разница между вариантами была отмечена на 7 день вегетации – 24 и 21 % (таблица).

Таблица – Содержание Хл *a* и *b* в семядольных листьях озимого рапса, выращенных на воде и растворе АЛК 200 мг/л, мкг/г сырой массы

Дни вегетации	Пробы	Хл <i>a</i>	Хл <i>b</i>
4-ый	Контроль	527,96 ± 62	207,12 ± 24
	АЛК 200	296,73 ± 69	128,09 ± 25
5-ый	Контроль	765,61 ± 51	276,69 ± 20
	АЛК 200	482,06 ± 91	200,74 ± 31
6-ой	Контроль	834,77 ± 30	289,87 ± 10
	АЛК 200	573,4 ± 92	212,14 ± 29
7-ой	Контроль	800,5 ± 23	266,43 ± 11
	АЛК 200	606,32 ± 94	210,36 ± 29

При анализе скорости чистой продукции кислорода в семядольных листьях озимого рапса было установлено, что в растениях, выращенных на экзогенной АЛК, фотосинтетическая активность ниже, поскольку коэффициент фотосинтетической эффективности (рассчитывается как скорость выделения кислорода/скорость темнового дыхания) на 44 % ниже в опытных растениях по сравнению с контролем (рисунок 1).

Оценка содержания белков ПБК фотосинтетического аппарата в растениях озимого рапса показала, что при обработке растений АЛК в них снижается уровень белка D1 реакционного центра ФС II, содержание которого составляет 48 % по сравнению с контролем. Также отмечено снижение содержания в растениях варианта «АЛК» белков светособирающих комплексов ФС I: Lhca1 – 73 %, Lhca2 – 51 %, Lhca3 – 56 % и Lhca4 – 65 % по сравнению с контролем. Содержание белков светособирающих комплексов ФС II также уменьшалось: Lhcb5 – 70 %, Lhcb6 – 59 % по сравнению с контрольными растениями. Следует также отметить, что наименьшее содержание белков наблюдалось в светособирающих комплексах, составляющих внешнюю мобильную антенну ФС II: Lhcb1 – 27 % и Lhcb2 – 33 % по сравнению с растениями, выращенными на воде (рисунок 2).

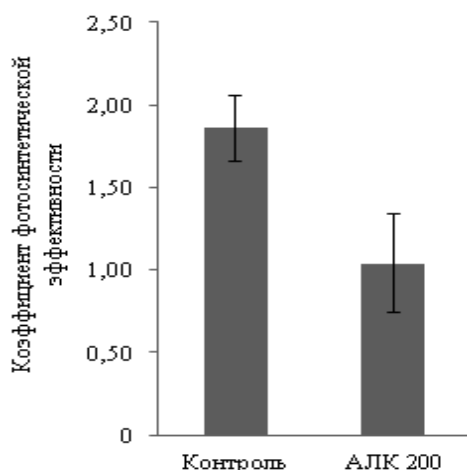


Рисунок 1 – Влияние экзогенной АЛК (200 мг/л) на коэффициент фотосинтетической эффективности в семядольных листьях 7-дневных растений озимого рапса

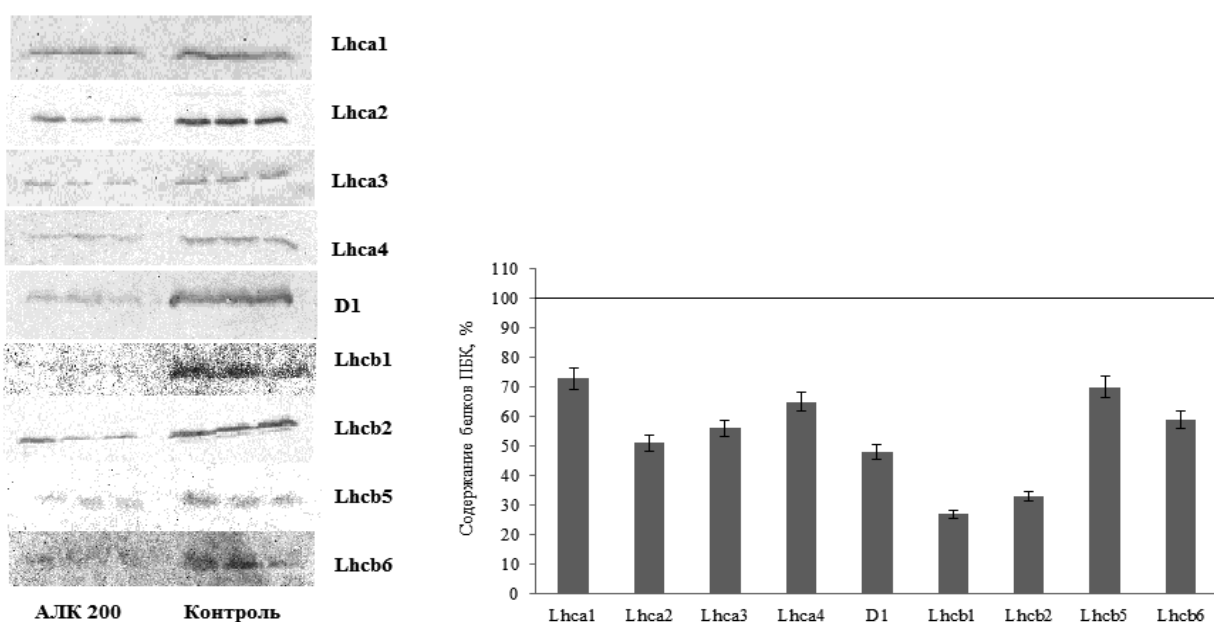


Рисунок 2 – Вестерн-блот анализ белков ПБК фотосинтетического аппарата растений озимого рапса, выращенных на воде и растворе АЛК 200 мг/л (А), а также количественная оценка их содержания (Б). За 100 % принято содержание белков ПБК в контрольных растениях

Таким образом, установлено ингибирующее действие экзогенной АЛК в концентрации 200 мг/л на структурную организацию и фотосинтетическую активность фотосинтетического аппарата растений озимого рапса с высоким содержанием антоцианов. Отмечено снижение содержания белков ПБК двух фотосистем, в особенности светособирающих комплексов ФС II, представляющих внешнюю мобильную антенну, уменьшение уровня основных фотосинтетических пигментов – Хл *a* и *b*, а также снижение способности растений выделять кислород.

Список литературы

1. Rogerson, F.S. Alternative processing of port-wine using pectolytic enzymes / F.S. Rogerson [et al.] // *Cienc. Technol. Aliment.* – 2000. – Vol. 2. – P. 222-227.
2. Field, T.S. The role of anthocyanins in senescing leaves of red-osier dogwood / T.S. Field [et al.] // *Plant Physiology.* – 2001. – Vol. 127, № 2. – P. 566-574.
3. Meiers, S. The anthocyanidins cyanidin and delphinidin are potent inhibitors of the epidermal growth-factor receptor / S. Meiers, M. Kemeny // *Agric Food Chem.* – 2001. – Vol. 49, №2. – P. 958-962.
4. Красильникова, Л.А. Биохимия растений / Л.А. Красильникова, О.А. Аксентьева, В.В. Жмурко, - Ростов: Феникс, 2004. – 224с.

ВЛИЯНИЕ LED-ОСВЕЩЕНИЯ НА РОСТ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОРОСТКОВ *CATHARANTHUS ROSEUS* G. DON

Е.В. Запрудская, Н.И. Астасенко, О.В. Молчан

Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»; Минск, Беларусь, e-mail: zaprudskayakaty@mail.ru

*В работе представлены исследования, направленные на установление эффективных режимов LED-освещения с помощью оценки ростовых и биохимических параметров проростков *C. roseus*. Установлено, что освещение с соотношением С:К, 1:1,5 при 200, и 1:2,5 и 1:4,5 при 500 мкмоль квантов *м⁻² *с⁻¹, приводило к ингибированию удлинения надземной части. Содержание фенольных соединений и антирадикальная активность повышались с увеличением количества синего света. Активность пероксидазы была максимальной при люминесцентном освещении. Максимальные содержание триптамина и активность L-триптофан декарбоксилазы отмечены при LED-освещении с соотношением С:К 1:1,5 (200 мкмоль *м⁻² *с⁻¹) и 1:4,5 (500 мкмоль *м⁻² *с⁻¹).*

Catharanthus roseus G. Don (катарантус розовый), семейства *Aporocynaceae*, содержащий высокоценные фармакологически активные терпеновые моно- и бис-индольные алкалоиды (ТИА) занимает особое положение среди лекарственных растений. В основном, повышенное внимание исследователей обусловлено синтезом в его листьях антинеопластических ТИА бис-индольной природы, винбластин, используемого для лечения лимфогранулематоза, и винкристина, применяемого при терапии различных форм лейкемии [1-3]. Однако нужно отметить, что высокоценные противоопухолевые бис-индольные алкалоиды синтезируются в растении незначительном количестве, что обуславливает их высокую стоимость.

C. roseus – тропическое растение и его культивирование в открытом грунте для заготовки сырья в условиях климата Беларуси не производится. Данное растение может произрастать только в оранжерейной культуре. При этом хорошо известно, что накопление ТИА *C. roseus* существенно зависит от условий культивирования [4]. При необходимости увеличивать долю фармацевтических субстанций отечественного производства, представляется важным развивать технологии, создающие альтернативную сырьевую базу лекарственных растений. Разработка и внедрение таких технологий позволяет получать на основе биомассы культивируемых растений экологически чистое сырье, содержащее нужные фармакологически активные вещества в достаточном количестве независимо от климатических условий. Одной из таких технологий является культивирование растений с использованием светодиодного (Light Emission Diodes) излучения. Следует также отметить, что изучение регуляции биосинтеза фармакологически ценных вторичных метаболитов, а также роста и развития лекарственных растений с помощью различных режимов LED-излучения сегодня одно из перспективных направлений фундаментальных исследований.

С другой стороны, актуальной задачей является разработка и внедрение энергосберегающих технологий в различные области человеческой деятельности. Наиболее энергоэффективные источники для культивирования растений в настоящее время могут быть реализованы на основе светодиодов. Светодиоды могут излучать свет любой длины волны, в т.ч. физиологически активной радиации (ФАР), необходимой для функционирования растительного организма. При этом узкий диапазон длин волн излучения позволяет, составляя определенные композиции светодиодов, легко моделировать спектр освещения, необходимый растению на определенной фазе роста.

Таким образом, чрезвычайно важными и актуальными являются разработка эффективных режимов LED-освещения растений, стимулирующих биосинтез и накопление биологически активных соединений. Поэтому целью данной работы было определение условий

освещения растений *C. roseus*, обеспечивающих оптимальное соотношение между накоплением фитомассы и биосинтезом фармакологически ценных индольных алкалоидов.

Объектом исследования являлись проростки *C. roseus*. Семена стерилизовали и проращивали в стерильных чашках Петри на влажной фильтровальной бумаге при 25 °С, проростки выращивали в течение первых 3-х суток в темноте, а затем 7 суток при люминесцентном (контроль) и LED-освещении с фотопериодом – 16/8 часов (свет/темнота). Для организации LED-освещения использовали излучение всех длин волн видимого света с варьируемыми соотношением квантов синего и красного спектральных диапазонов (С:К) и плотностью потока фотонов (ППФ). Конструкция LED-излучателей, изготовленных ЦСОТ НАН Беларуси, позволяла обеспечить освещение с соотношением С:К, равным 1:1,5; 1:2,5 или 1:4,5 и ППФ, равным 200 либо 500 мкмоль квантов*м⁻²*с⁻¹ на уровне верхушки культивируемых растений. Таким образом, было организовано 6 вариантов LED-освещения (СД 1-6), характеризующихся различными уровнем ППФ и соотношением синего и красного света (С:К) в спектре.

Сумму фенольных соединений определяли спектрофотометрически по стандартной методике с реактивом Фолина-Дениса. Антирадикальную активность оценивали по реакции с DPPH (дифенил-2-пикрил-гидразил). Peroксидазную активность определяли спектрофотометрически с использованием пирогаллола. Активность L-триптофан декарбоксилазы и содержание эндогенного триптамина – спектрофлуориметрически методом Сангван с соавт.

При культивировании *C. roseus* в условиях закрытого грунта основные параметры микроклимата можно регулировать для обеспечения оптимального роста и развития растений. При этом на первом плане – проблемы освещения, которое при минимальных затратах должно отвечать требованиям растений, обеспечивать и позволять регулировать их рост и накопление вторичных метаболитов для получения фармакологически ценного растительного сырья. В данной работе было изучено влияние различных режимов LED-освещения на рост и биохимические параметры проростков *C. roseus*.

На рисунке 1 видно, что освещение с С:К, равным 1:1,5, приводило к ингибированию удлинения проростков как при 200, так и при 500 мкмоль квантов*м⁻²*с⁻¹ по сравнению с люминесцентным освещением. Также отмечено, что увеличение уровня ППФ при С:К, равном 1:1,5 вызывало стимуляцию, а при С:К, равных 1:2,5 и 1:4,5 - ингибирование роста надземной расти. Схожие закономерности влияния LED-освещения отмечены и при оценке роста корневой системы проростков.

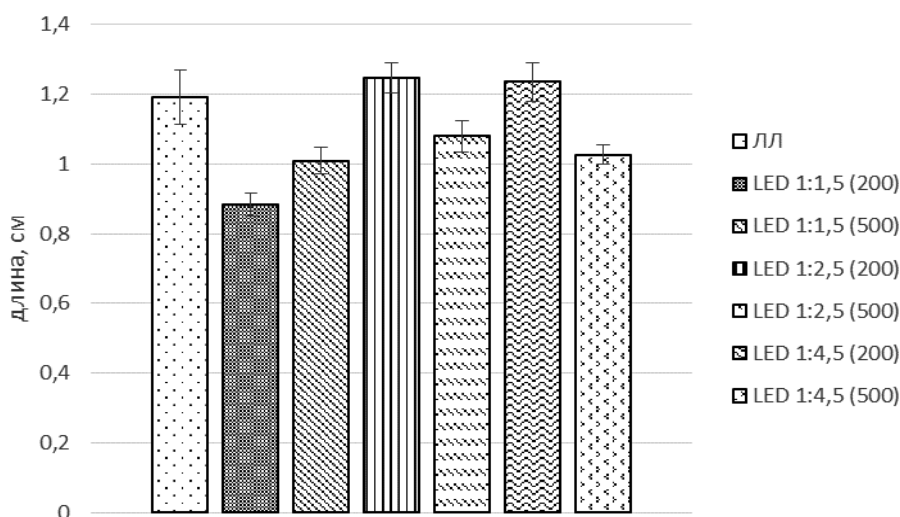


Рисунок 1 – Влияние различных режимов освещения на длину надземной части проростков *C. roseus*

Содержание фенольных соединений и антирадикальная активность в проростках повышались с увеличением количества синего света. Активность пероксидазы была максимальной при люминесцентном освещении. В условиях LED-освещения пероксидазную активность стимулировало освещение с С:К, равным 1:1,5 (200 и 500 мкмоль *м⁻²*с⁻¹) и 1:4,5 (500 мкмоль *м⁻²*с⁻¹).

Одним из ключевых ферментов биосинтеза ТИА является пиридоксаль-зависимая L-триптофан декарбоксилаза (L-триптофан карбоксилаза, КФ 4.1.1.27), катализирующая реакцию декарбоксилирования L-триптофана – образование триптамина [4]. В данной работе было определено влияние различных типов освещения на эндогенное содержание триптамина и активность L-триптофан декарбоксилазы в корнях и надземной части проростков *S. roseus*. Максимальное содержание триптамина и активность L-триптофан декарбоксилазы (рисунок 2) отмечены при LED-освещении с соотношением С:К, равным 1:1,5 (200 мкмоль *м⁻²*с⁻¹) и 1:4,5 (500 мкмоль *м⁻²*с⁻¹).

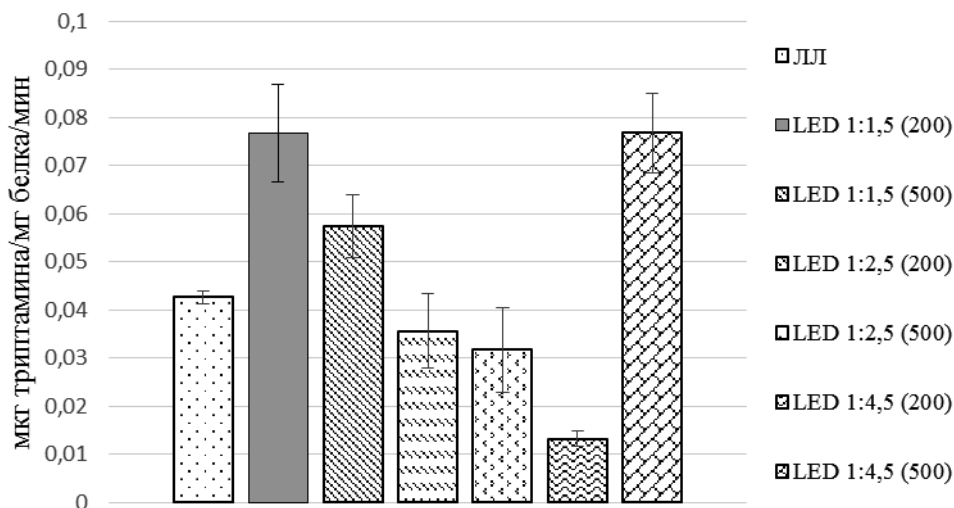


Рисунок 2 – Влияние различных режимов освещения на активность L-триптофан декарбоксилазы в надземной части проростков *S. roseus*

Таким образом, были установлены режимы LED-освещения, эффективные для ростовых процессов и биосинтеза вторичных метаболитов в проростках *S. roseus*. Результаты данной работы могут быть использованы для оптимизации технологии культивирования лекарственных растений *S. roseus* с целью повышения содержания в них высокоценных ТИА.

Список литературы.

1. Вышковский Г.А. Регистрация лекарственных средств России / Г.А. Вышковский [и др.] ; под общ. ред. Г.А. Вышковского. – 11-е изд. – М. – 2004. – 195 с.
2. Исаков Ф.Ю.Справочник Видаль. Лекарственные препараты в России; справочник ; редкол.: Ф.Ю. Исаков [и др.]. – М. : АстраФармСервис, 2001. – 1536 с.
3. Junaid A. *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. An important drug: it is applications and production / A. Junaid [et al.] // Pharmacie Globale (IJCP). – 2010. – Vol. 1 (4). – P. 1–16.
4. Loyola-Vargas V.M. *Catharanthus* biosynthetic enzymes: the road ahead / V.M. Loyola-Vargas [et al.] // Phytochemistry Reviews. – 2007. – Vol. 6. – P. 307–339.

ГЕНЕРАЦИЯ АКТИВНЫХ ФОРМ КИСЛОРОДА И ФОРМИРОВАНИЕ ОДНО- И ДВУЦЕПОЧЕЧЫХ РАЗРЫВОВ ДНК В КЛЕТКАХ ПРОТОНЕМЫ *PHYSCOMITRELLA PATENS* ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЗАСОЛЕНИЯ

С.Н. Звонарев¹, В.С. Мацкевич¹, К. Ангелис², В.В. Демидчик¹

¹Белорусский государственный университет; Минск, Беларусь, e-mail: zvonarevsergey.bio@gmail.com

²Институт экспериментальной ботаники, Академия наук Чешской Республики; Прага, Чехия

*Индукция сигнальных реакций и окислительных повреждений при солевом стрессе связаны с синтезом АФК, в основе которого лежит формирование O₂^{•-}. В данной работе разработана техника высокоспецифической регистрации in vivo O₂^{•-} в клетках модельного вида мха *Physcomitrella patens* при помощи флуоресцентного зонда*

дигидроэтидиум (ДГЭ), а также методика анализа повреждения ДНК на основе COMET (электрофореза одиночных клеток). Впервые продемонстрировано, что обработка 100-500 мМ NaCl приводит к быстрой (60 мин) и значительной по интенсивности генерации $O_2^{\cdot-}$ и формированию одно- и двуцепочечных разрывов ДНК.

Среди наземных растений лишь единицы способны выживать на почвах с высоким содержанием солей. Один из ярких примеров таких растений - мох *Physcomitrella patens*, который является отличным модельным организмом для изучения физиологии и эволюции растений. Зеленые водоросли – предки мхов, обитают в соленой воде и обладают эффективной защитой от избытка NaCl. Высшие растения утратили устойчивость к высоким концентрациям NaCl, в то время как некоторые мхи все еще сохраняют их [1]. Мхи были первыми наземными растениями и имеют много физиологических сходств с солеустойчивыми водорослями. В этой связи детальное исследование реакций клеток мохообразных в ответ на засоление представляет значительный интерес для понимания фундаментальных механизмов солеустойчивости.

В данной работе мы подробно изучили ключевые первичные реакции *Physcomitrella patens* (*P. patens*) на избыток NaCl – образование супероксида, предшественника различных токсичных АФК, обнаруженных в растениях при засолении. Также нами было исследовано генотоксическое действие хлорида натрия. Наши недавние исследования, основанные на анализе TUNEL, показали, что обработка корней *Arabidopsis thaliana* высокими концентрациями NaCl (100-300 мМ) привела к активации эндонуклеаз, что может свидетельствовать об индукции запрограммированной гибели клеток (ЗКГ) [3]. Интересно, что обработка корней NaCl также стимулировала выработку очень агрессивных АФК – гидроксильных радикалов [3], которые, как известно, способны прямо повреждать ДНК [2]. Эндонуклеазы обычно генерируют двуцепочечные разрывы ДНК, в то время как гидроксильный радикал должен в основном вызывать одноцепочечные разрывы ДНК. В данной работе мы определяли вызванные солевым стрессом одно- и двуцепочечные разрывы ДНК в протонеме *P. patens* с использованием электрофореза одиночных клеток (Comet assay).

Протонемную культуру *P. patens* инициировали и поддерживали, как описано David J. Cove [4]. В работе использовались 7-дневные протонемные клетки и 1-дневная жидкая культура протонемных клеток (для техники Comet). Генерацию супероксидного анионного радикала определяли с использованием флуоресцентного зонда дигидроэтидиума (ДГЭ) (10^{-6} М, Sigma, США) с УФ-возбуждением и стандартного фильтра Nikon FITC (B-2E) для регистрации флуоресцентного излучения (во избежание автофлуоресценции хлорофилла). Инвертированный эпифлуоресцентный микроскоп Nikon Eclipse TS100F использовался в тестах с ДГЭ. Использовались две разные техники Comet: нейтральный Comet assay, модифицированный для обнаружения двунитевых разрывов ДНК и щелочной Comet assay который более чувствителен к однонитевым разрывам ДНК [5]. ДНК «кометы» после окрашивания зондом SybrGold регистрировались с помощью эпифлуоресцентного микроскопа Nikon Eclipse 800 и оценивались модулем Comet программного комплекса LUCIA cytogenetics (LIM, Praha, Czech Republic). Доля ДНК в хвостах комет (% ДНК в хвосте) использовалась как мера повреждения ДНК.

Ростовые тесты показали, что *P. patens* может выдерживать концентрации NaCl до 500 мМ, поэтому в наших экспериментах с ДГЭ и техникой Comet использовались концентрации NaCl 200-500 мМ. Мы обнаружили, что NaCl при концентрациях выше 200 мМ вызывает значительное увеличение интенсивности флуоресценции ДГЭ (на 150% по сравнению с фоновыми значениями). Эффект NaCl увеличивался с концентрацией NaCl, достигая максимального значения при 300 мМ (рисунок). В соответствии с рекомендациями производителя ДГЭ является селективным зондом по отношению к $O_2^{\cdot-}$, однако результаты наших тестов показали, что он чувствителен ко многим АФК. Супероксиддисмутаза уменьшала индуцированную NaCl флуоресценцию ДГЭ на 40-45% при 200-300 мМ NaCl и на 60% при 400 мМ NaCl. Эти данные показывают, что по меньшей мере половина ДГЭ-сигнала происходит от супероксида, а другая половина, вероятно, вызвана другими АФК. Тиомочевина, которая известна как специфический \cdot ОН-скевенджер, уменьшала индуцированную NaCl флуоресцен-

цию ДГЭ на 20% при 200 мМ NaCl и на 30% при 300 и 400 мМ NaCl, соответственно. Это означает, что значительная часть сигнала ДГЭ также была вызвана реакцией с гидроксильными радикалами. Восстановленный глутатион, диметилсульфоксид и спермин также модифицировали индуцированный NaCl сигнал ДГЭ. Эти вещества вызывали 40-50% снижение сигнала ДГЭ при 200-300 мМ NaCl и 25-30% при 400 мМ NaCl.

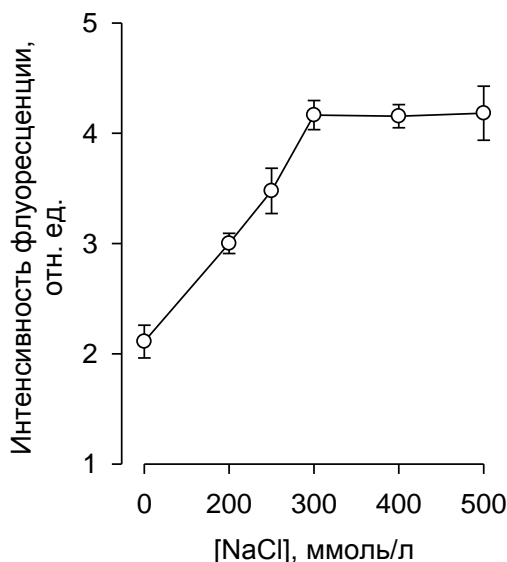


Рисунок – Влияние различных концентраций NaCl на уровень АФК в клетках протонемы *Physcomitrella patens*, измеренный с помощью зонда дегидроэтидиум (n = 10, среднее ± SE).

Эксперименты с использованием техники СОМЕТ показали, что 100 мМ NaCl вызывает значительное увеличение двуцепочечных и одноцепочечных разрывов ДНК. Обработка 300 и 500 мМ NaCl увеличивала количество двуцепочечных разрывов ДНК на 3-3,5 и 4-4,5 раза соответственно. Скавенджеры гидроксильных радикалов, такие как тиомочевина или диметилсульфоксид, частично ингибировали образование разрывов ДНК в ответ на NaCl.

В целом, нами было обнаружено, что NaCl вызывает образование АФК в *Physcomitrella patens*, которые могут быть измерены с помощью зонда ДГЭ. Супероксидный и гидроксильный радикалы доминирующие фракции АФК при солевом стрессе в *Physcomitrella patens*. Высокие уровни NaCl вызывают одно- и двуцепочечные разрывы ДНК в *Physcomitrella patens*, образование которых ингибируется скавенджерами гидроксильного радикала.

Работа финансировалась грантом Европейского Союза «Адаптация растений к тяжелым металлам и радиоактивному загрязнению» (PIRSES-GA-2013-612587).

Список литературы

1. Munns, R. Mechanisms of salinity tolerance / R. Munns, M. Tester // Annual reviews of plant biology. – 2008. – Vol. 59. – P. 651–681.
2. Halliwell, B. Free Radicals in Biology and Medicine / B. Halliwell, J.M.C. Gutteridge – Oxford, UK: Oxford University Press, 1999. – 936 p.
3. *Arabidopsis* root K⁺ efflux conductance activated by hydroxyl radicals: single-channel properties, genetic basis and involvement in stress-induced cell death / V. Demidchik, T.A. Cuin, D. Svistunenko, S.J. Smith, A.J. Miller, S. Shabala, A. Sokolik, V. Yurin // Journal of cell science. – 2010. – Vol. 123, № 13. – P. 1468–1479.
4. Culturing the Moss *Physcomitrella patens* / Cove D.J. [et al.] // Cold Spring Harb. Protoc. – 2009. – Vol. 4. – P. 1–6.
5. Single cell gel electrophoresis: detection of DNA damage at different levels of sensitivity / K. J. Angelis, M. Dusinska, and A. R. Collins // Electrophoresis. – 1999. – Vol. 20, №10. – P. 2133–2138.

ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИАЛЬНОГО ПРЕПАРАТА «КАРФИЛ» (*BACILUS SUBTILIS*) И САЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ НА ДИНАМИКУ ОКСИДОРЕДУКТАЗ У РАСТЕНИЙ *DIOSCOREA*

Е.Н. Карасева

Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»; Минск, Беларусь, e-mail: nan.botany@yandex.by

*Изучено влияние коммерческого препарата «Карфил» и индуктора системной устойчивости растений салициловой кислоты (СК) на динамику изоферментов пероксидаз и супероксидредуктазы (СОД) в листьях растений *Dioscorea*. Показано, что обработка приводит к стимуляции активности пероксидаз и СОД. Обсуждается возможное участие данных препаратов в регуляции процессов адаптации растений.*

Большое значение для развития современной фармакологии приобретают новые знания о биологических объектах, обладающих активными веществами в отношении целого ряда заболеваний, и которые могут явиться субстанциями для новых медицинских препаратов.

Одним из таких растений являются растения семейства *Dioscorea*. Согласно литературным данным, в составе клубней интродукента из тропической зоны происхождения *Dioscorea* содержатся витамины, углеводы, белки, алкалоиды, гликозиды.

В настоящее время появились данные, согласно которым большую роль в клубнеобразовании играют жасмоновая и тубероновая кислоты, а также АФК [1-2].

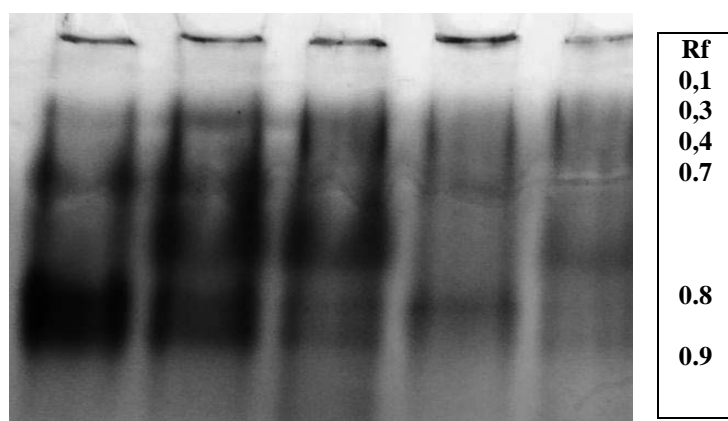
В связи с этим нами было проведено изучение влияния коммерческого биологического, бактериального препарата на основе штаммов *Bacillus subtilis* и салициловой кислоты на инициацию и ускорение процесса клубнеобразования на основе измерения биохимических показателей ферментов окислительного метаболизма в листьях растения *Dioscorea*, адаптированной к условиям *in vivo* на ионообменном субстрате различного химического состава (рисунок 1).



1 – контроль; 2 – обработка СК; 3 – обработка бактериальным препаратом «Карфил»

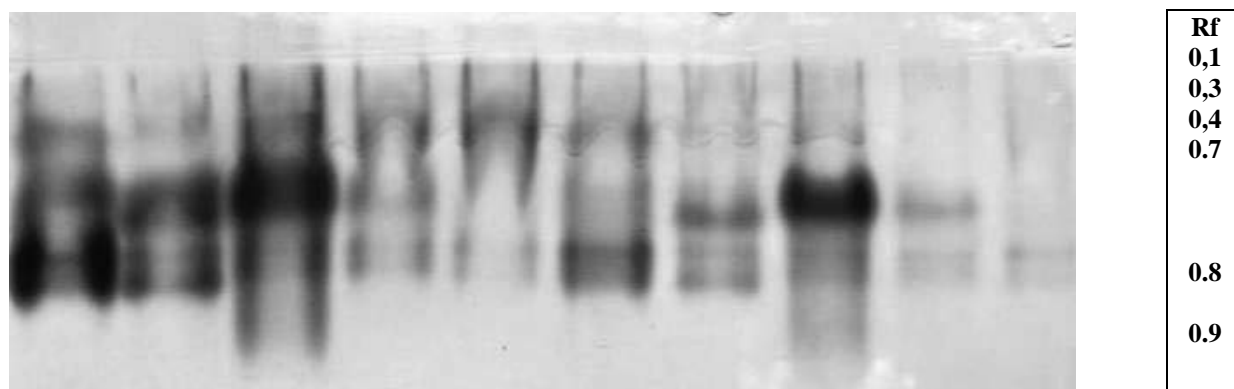
Рисунок 1 – Внешний вид растений *Dioscorea*

Согласно проведенным исследованиям нами установлено, что имеет место перестройка и изменение в компонентном составе пероксидазного комплекса на протяжении длительного промежутка времени, вызванного обработкой препаратом «Карфил» и 10^{-5} М СК. Выявленные изменения носят индуцированный характер: так, например, «Карфил» приводит к снижению интенсивности изоферментов $Rf=0.575-0.713$ (рисунок 3); СК-наоборот приводит к активации изофермента $Rf=0.451-0.524$ (рисунок 3). Эффект этих индукторов, по-видимому, носит разнонаправленный характер.



1 – контроль (растения не подвергались обработке); 2 – обработка бактериальным препаратом «Карфил» на основе штаммов *Bacillus subtilis* (5 мл исходной суспензии/2л H₂O);
3 – обработка СК (10⁻⁵М); 4 – 5 – торфогрунт.

Рисунок 2 – Нативный электрофорез изоферментов пероксидаз листьев *Dioscorea* при обработке препаратом «Карфил» и 10⁻⁵М СК на различных субстратах. Пробы взяты через 8 суток после обработки

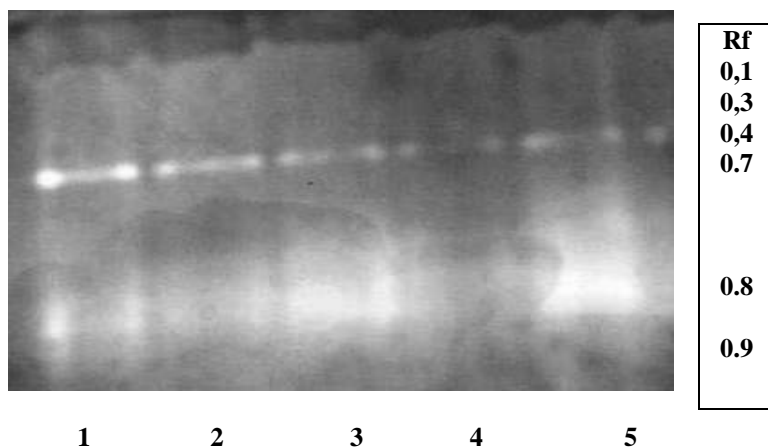


1 – контроль (растения не подвергались обработке); 2 – обработка бактериальным препаратом «Карфил» на основе штаммов *Bacillus subtilis* (5 мл исходной суспензии/2л H₂O);
3 – обработка СК (10⁻⁵М); 4-5 – торфогрунт; 6 – 10 – повтор, нанесение 20 мкл образца на трек.

Рисунок 3 – Нативный электрофорез изоферментов пероксидаз листьев *Dioscorea* подвергнутых обработке препаратом «Карфил» и 10⁻⁵М СК на различных субстратах. Пробы взяты через 24 суток после обработки.

Полученные эффекты изменения активности пероксидаз под действием препаратов сопровождаются и изменением активности изоферментов СОД (рисунок 4), где видно, что СК приводит к резкой значительной активации изофермента СОД (Rf=0.622-0.634), в то время как «Карфил» подобным эффектом не обладает.

В результате проведения экспериментальной работы показано, что как бактериальный препарат «Карфил», так и СК оказывают влияние на процесс адаптации у растений *Dioscorea*, как на ионообменном субстрате, так и на торфогрунте. Оба препарата влияют на динамику активности пероксидазы и СОД, что может быть использовано при адаптации растений *Dioscorea* в различных условиях и усилении иммунного статуса растений, что может привести к устойчивому синтезу фармакологических субстанций, используемых в лечебных целях.



1 – контроль (растения не подвергались обработке); 2 – обработка бактериальным препаратом «Карфил» на основе штаммов *Vacillus subtilis* (5 мл исх. Суспензии/2л H₂O); 3 – обработка СК (10⁻⁵M)
4 – 5 – торфогрунт

Рисунок 4 – Нативный электрофорез изоферментов СОД листьев *Dioscorea*. Подвергнутых обработке препаратом «Карфил» и 10⁻⁵ СК на различных субстратах. Пробы взяты через 24 суток после обработки

Список литературы

1. Сорокина, А. А. Изучение состава биологически активных веществ *Dioscorea alata* L. супротивной / А. А. Сорокина, Бу Вэй // Состояние и перспективы оптимизации и эффективности в фармакогнозии, технологии, клинике : сб. материалов науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 30-летию каф. фармакогнозии и фармацевт. технологии Яросл. гос. мед. акад. / Яросл. гос. мед. акад. ; [принимали участие М. Е. Жаворонкова, Я. А. Мальцева, С. К. Забелина]. – Ярославль, 2014. – С. 61–63.
2. Beccari, O. Nota suirembrione delle Dioscoreaceae / O. Beccari // Nuovo Giorn. Bot. Ital. – 1870. – Vol. 2. – P. 150.

СЕКЦИЯ 3. ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ, ГЕОБОТАНИКА И КАРТОГРАФИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПЕСЧАНЫХ КАРЬЕРОВ ПОДМОСКОВЬЯ

Даббаг Алаа

Российский университет дружбы народов, Экологический факультет, Кафедра геологии; Алеппо, Сирия,
e-mail: alaa_dabbagh@hotmail.com

Песчаные карьеры являются техногенными формами рельефа, самостоятельное восстановление растительности на которых затруднено. Для восстановления на песчаном субстрате сомкнутого растительного покрова, препятствующего движению склонов, необходимо всестороннее изучение растительности песчаных карьеров.

Песчаные карьеры являются необычными местообитаниями с большой выраженностью крутизны склонов и высокой подвижностью субстрата. Их растительность тоже своеобразна и может сравниваться с растительностью пустынных областей (1). Подобную растительность, характерную для хорошо аэрированных, мелкоземистых субстратов с хорошим промывным режимом называют псаммофитной. Псаммофиты, таким образом, произрастают не только в пустынях, но и на любых подвижных песчаных субстратах (3).

Целью данного исследования являлось изучение видового разнообразия растительности песчаных карьеров Московской области для последующего выявления спектра жизненных форм растений. Разнообразие жизненных форм зависит не только от исторических особенностей развития ландшафта, но и от экологических факторов, таких как крутизна склонов, влажность и богатство почвы, а также от антропогенных причин.

Сбор материалов проводился летом 2015-2016 гг. Были исследованы Дзержинский песчаный карьер на юго-востоке, Звенигородский и Сычевский – на западе от Москвы. Для изучения видового разнообразия производились геоботанические описания по стандартной методике на площади 5x5 м. Дополнительно совершался маршрутный обход территории с составлением списка видов. Жизненные формы определены по системе К. Раункиера (Raunkiaer, 1905) и И.Г. Серебрякова (1962).

Растительный покров обоих песчаных карьеров разрежен, проективное покрытие составило 20-30%, что в целом является типичным для песчаных ландшафтов. Число видов в данном случае определяется не плавным ходом развития ландшафта, а сукцессионными сменами под влиянием экологических факторов. Всего на обследованных участках карьеров в 2015 г. было найдено 98 видов растений, а в 2016 г. – 78 видов (рисунок 1). Общий видовой список растений, встреченных за 2 года по всем карьерам, составляет 106 видов.

Наибольшее число видов обнаружено в Звенигородском карьере. Это может быть связано с тем, что данный карьер давно не разрабатывается и удален от населенных пунктов. В Сычевском карьере было обнаружено всего 38 видов растений, это связано с тем, что он продолжает использоваться для добычи песка с сопутствующим перемещением грунта и оползанием склонов.

Гемикриптофиты являются типичной жизненной формой, преобладающей во всех фитоценозах Средней полосы России (4). В нашем исследовании доминирование гемикриптофитов сохраняется на протяжении двух лет исследований (рисунок 2).

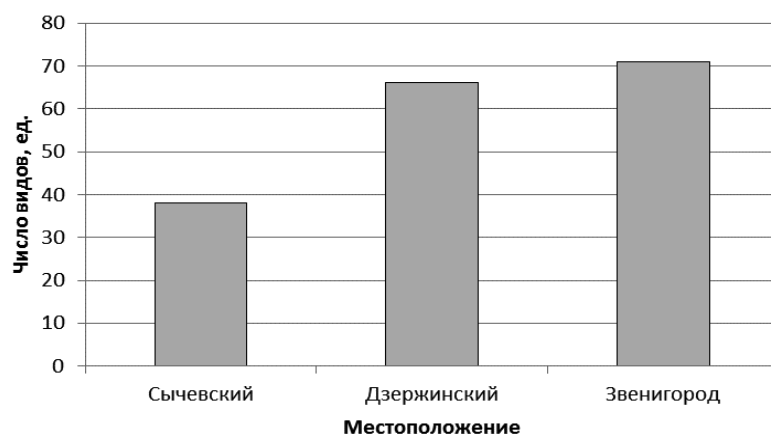


Рисунок 1 – Видовое разнообразие растительности песчаных карьеров Подмосковья за 2015-2016 гг.

Стоит заметить, что доля хамефитов мала, встречается лишь *Artemisia absinthium*. Подобные особенности, скорее всего, связаны с видовым составом растительности, спонтанно складывающимся в каждом карьере. Стоит обратить внимание на довольно высокую долю терофитов в целом, что связано с экологическими условиями, создаваемыми песчаным субстратом (1).

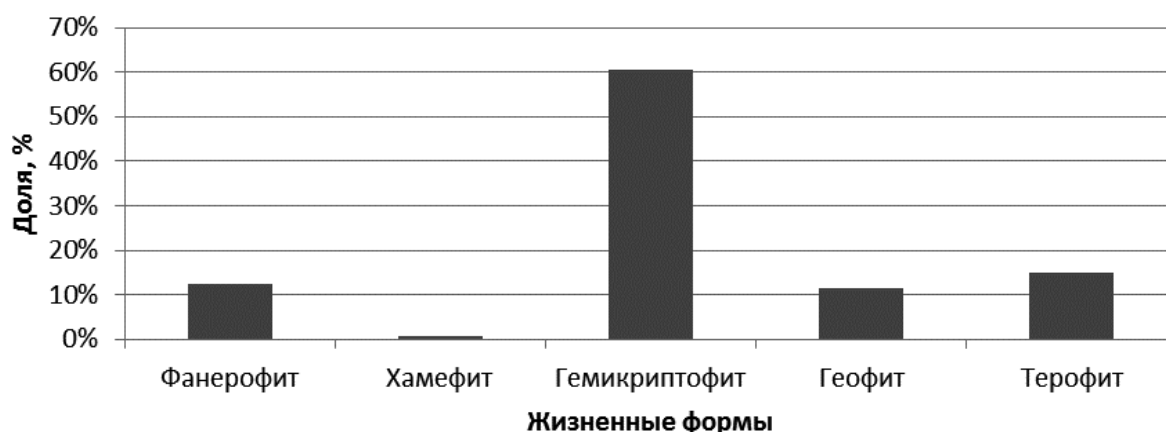
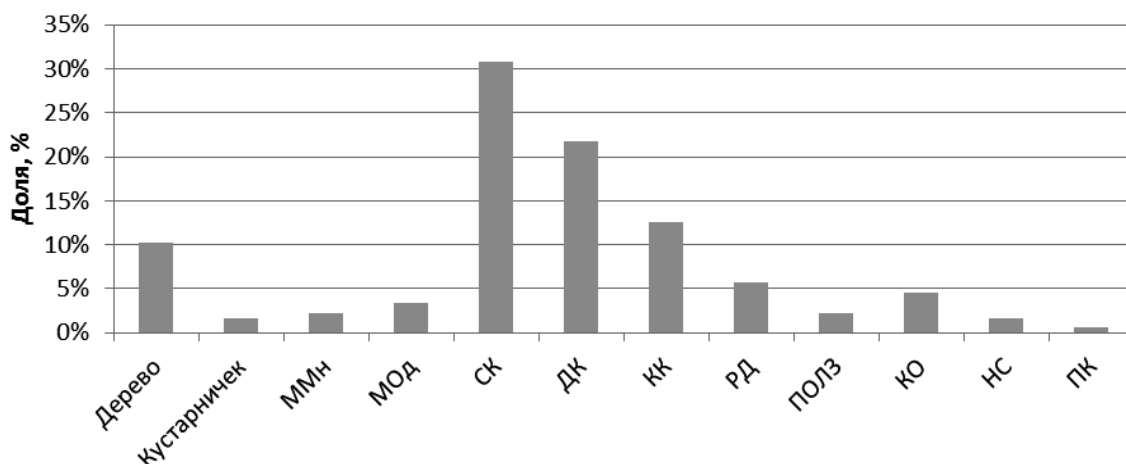


Рисунок 2 – Спектр жизненных форм растений песчаных карьеров Подмосковья по К. Раункиеру за 2015-2016 гг.

Классификация жизненных форм И.Г. Серебрякова является более детальной по сравнению с классификацией К. Раункиера, позволяет провести подробный анализ влияния экологических факторов на растительное сообщество(4).

В спектре жизненных форм по И.Г. Серебрякову (рисунок 3) для всех карьеров было отмечено преобладание травянистых многолетних поликарпиков, среди которых очевидными доминантами являются длиннокорневищные (*Calamagrostis epigeios*, *Tussilago farfara*, *Elytrigia repens*), стержнекорневые (*Taraxacum officinale*, *Chenopodium album*) и короткокорневищные (*Artemisia vulgaris*, *Hieracium umbellatum*) растения. Преобладание доминантных жизненных форм не изменилось в динамике по годам. Необычна высокая доля стержнекорневых растений, что не характерно ни для лесных, ни для луговых фитоценозов Средней полосы России, однако типично для пустынных фитоценозов (4) и в условиях песчаных карьеров является очень распространенным (2). Длиннокорневищные и короткокорневищные растения тяготеют к рыхлым субстратам и легким почвам, хотя последние и более пластичны к условиям произрастания. Присутствие стержнекорневых растений связано с их приспособленностью к высокой инсоляции местообитаний и устойчивостью к засухе и поэтому рекомендуется использовать именно эти жизненные формы для стабилизации песчаных скал.



Жизненные формы

Условные обозначения: травянистые монокарпики: ММн – многолетний; МДв – двулетний; МОд – однолетний; травянистые поликарпики: СК – стержнекорневой; ДК – длиннокорневищный; КК – короткокорневищный; РД – рыхлодерновинный; ПОЛЗ – ползучий; КО – корнеотпрысковый; НС – надземностолонный; ПК – полукустарничек.

Рисунок 3 – Соотношение жизненных форм растений песчаных карьеров Подмосквья по И.Г. Серебрякову за 2015-2016 гг.

Список литературы

1. Абакумов Е.В. Накопление и трансформация органического вещества на разновозрастных отвалах песчаного карьера. // Почвоведение. – 2008. – №8. С. 955-963.
2. Быков Б.А. Основные экобиоморфы пустынных растений Туранской низменности (краткий обзор). // Эколого-физиологические исследования пустынных фитоценозов. – Алма-Ата: Наука, 1987. – С. 5-23.
3. Березина Н.А., Афанасьева Н.Б. Экология растений. – М.: Изд. центр «Академия», 2009. – 400 с.
4. Ротов Р.А. Жизненные формы, побегообразование и ритм сезонного развития растений восточных Кара-Кум. Дисс. на соиск. уч. степ. к. б. н. – М., 1955.
5. Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений. Жизненные формы покрытосеменных и хвойных. – М.: Высшая школа, 1962. – 241 с.
6. Raunkjær Ch. Biological types for botany geography. Oversigt over det Kgl. // Danske Videnskabernes Selsk. Forhandl. – 1905. – № 5.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ РОДА *MELILOTUS* MILL. ВО ФЛОРЕ БЕЛАРУСИ

А.Ю. Докшина

Государственное научное учреждение «Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси»; Минск, Беларусь, e-mail: aleksandra-dokshina@mail.ru

В статье приводятся данные о распространении рода Melilotus Mill. во флоре Беларуси, полученные в результате обработки материалов гербариев Беларуси и России. Составлен ключ для определения видов Melilotus Mill.. Приведены сведения об экологической приуроченности и географическом распространении видов.

Представители рода *Melilotus* Mill. – весьма распространенная группа растений в фитоценозах флоры Беларуси. Однолетние или двулетние травянистые растения с выраженным кумариновым запахом и прямостоячими стеблями. Листья непарноперисто-тройчатые. Повислые цветки белого или желтого цвета собраны в узкие, рыхлые многоцветковые кисти [1]. Во флоре Беларуси насчитывается 3 вида рода *Melilotus* Mill. – Донник белый и Донник лекарственный являются аборигенными видами, Донник желтый относится к адвентивным. Видовой состав рода *Melilotus* Mill. изучался в ходе научной обработки материалов различных Гербариев Беларуси и России. Изучены материалы, хранящиеся в Гербариях MSK, MSKH, MSKU, LE, MW, а также в ходе полевых исследований в различных регионах Беларуси. В Ботанических садах Беларуси культивировались несколько неаборигенных видов

донников. *Melilotus altissimus* Thuill. (Делектусы ЦБС, 1951, 1952, 1959, 1964). *Melilotus indicus* (L.) All. (Делектусы ЦБС, 1964, 1965). *Melilotus neapolitanus* Ten. (Делектус ЦБС, 1954). *Melilotus segetalis* (Brot.) Ser. (Делектусы ЦБС, 1954, 1955). *Melilotus sulcatus* Desf. (Делектус ЦБС, 1937, 1938, 1970). *Melilotus tauricus* (M.Bieb.) Ser. (Делектус БГУ, 1971, 1972, 1973, 1974, 1975, 1977, 1979).

Ключ для определения видов рода *Melilotus* Mill. флоры Беларуси.

1. Цветки белые.....2
Цветки желтые.....3
2. Цветоножки (и плодоножки) в 2 раза короче цветков. Цветки 4-5мм, цветоножки 1-1,5мм длиной. Бобы удлинено-шаровидные 3-3,5мм.

1. *Melilotus albus* Medik. 1.

Цветоножки равны цветкам или длиннее их.

Кисть многоцветковая (30-50 цветков). Цветки 2,5-3мм длиной. Цветоножки длинные, нитевидные, 3-4мм длиной. Бобы неравнобоко-продолговатые, 4-6мм.

2. *Melilotus wolgicus* Poir.

3. Листочки с краев неравнозубчатые. Зубцы острые, но не шиловидные. Цветки 5-7мм длиной. Бобы повислые, овальные. Сверху притупленные, поперечно-морщинистые.

3. *Melilotus officinalis* Poir. [1,3]



Рисунок 1 – Распространение *Melilotus albus* Medik. в Беларуси.

● - по материалам гербариев MSKU и MSKH, MSK, LE, MW.

Melilotus albus Medik. 1787, Vorl. Chrupt. Phys.- Okon. Ges. 2: 382; Бобр. 1941, Фл. СССР, 11: 181; A. Hansen, 1968, Fl. Europ. 2: 149; Бобр., 1987, Фл. ев роп. час ти СССР, 6: 179. – Донник белый.

Встречается по всей территории Беларуси часто. Обитает на лугах, у дорог, в рудеральных местах населенных пунктов. По хозяйственному значению: кормовое, сидерат, лекарственное, медоносное, пищевое (пряное), волокнистое, инсектицидное [2].



Рисунок 2 – Распространение *Melilotus officinalis* (L.) Pall. в Беларуси.

● - материалам гербариев MSKU и MSKH, MSK, LE, MW.

Melilotus officinalis (L.) Pall. 1776, Reise, 3 537; Бобр. 1941, Фл. СССР, 11: 180; A. Hansen, 1968, Fl. Europ. 2: 149; Бобр., 1987, Фл. ев роп. час ти СССР, 6: 179. — *Trifolium officinalis*

nalis L. 1753, Sp. Pl.: 765. — *Melilotus arvensis* Wallr. 1822, Sched. Crit.: 391; Ledeb. 1831, Fl. Alt. 3: 254. — Донник лекарственный.

Встречается нередко по всей территории Беларуси. Обитает на лугах, лесных опушках и полянах, по берегам рек, у дорог. В Беларуси: заносный вид. Разрешено Государственной фармакопеей Республики Беларусь к медицинскому применению. Кормовое, лекарственное, медоносное, техническое, пищевое (пряное), красильное, сидерат [2].



Рисунок 3 – Распространение *Melilotus wolgicus* Poir. в Беларуси.
 • - по материалам гербария MSK.

Melilotus wolgicus Poir. 1814, in Lam. Encycl. Meth. Bot., Suppl. 3: 648; Бобр. 1941, Фл. СССР, 11: 182; A. Hansen, 1968, Fl. Europ. 2: 149; Бобр., 1987, Фл. ев роп. час ти СССР, 6: 181. — *Trifolium ruthenicum* M. Bieb. 1819, Fl. Taur.-Cauc. 3: 506. — *Melilotus ruthenicus* (M. Bieb.) Ser. 1825, in DC., Prodr. 2: 186. — Донник волжский.

В Беларуси заносный вид. По литературным данным, изредка встречается по всей территории Беларусь. Произрастает в населенных пунктах, по железным и шоссейным дорогам [3]. Известны местонахождения в Минской области (Минский, Смолевичский, Пуховичский р-ны), Брестской области (Брестский район, г. Брест), Витебской области (Витебский, Полоцкий р-ны), Гомельской области (Мозырский район). Согласно информационному ресурсу Euro-Mediterranean, *Melilotus wolgicus* Poir. присутствует во флоре Беларуси в качестве адвентивного вида.

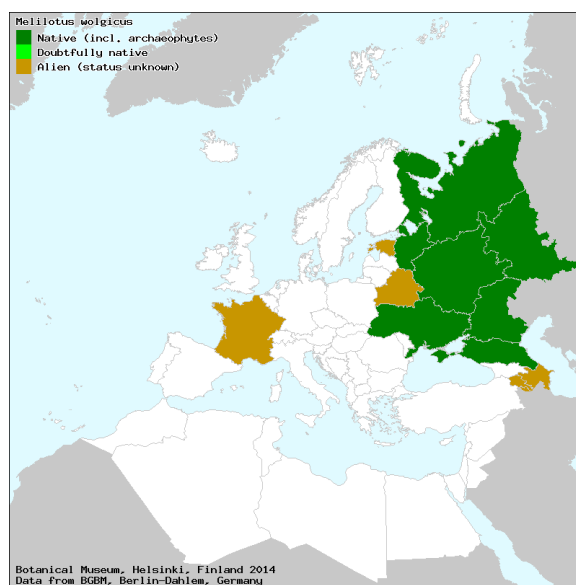


Рисунок 3 – Ареал *Melilotus wolgicus* Poir.

Melilotus wolgicus Poir. более засухоустойчивый и зимостойкий, дает более качественные корма, но менее урожаен, по сравнению с *Melilotus albus* Medik. и *Melilotus officinalis* (L.) Pall.

Список литературы.

1. Флора Европейской части СССР: в 11 т. / редкол.: А. Федоров (гл. рэд.) [и др.]. – Ленинград: Наука, 1974-2004. – Т. 6: Покрытосеменные Двудольные. / Е.Г. Бобров. 1987. – 254 с..
2. Кухарева Л.В. Полезные травянистые растения природной флоры: справочник по итогам интродукции в Белоруссии / Л.В. Кухарева, Г.В. Пашина. – Минск: Наука и техника, 1986. – 215 с.
3. Определитель высших растений Беларуси : учебное пособие для студентов вузов / под ред. В. И. Парфенов . – Минск : Дизайн ПРО, 1999 . – 472 с.

ТРАНСФОРМАЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА БЕРЕЗИНСКОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА, В СВЯЗИ С СОВРЕМЕННЫМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

Л.А. Дудкина

Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»; Минск, Беларусь, e-mail: nan.botany@yandex.by

В данном тезисе приводятся данные о структуре растительности территорий, в пределах Березинского биосферного заповедника, вышедших из-под сельскохозяйственного использования.

Современное состояние земель и почв определяется в первую очередь деятельностью человеческого общества. Пути и способы воздействия человека на земли многообразны и зависят от уровня производительных сил. Поэтому одной из основ устойчивого развития общества является организация рационального использования и охраны земельных и почвенных ресурсов. Принятию оптимальных управленческих решений, связанных с реализацией действий на земле, способствует анализ данных о ее экологическом состоянии.

Согласно лесоустроительным данным, на 1 января 2016 г. площадь земель Березинского биосферного заповедника составила 80211 га. Наибольшие площади земель заповедника относятся к лесным землям, покрытым древесно-кустарниковой растительностью, доля которых составляет 87,6 % его территории (70 248 га). На не покрытые лесом земли приходится 2,1 % территории (1628 га), на нелесные земли (12,4% или 9 963 га) в т. ч.: пашни 294 га (0,4%), сенокосы 721 га (0,9%), пастбища 124 га (0,1%), дороги и просеки 774 га (1%), сады 6 га, болота 6 629 га (8,2%), усадьбы 78 га (0,1%), воды 1 201 га (1,5%), прочие земли 136 га (0,2%). В настоящее время прослеживается отрицательная динамика сельскохозяйственных угодий за счет увеличения лесопокрытых территорий. Данные изменения обусловлены оптимизацией структуры землепользования, одним из направлений которой является перераспределение и вывод из оборота малопродуктивных или заболоченных сельхозугодий и их передача в другие виды земель, в том числе и лесные земли. [1, 2, 3].

В настоящее время исследования структуры растительности на территориях, вышедших из-под сельскохозяйственного использования, были выполнены на 5 экспериментальных участках; был выполнен сравнительный фитоиндикационный анализ живого напочвенного покрова этих участков, соответствующих типам леса березняк орляковый, березняк кисличный, сосняк мшистый и сероольшаник кисличный) по отношению к условиям трофности, освещенности, теплообеспеченности.

Так флористический состав анализируемого списка в основном состоит из видов высших сосудистых растений, и насчитывает 84 вида, представляющих 65 родов и 28 семейств. Наиболее многочисленными в видовом отношении являются 4 семейства – *Asteraceae* (19 видов), *Fabaceae* (9 видов), *Poaceae* (10 видов), *Rosaceae* (5 видов), которые составляют 51,2% видов от общего состава исследуемой флоры. Остальные 24 семейства представлены 1 – 4 видами.

Среди родов ведущее положение занимают *Trifolium* (5 видов); *Vicia* (4 вида); *Artemisia*, *Carex*, *Galium* (по 3 вида). Остальные 60 родов представлены от 1 – 2 видов.

Изучение эколого-ценотической структуры флоры также является важной составной частью флористического анализа, так как позволяет определить их генезис на отдельно взятых участках.

Исходя из ценотической принадлежности видов к тому или иному экотопу, виды были разделены на 6 эколого-ценотических групп – бореальные, неморальные, нитрофильные, боровые, лугово-степные и водно-болотные. Среди выявленных видов большая доля – 71,1%, приходится на лугово-степные, предпочитающие произрастать как на лесных опушках, так и на открытых местообитаниях (Md). Виды широколиственных лесов (Nm) составляют 8,4%, процентов больше от предыдущего занимают виды, произрастающие преимущественно в условиях типа А (Pn) – 9,6%, и почти в два раза меньше от доли видов сосновых лесов, приходится на виды темнохвойных лесов (Br) – 4,8%. Совсем незначительную долю в общем списке составляют виды развивающиеся в условиях хорошего увлажнения и богатого почвенного питания Nt и Wt – 3,6% и 2,4% соответственно.

Параллельно с разработкой эколого-ценотической структуры флоры проводилась и ее экологическая оценка. Поскольку обеспечить такую оценку с помощью инструментальных методов, лабораторных анализов данных невозможно, то нами был сделан упор на метод фитоиндикации.

Методика фитоиндикации основывалась на использовании экологических амплитуд видов с учетом их количественного определения в ценозах относительно различных экофакторов, отраженных в виде соответствующих шкал, в нашем случае экологическими индикаторами среды выступили такие факторы как: освещенность, температура и богатство почвы азотом.

Так наибольшая доля видов приходится на группу светолюбивых растений – сциогелиофитов (более 60%). Среди них: *Pimpinella saxifraga L.*, *Pilosella officinarum L.*, *Knautia arvensis L.* и др. По-видимому это связано с тем, что большинство трансект представляют собой открытые пространства. Наименьшую долю составляют растения полного света (ультрагелиофиты – в среднем 6,8%, *Oenothera rubricaulis L.*, *Euphorbia virgata L.* и др.) и растения тени – сциофиты (3%): *Luzula pilosa L.* и др.

По отношению к температурному фактору во флоре сосудистых растений доминируют виды умеренно-теплых местообитаний (около 30%) - *Tanacetum vulgare L.*, *Galium mollugo L.*, *Artemisia campestris L.* и др. Гораздо меньшую амплитуду в отношении температурного фактора имеют высокогорные (*Geum rivale L.*, *Equisetum arvense L.*) и субсредиземноморские (*Oenothera rubricaulis L.*) виды – 3,6% и 3,2% соответственно.

По отношению к богатству субстрата минеральными элементами, флора сосудистых растений представлена в основном мегамезотрофной группой (19,7% - *Phleum pratense L.*, *Dactylis glomerata L.*, *Festuca pratensis L.*). Группа олиготрофов составляет 17,7% - *Dianthus deltoides L.*, *Jasione montana L.*, *Potentilla argentea L.*), мезотрофы (9,2% - *Campanula patula L.*, *Achillea millefolium L.*, *Senecio jacobaea L.*, *Leontodon autumnalis L.*), мезоолиготрофы (9,4% - *Carex leporina L.*, *Leucanthemum vulgare L.*). Совсем незначительная доля приходится на виды с крайне узкой амплитудой в отношении данного фактора среды, это нитрофилы – 2,9% и ультраолиготрофы – 1,4%.

Таблица – Средневзвешенные показатели экологических факторов для прилегающих участков леса, баллы по шкалам Х.Элленберга.

Синфитоиндикационная оценка (балл)	Тип прилегающего участка леса				
	Сосняк мшистый	Березняк кисличный	Березняк орляковый	Ольшанник кисличный	Березняк орляковый
Освещенность	8,5	2,9	9	9	8,5
Температура воздуха	4,8	8,9	5,3	9,3	7,4
Богатство почвы азотом	6,7	9	8,3	9	9

Приведенные в таблице сведения наглядно отображают экологические особенности сложившегося напочвенного покрова. Так амплитуда ведущих экологических факторов для выявленных видов следующая: показатели режима освещенности составили в среднем (в баллах) – от 2,9 (для растительных сообществ «исходящих» от прилегающего участка леса – березняка кисличного), до 8,7 (для растительных сообществ «исходящих» от прилегающего участка леса – сосняка мшистого, березняка орлякового и ольшаника кисличного). Показатели температуры характеризуются в среднем: от 5,05 (для растительных сообществ «исходящих» от прилегающего участка леса – сосняка мшистого, березняка орлякового) до 8,5 (для растительных сообществ «исходящих» от прилегающего участка леса – березняка кисличного и орлякового; ольшаника кисличного); и богатства почв азотом в местообитаниях растительных групп колеблется от 6,7 до 8,8.

Составленная подобным образом экологическая оценка флористического состава позволила получить хоть и относительные, но в своем роде важные данные для создания реперных точек, с целью их сопоставления с показателями других подобных участков.

Таким образом, проведенный анализ флористического состава показал, что сложившаяся ситуация, обусловлена устойчивой выраженной восстановительной динамикой как луговых (71,1% видов), так и лесных экосистем, которые индицируются хоть и не высокой долей (22,8%) лесных видов.

Список литературы

1. Гельтман В.С., Долбик М.С. // Березинский биосферный заповедник Белорусской ССР Оргкомитет I Международного конгресса по биосферным заповедникам. Минск: Ураджай, 1983. – 243 с.
2. Каштальян А.П., Кудин М.В. Из истории антропогенного воздействия на природные экосистема Березинского биосферного заповедника (до организации и на начальном этапе его существования): теория и практика комплексных исследований природных систем. История, современность, перспективы: Третьи международные чтения памяти Н.М. Пржевальского. Смоленск, 2012.
3. Положение о Березинском биосферном заповеднике (Указ Президента Республики Беларусь 9 февраля 2012 г. № 59 «О некоторых вопросах развития особо охраняемых природных территорий»).

МЕТОД ОПИСАНИЯ МОЗАИЧНОСТИ ЛУГОВО-СТЕПНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ НА ПРИМЕРЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ СКЛОНОВ ОСТЕПНЕННОЙ БАЛКИ УЧАСТКА «ОСТРАСЬЕВЫ ЯРЫ» ЗАПОВЕДНИКА «БЕЛОГОРЬЕ»

Е.А. Ершова

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ботанический институт им. В.Л. Комарова Российской академии наук (БИН РАН); Санкт-Петербург, Россия, e-mail: lenaerschova.bin@yandex.ru

В статье рассматривается методика описания лугово-степных растительных сообществ. Приведена краткая характеристика мозаичности сообществ участков, расположенных на склонах полярной экспозиции в пределах остепненной балки участка «Острасьевы Яры» заповедника «Белогорье».

Фитоценоз – один из основных объектов геоботанических исследований – представляет собой участок растительности, устроенный по определенному закону, отличающемуся от законов соседних контуров. При этом фитоценоз может являться мозаичным, а элементы мозаики либо распределены диффузно, либо формируют определенный рисунок. Мозаичность растительных сообществ показана в работах многих авторов [1; 2; 3; 4; 5; 7]. Среди основных причин горизонтальной расчлененности выделяют фактор неоднородности среды, а также факторы, обусловленные разрастанием и взаимодействием особей растений [8]. В приделах одной балочной системы микроклимат значительно варьирует в зависимости от экспозиции крутизны склона, а также от положения на склоне [6].

Растительность луговых степей отличается полидоминантностью, высокой видовой насыщенностью и сложной пространственной структурой. В связи с этим выявление неодно-

родности таких сообществ представляется достаточно сложной задачей, для решения которой был использован метод описания ключевых участков с помощью регулярной сетки площадок. Описание растительности в этом случае проводится с помощью учета обилия всех видов (проективного покрытия) внутри одинаковых площадок площадью 0,25 м², расположенных на трансектах через равные расстояния (1 м) от вершины к подножью склона. В свою очередь трансекты закладываются на том же расстоянии в 1 м друг от друга. Для целей исследования длины трансект варьируют на разных участках в зависимости от высоты склона. Такая частота расположения площадок позволяет достаточно точно оценить строение растительности в каждой точке ключевого участка и выявить ее постепенные изменения на градиенте экологических условий. Таким образом описать неоднородность растительного покрова на внутриценотическом уровне можно с помощью выделения в пределах фитоценоза смежных замкнутых контуров, внутри которых покрытие отдельных видов выше, чем в целом на участке, т.е. пятен доминирования.

Работа проводилась в июне-июле 2016 года в Государственном природном заповеднике «Белогорье», участок «Острасьевы Яры». Ключевые участки были заложены на склонах полярной экспозиции от бровки склона до тальвига балки. Для описания более высоких южных склонов длины трансект составляли по 25 м, для менее высоких северных склонов – 15 м. Число трансект одинаково для всех участков и равнялось восьми, независимо от высоты склона.

Для примера рассматривается картина мозаичности, полученная с помощью данного метода, для двух ключевых участков. Участок, заложённый на слабо вогнутом склоне южной экспозиции (рисунок 1), занимает площадь 200 м². В верхней части склона в основном развиваются такие виды как *Salvia nutans* (проективное покрытие 31%), *Elytrigia intermedia* (23%) и *Chamaecytisus austriacus* (16%). В числе содоминантов присутствуют такие злаки как *Bromopsis inermis* (7%) и *Festuca valesiaca* (7%). Среди видов разнотравья наиболее представлены *Achillea millefolium* (3%), *Salvia nemorosa* (2%) и *Stachys recta* (2%). Относительную однородность нарушают крупные экземпляры *Verbascum lychnitis*, *Asparagus officinalis* и *Phlomis pungens*, однако они не формируют отдельных пятен, а покрытие каждого из этих видов не превышает 1%. Нижнюю часть склона можно разделить на два продольно расположенных контура. В части участка, приуроченного к выположенной боковым отвершком части склона, в равной степени представлены корневищные злаки *Elytrigia intermedia* и *Bromopsis inermis*. К числу содоминантов можно отнести *Phlomoidea tuberosa* (14%). Высокое покрытие также имеют *Festuca valesiaca* (6%) и *Thalictrum minus* (5%). На более пологой части в основном разрастается пырей (49%), другие виды здесь гораздо менее обильны: *Festuca valesiaca* (6%), *Phlomoidea tuberosa* (5%), *Galium verum* (4,5%), *Fragaria viridis* (3,5%), *Bromopsis inermis* (2,5%) и др.

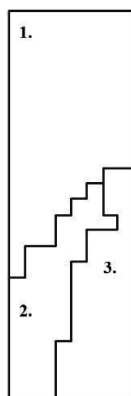


Рисунок 1 – Пространственная структура участка на склоне южной экспозиции. Пятна доминирования обозначены цифрами. 1 – пятно с доминированием *Salvia nutans*, *Elytrigia intermedia*. 2 - *Elytrigia intermedia* и *Bromopsis inermis*. 3 - *Elytrigia intermedia*.

Для оценки различий выделенных контуров были использованы коэффициенты флористического и фитоценотического сходства – коэффициент Жаккара и коэффициент Глисона (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнение пятен доминирования участка на склоне южной экспозиции коэффициентом Жаккара (верхняя часть таблицы) и коэффициентом Глисона (нижняя часть таблицы), %.

№ контура	1	2	3
1		41	38
2	48		55
3	45	58	

Участок, расположенный на склоне северной экспозиции, имеет площадь 120м². Пространственная структура данного участка показана на схеме (рисунок 2). Непосредственно у бровки склона идет разрастание корневищного злака *Bromopsis inermis* (проективное покрытие 55%). Помимо костреца здесь также развиваются *Dactylis glomerata* (4%) и *Festuca valesiaca* (4%). Из видов разнотравья здесь наиболее обильны *Thalictrum minus* (6%), *Filipendula vulgaris* (5%), *Salvia pratensis* (5%). Ниже по склону растительность более разрежена и характеризуется развитием большого числа видов, среди которых нет явных доминантов. В основном это виды разнотравья, такие как *Fragaria viridis* (6%), *Filipendula vulgaris* (5%), *Salvia pratensis* (5%), *Silene nutans* (5%), *Galium verum* (4,5%), *Agrimonia eupatoria* (4%), и злаки - *Dactylis glomerata* (10%), *Festuca valesiaca* (6%), *Stipa capillata* (2%). Также к средней-нижней части склона приурочено пятно с большим обилием типчака (*Festuca valesiaca*, 19%). В нижней части склона резко возрастает покрытие *Sanguisorba officinalis* (17%).

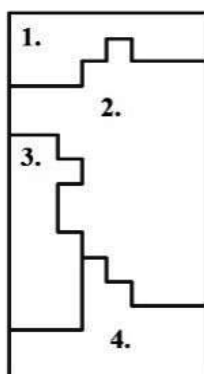


Рисунок 2 – Пространственная структура участка на склоне северной экспозиции. Пятна доминирования обозначены цифрами. 1 – пятно с доминированием *Bromopsis inermis*. 2 - *Fragaria viridis*, *Dactylis glomerata*, *Filipendula vulgaris*, *Salvia pratensis*. 3 - *Festuca valesiaca*. 4 - *Sanguisorba officinalis*.

Сравнение растительности выделенных контуров с помощью коэффициентов общности показаны в таблице (таблица. 2.). Наименее сходна с другими пятнами растительность верхней части склона как по видовому составу, так и фитоценотически. Растительный покров средней – нижней части склона менее гетерогенен, хотя полного совпадения как видового состава, так и состава доминантов нет.

Таблица 2 – Сравнение пятен доминирования участка на склоне северной экспозиции коэффициентом Жаккара (верхняя часть таблицы) и коэффициентом Глисона (нижняя часть таблицы), %.

№ контура	1	2	3	4
1		44	50	45
2	35		71	74
3	33	70		
4	28	69	62	

Список литературы

1. Василевич В.И. Пространственная однородность растительного покрова и методы её оценки // Бот. журн. – 1976 – Т. 55. – С. 313-386.
2. Голубев В. Н. Об элементарной структурной единице растительных сообществ// Мозаичность растительных сообществ и ее динамика (Доклады на симпозиуме). – Владимир, 1970. – С. 83-85.
3. Ипатов В.С., Кирикова Л.А. Статистический анализ квантованности растительного покрова // Бот. журн. – 1983 –Т. 70, №2. – С.255-261.
4. Лавренко Е. М. Микрокомплексность и мозаичность растительного покрова степей как результат жизнедеятельности животных и растений // Труды Ботанического института им. В. Л. Комарова АН СССР. Сер. III (геоботаника)–1952 - вып. 8. – С. 295-322.
5. Ниценко А.А. Исследования структуры и строения растительного покрова. Л., 1973. – 285 с.
6. Романова Е.Н. Микроклиматическая изменчивость основных элементов рельефа. Гидрометиздат: 1977. – 278 с.
7. Сушина Р. Е. О некоторых методах изучения мозаичности луговых сообществ// Мозаичность растительных сообществ и ее динамика (Доклады на симпозиуме). – Владимир, 1970. – С. 305-322.
8. Ярошенко П.Д. Горизонтальное расчленение растительных сообществ //Вопросы ботаники – 1960 – Вып.3. – С. 101-103.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КАРКАС БАСЕЙНА РЕКИ СВЯГИ

Д.А. Фролов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова»; Ульяновск, Россия,
e-mail: froloka-daniil@yandex.ru

В статье рассматривается экологический каркас бассейна реки Свияги, созданный на основе изучения его флоры сосудистых растений данные. Дается описание ключевых участков – ядер в структуре каркаса, с обоснованием причин их выделения. Так же в статье приводятся данные о существующей системе особо охраняемых территорий объекта исследования и перспективных участках, рекомендованных к включению в сеть существующих ООПТ бассейна реки Свияги, для сохранения биоразнообразия региона.

Поддержание экологического равновесия любой природной экосистемы основано на её способности к самовосстановлению. Однако в условиях усиливающегося антропогенного прессинга такие способности не безграничны. В связи с этим важнейшей природоохранной задачей становится предотвращение деградации экосистем выше допустимого уровня. Одним из ведущих методических приемов определения экологического потенциала территории является концепция экологического каркаса, под которым в общем случае понимается система наиболее ценных по своим природным характеристикам участков территории. Вслед за Н.Ф. Реймерсом [9], мы рассматриваем экологический каркас как систему ранжированных по степени экологического значения, переходящих друг в друга природных участков – «ядер», «коридоров», «буферных зон», неразрывно связанных друг с другом. При этом, функционирование взаимосвязей между ними – главное условие поддержания естественного экологического равновесия территории, выполнение ими средообразующих функций.

В качестве объекта исследования был выбран бассейн р. Свияги, как типичный природный выдел, расположенный в зоне активного антропогенного воздействия на экосистемы Приволжской возвышенности. Административно территория бассейна принадлежит 2 субъектам Российской Федерации – Ульяновской области и Республике Татарстан.

В пределах бассейна, на основании имеющихся материалов [1-8] и данных собственных флористических исследований были выделены, по общепринятым методикам участки, выполняющие функции ядер, или зон экологической стабилизации [10]. В их состав включены как уже существующие ООПТ (в основном региональные памятники природы и заказники), так и перспективные участки, выделенные в ходе собственных флористических исследований и необходимые для эффективной охраны флоры в рамках создаваемого экологического каркаса бассейна Свияги.

Ядро №1. Расположено в верховьях р. Свяги на территории Кузоватовского района Ульяновской области. Ядро представлено двумя участками – истоком *р. Свяги* и *озером Зотово* с прилегающими территориями. Собственно указанные участки являются сосредоточением флористического и ценотического разнообразия верхней части бассейна.

Исток Свяги, памятник природы, расположен в 5 км к юго-западу от села Кузоватово (Ульяновская область), на возвышенности занятой высокоствольным сосняком.

Роль участка, в составе ядра объясняется ландшафтной целостностью истока и прилегающих к нему территорий, сохранностью эталонных сосновых лесов-зеленомошников, присутствие во флоре реликтовых (*Festuca altissima*, *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*), охраняемых (*Neottinanthus cucullata*, *Phegopteris connectilis*, *Pyrola minor*) и редких (*Calla palustris*, *Cystopteris fragilis*, *Gymnocarpium dryopteris*, *Hypopitys monotropa*, *Neottia nidus-avis*, *Platanthera bifolia*, *Pyrola rotundifolia*, *Pyrola chlorantha*, *Viola montana*, *Primula veris*) видов растений, в том числе новых для Ульяновской области флористических находок – *Alchemilla propinqua* и *Viola selkirkii*.

Второй участок – природный памятник **Озеро Зотово** с прилегающими территориями, находится в 4,5 км северо-западнее с. Коромысловка. Территория включает в себя озеро зарастающее прибрежно-водной растительностью, окруженное коренными сосновыми и сосново-широколиственными лесами.

Значение озера в ядра объясняется его водоохранной ролью, сохранностью типичных луговых, прибрежно-водных и лесных сообществ, произрастанием редких (*Platanthera bifolia*, *Pyrola rotundifolia*, *Pulsatilla patens*) и охраняемых (*Utricularia vulgaris*) видов растений.

Ядро №2. Находится в центральной части бассейна, включает преимущественно участки типичных луговых, болотных и прибрежно-водных ценозов. Центрами сохранения биологического и ландшафтного разнообразия ядра служат – природный комплекс **экологический парк «Черное озеро»**, расположенный в г. Ульяновске, **Брехово болото** близ р.п. Ишеевка Ульяновского района и **рябчиковый луг** близ с. Арбузовка Цильнинского района.

«Черное озеро», памятник природы, – природный ландшафтный комплекс, расположенный в центре города Ульяновска, включает в себя пойменное старичное озеро – Черное, левобережный участок речной долины и акватории р. Свяги с островами.

Во флоре экопарка зарегистрировано более 430 видов сосудистых растений из 262 родов и 77 семейств, что составляет третью часть флористического разнообразия бассейна р. Свяги.

Значимость экопарку придают растения, относящиеся к категории охраняемых (*Cypripedium calceolus*, *Listera ovata*, *Dactylorhiza fuchsii*, *Equisetum ramosissimum*) и редких (*Leersia oryzoides*, *Elymus fibrosus*, *Utricularia vulgaris*).

Рябчиковый луг в окрестностях села Арбузовка (памятник природы). Сохранившийся участок расположен в 2 км восточнее с. Арбузовка Цильнинского района Ульяновской области в среднем течении р. Свяги.

Ценность луга заключается в хорошей сохранности луговых и прибрежно-водных сообществ; наличием на территории крупной популяции *Fritillaria meleagroides*; произрастанием редких видов растений (*Artemisia abrotanum*, *Helictotrichon schellianum*, *Salix starkeana*), в том числе нового для Ульяновской области вида – *Ranunculus schennikovi*.

Болото Брехово, памятник природы, расположено в левобережной пойме р. Свяги (среднее течение) в 1,5 км к западу от р.п. Ишеевка Ульяновского р-на Ульяновской области.

Среди причин, по которым болото Брехово включено в состав ядра экологического каркаса бассейна следующие – ландшафтная ценность, богатый флористический состав (170 видов сосудистых растений) с редкими (*Inula helenium*, *Leersia oryzoides*, *Valeriana officinalis*) и охраняемыми (*Althaea officinalis*,) видами растений.

Ядро №3. Расположено на юго-востоке Буинского района республики Татарстан в долине р. Свяга. В границах ядра находится **Государственный природный заказник регионального значения комплексного профиля «Зяя буйлары»**.

В ландшафте территории значительные площади занимают пойменные луга, хорошо развита система стариц и озёр.

Флористическое разнообразие представлено 190 видами растений, из которых 4 вида (*Bromopsis riparia*, *Cucubalis baccifer*, *Nuphar lutea*, *Senecio schvetzovii*) нуждаются в постоянном контроле и наблюдении в природной среде, 17 – редкие и исчезающие, занесенные в Красную книгу Республики Татарстан [5].

Территория заказника в составе ядра и экологического каркаса бассейна в целом играет заметную роль в сохранении флористического, ценотического и ландшафтного разнообразия района исследования.

Ядро №4. Включает правобережье р. Свияги в её нижнем течении, вместе с бассейнами её малых притоков – Бирли и Кубни на территории Кайбицкого и Верхнеуслонского районов Республики Татарстан. В пределах ядра насчитывается 5 памятников природы регионального значения, из которых наибольший интерес в плане флористических исследований представляют: естественный реликтовый лесной массив из дуба (памятник природы Кайбицкие дубравы), *участок поймы рек Кубни и Свияги, озерный комплекс у пос. Новое Патрикеево* Кайбицкого района Республики Татарстан. Указанные участки играют ведущую роль в сохранении ландшафтного и флористического разнообразия нижней части Свияжского бассейна, участвуют в поддержании устойчивости речного и подземного стоков.

Коридоры и буферные зоны, согласно концепции экологического каркаса, представляют собой непрерывные линейные структуры, служащие своеобразными мостами для перехода и миграции биологических видов между ядрами каркаса. Такая функция в каркасе бассейна принадлежит долинам крупных и средних рек, некрупным лесным массивам, идущим в разных направлениях преимущественно через распаханые территории.

Помимо ядер, коридоров и буферных зон в бассейне р. Свияги были выделены перспективные участки (в количестве 5) – резерваты редких и охраняемых видов растений. Их выделение вытекает из необходимости «усиления» экологического каркаса бассейна, путем увеличения числа охраняемых территорий. В настоящее время сеть ООПТ бассейна насчитывает 17 памятников природы ботанического профиля, 1 палеоботанический памятник общероссийского значения, комплексный государственный заказник («Зея буйлары»), а также зеленые зоны городов и районных центров, общей площадью 791 км², что составляет 4,3% от площади бассейна. Она охватывает чуть более половины нуждающихся в охране видов растений (117 видов; 65%). Однако, большинство экотопов этих видов, часто более многочисленные на территориях не входящих в систему ООПТ.

При реализации наших предложений по расширению сети ООПТ бассейна р. Свияги, на охраняемых территориях окажется ещё 32 вида (17,7%) из списка редких, уязвимых и подлежащих охране видов сосудистых растений. Однако, следует учесть, что ещё 31 вид не попал в сеть существующих и перспективных ООПТ, поэтому работа по выявлению новых участков с раритетными видами флоры на территории бассейна будет продолжена.

В целом, современное состояние флоры бассейна р. Свияги таково, что необходимы дополнительные меры по сохранению и восстановлению её видового разнообразия.

Сохранение видов невозможно без создания эффективно организованной репрезентативной сети ООПТ в структуре экологического каркаса бассейна, где охраняемые, редкие, эндемичные и реликтовые виды растений нормально существовали бы в составе типичных растительных группировок и сообществ, сохранение которых необходимо для поддержания динамического равновесия природных экосистем.

Представленный в статье, разрабатываемый автором экологический каркас создает хорошие предпосылки для сохранения биоразнообразия региона и способствует поддержанию природного потенциала бассейна р. Свияги.

Список литературы

1. Бакин О.В., Рогова Т.В., Ситников А.П. Сосудистые растения Татарстана. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2000. – 496 с.

2. Благовещенский В. В., Раков Н.С., Шустов В.С. Редкие и исчезающие растения Ульяновской области. Саратов: Приволжское книжное издательство, 1989. – 96 с.
3. Благовещенский В.В., Раков Н.С. Конспект флоры высших сосудистых растений Ульяновской области. Ульяновск, 1994. – 116 с.
4. Благовещенский В.В., Раков Н.С. Реликтовые и эндемичные растения во флоре Ульяновской области // Природа Симбирского Поволжья: Сб. науч. трудов. Вып. 1. Ульяновск: УлГТУ, 2000. С. 62-67.
5. Красная книга Республики Татарстан (животные, растения, грибы). Издание второе. Казань: Изд-во «Идель-Пресс», 2006. – 832 с.
6. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 855 с.
7. Красная книга Ульяновской области. Ульяновск: Издательство «Артишок», 2008. – 508 с.
8. Особо охраняемые природные территории Ульяновской области / Под ред. В.В. Благовещенского. Ульяновск: Дом печати, 1997. – 184 с.
9. Реймерс Н.Ф. Природопользование. Словарь-справочник. М.:Наука, 1990. – 638 с.
10. Ямашкин А.А. Физико-географические условия и ландшафты Мордовии. Саранск: Изд-во Мордов. Ун-та, 1998. – 156 с.

ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА РАСТЕНИЯ

С.О. Гапоненко

Государственное научное учреждение «Институт радиобиологии Национальной академии наук Беларуси»;
Гомель, Беларусь, e-mail: ma2856@mail.ru

В статье представлены краткие сведения о классификации электромагнитного излучения (ЭМИ). Также представлен обзор статей по тематике влияние электромагнитного излучения на растительные организмы, ответные реакции растений на данное воздействие. Проведён краткий анализ статей. Приведены наиболее значимые результаты исследований в данной области. Сделаны выводы о действии ЭМИ на разные виды растений.

Одним из приоритетных направлений в науке, направленных на поиск новых технологий для растениеводства, является изучение и практическое применение электромагнитного излучения. Преимуществом использования этого физического фактора является его экологическая чистота и технологичность, малая энергоёмкость по сравнению с повышением показателей растений.

Электромагнитное излучение (ЭМИ) – это распространяющееся в пространстве возмущение электрических и магнитных полей.

В настоящее время ЭМИ активно применяется в различных отраслях: медицина, сельское хозяйство, зоологические науки, биология, биотехнология, химия и др. Описано влияние на различные физиологические процессы: клеточное деление, морфологические признаки, скорость роста, выход биомассы, ферментативную активность [1, 6, 7].

Огромный вклад в изучение действия ЭМИ на растения внесла М.И. Калье. В работе по изучению влияния крайне высокочастотного излучения на морфофизиологические параметры зерновых [9] было показано разнонаправленное действие ЭМИ. Для эксперимента использовались несколько культур зерновых. В ходе исследований было показано, что при одинаковом режиме облучения ЭМИ разные культуры дают различные ответные реакции - в одном случае это стимуляция ростовых и жизненных процессов, в другом случае – угнетение.

Также ЭМИ оказывало разнонаправленное действие на физиологические и биохимические процессы. В ходе опыта было отмечено общее снижение активности амилаз у всех культур при облучении ЭМИ. Однако, отдельный анализ α - и β -амилаз показал, что при определённых условиях облучения идёт угнетение активности одних ферментов и активация других, и наоборот.

В отношении протеаз было показано, что у одних культур облучение ЭМИ при одном режиме экспозиции вызывает повышение активности щелочных протеаз и угнетение активности кислых протеаз, у других культур – те же самые режимы вызывают обратный эффект.

Определение активности каталазы и пероксидазы после облучения различными режимами ЭМИ показало определённую закономерность – чем выше время экспозиции, тем больше данных ферментов накапливается в семенах, и тем выше их активность.

В статье [8] по изучению влияния КВЧ-диапазона на семена пивоваренного ячменя сорта «Джин», автором были установлены чёткие закономерности – при длительном облучении семян их всхожесть и энергия прорастания уменьшается пропорционально времени облучения.

Однако, ЭМИ не всегда может вызывать разнонаправленные эффекты у растений от облучения. Коллективом авторов, во главе с Ж. Э. Мазец были показаны первичные реакции семян люпина узколистного на магнитное излучение, происходящие в оболочках семени [10]. В результате облучения семян ЭМИ сверх высокочастотного диапазона, авторами были получены данные о снижении всхожести всех вариантов опыта по сравнению с контролем. Дальнейшая микроскопия набухших семян показала морфологические изменения, происходящие во всех отделах семени, в результате которых, возможно, и снизилась всхожесть семян в экспериментах. Наблюдалось изменение строения в покровных тканях семени, разрыхлялись и становились более проницаемыми нижележащие ткани семян. Наблюдалось изменение и в микропиле.

В похожей работе [3] было показано влияние электромагнитного излучения на прорастающие семена и активность амилаз в семенах люпина узколистного.

В результате полученных данных, было установлено разнонаправленное действие ЭМИ на прорастающие семена и активность ферментов. В зависимости от времени экспозиции и частоты излучения были получены данные как об активации ферментов по сравнению с контролем, так и об ингибировании их активности.

Использование электромагнитного облучения находит своё применение не только в пищевой и сельскохозяйственной промышленности. Ведутся работы по применению ЭМИ для улучшения качества лекарственных средств растительного происхождения.

В работе, выполненной в БГПУ им. Танка совместно с Центральным ботаническим садом НАН Беларуси, был поставлен эксперимент по предпосевной обработке семян Melissa лекарственной, алтея лекарственного и календулы лекарственной [4].

В ходе эксперимента семена обрабатывали ЭМИ с различными длинами волн и экспозицией. В дальнейшем, семена высаживали в грунт. В растениях определяли содержание аскорбиновой кислоты, флавонолов, лейкоантоцианов, катехинов и фенольных соединений. Также определялась полевая всхожесть.

В отношении календулы было установлено, что одни режимы облучения снижали полевую всхожесть, другие же наоборот, стимулировали ростовые процессы и повышали всхожесть семян.

Определение фенольных веществ у Melissa лекарственной до фазы бутонизации показало повышение их количества на 8,1% по сравнению с контролем. Увеличение катехинов и лейкоантоцианов было на 6,4% по сравнению с контролем. У цветущих растений показатель фенольных соединений превышал контрольные показатели на 48,3%.

В отношении алтея были выявлены повышенные показатели фенольных соединений до фазы бутонизации. Увеличение составило 51,8% от контроля. Влияние ЭМИ на накопление катехинов и лейкоантоцианов в листьях алтея авторами выявлено не было.

В ходе опыта достоверно удалось определить повышение содержания аскорбиновой кислоты в листьях алтея лекарственного на 72,2% по сравнению с контролем. Тогда как изменение содержания аскорбиновой кислоты в листьях Melissa у экспериментальных растений не отличалось от контроля [4].

Опыты по облучению разными режимами ЭМИ СВЧ-диапазона календулы лекарственной [11] показали, что режим с частотой 64,0–66,0 ГГц и экспозицией 12 минут положительно влияет на ростовые показатели растений. Остальные режимы либо оказывали угнетающее действие на ростовые процессы растений, либо показатели, после их воздействия, оставались в пределах контроля.

Помимо облучения семян, в литературе встречаются данные об облучении воды с последующей обработкой этой водой семян [2]. Для опытов использовались семена пшеницы. Опыт состоял из трёх вариантов. Первый вариант – контроль, второй – облучали воду, затем в неё помещали предварительно замоченные в необлучённой воде необлучённые семена, третий – дополнительный контроль – облучались только семена, предварительно замоченные в необлучённой воде.

Число проросших семян как в опыте с облучённой водой, так и с облучёнными семенами было выше по сравнению с контролем на начальных этапах, что позволяет говорить о том, что облучённая вода также обладает стимулирующими свойствами, как и само облучение.

В литературе есть данные о сочетанном действии неионизирующего и ионизирующего излучений на растительные организмы [5]. В работе, выполненной в ГНУ «Институт радиобиологии НАН Беларуси» совместно с российскими коллегами из ООО «Инбиофарм» было показано положительное влияние ЭМИ на растительные организмы.

Материалом для исследования служили семена ячменя. Семена облучали гамма-излучением в дозах 2,5; 5,0 и 100 Гр. Затем семена проращивали. Часть облучённых семян и часть необлучённых семян проращивали в зоне воздействия ЭМИ, которое генерировалось установкой комплекса защиты и активации роста (КЗАР) «Аэротон». Далее проводилась оценка лабораторной всхожести семян, энергии прорастания.

В ходе эксперимента были получены данные о том, что электромагнитное излучение данной установки оказывает положительное влияние как на необлучённые растения, так и на растения, которые подверглись гамма-облучению.

Было установлено, что действие ЭМИ установки КЗАР «Аэротон» на растения, подвергшиеся гамма-облучению в дозе 2,5 и 5,0 Гр, оказывает сочетанное положительное действие, что выражается в повышении энергии прорастания, всхожести и повышении общих жизненных сил растений.

Проанализировав результаты, приведённые в статьях, можно сделать выводы о том, что электромагнитное облучение растений является стрессорным фактором для них, который в зависимости от длины волны и экспозиции, а также вида растения, будет оказывать либо стимулирующее действие, либо будет угнетающе действовать на растение.

Также стоит отметить видоспецифический характер воздействия ЭМИ. Для одного вида растений определённый режим облучения может оказывать стимулирующее действие, тогда как для другого вида этот же режим будет действовать угнетающе. Учитывая это, режимы облучения растений, с целью стимуляции их морфофизиологических показателей или же наоборот – ингибирования отдельных ферментов, должны подбираться для каждого вида индивидуально.

Список литературы:

1. The growth and biochemical responses on *in vitro* cultures of *Oncidium tuka* orchid to electromagnetic field / Maziah Mahmood, Ooi Bee Bee1, Tengku Mahmud, Sreeramanan Subramaniam // Australian Journal of Crop Science. – 2011. – Vol. 5 (12). – С. 1577-1587.
2. Влияние облучённой ЭМИ дистиллированной воды на растительные объекты / З. Х-М. Хашаев, А. Ф. Кожокару, Э. М. Шекшеев. // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – Вып. № 3. – Т. 13. – 1999. – С. 274-281.
3. Влияние низкоинтенсивного электромагнитного излучения на активность амилазы в проростках LUPINUS ANGUSTIFOLIUS L / Ж.Э. Мазец [и др.] // Труды белорусского государственного университета. Физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем: в 11 т. – 2013. – Т. 8, ч. 2. – С. 96-102
4. Влияние электромагнитного излучения на качество лекарственного сырья / Ж. Э. Мазец [и др.] // Актуальные проблемы сельскохозяйственной биотехнологии: сб. науч. ст./Отв. Ред. Т. И. Епишко: – Пинск, ПолескГУ - 2012. – С. 120-134.
5. Влияние электромагнитного и ионизирующего излучения на прорастание ячменя / Н. В. Шамаль [и др.] // Радиобиология = Radiobiology: минимизация радиационных рисков: материалы междунар. науч. конф. (29–30 сент. 2016, г. Гомель) / редкол.: И. А. Чешик (гл. ред.) [и др.]. – Гомель: ин-т радиологии, 2016. – 270 с.

6. Исследование влияния магнитообработанной воды на биологические объекты / М. Г. Барышев, С. С. Джимаков, А. М. Кадамша // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2008. – № 2. – С. 69-73.

7. Исследование влияния магнитообработанной воды на *Saccharomyces Cerevisiae* / М. Г. Барышев [и др.] // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2009. – № 2. – С. 22-25.

8. Калье, М. И. Влияние КВЧ-излучения миллиметрового диапазона на физиологические процессы прорастания семян пивоваренного ячменя / М. И. Калье // Вестник Нижегородского государственного университета им. Лобачевского. – 2010. – № 2(2). – С. 399-401.

9. Калье, М. И. Влияние КВЧ-излучения на морфобиологические показатели и активность ферментов прорастающих семян зерновых культур [Электронный ресурс] // Электрон. версия автореферата – 2016. – 10 февраля. – URL: <http://earthpapers.net/vliyanie-kvch-izlucheniya-na-morfobiziolicheskie-pokazateli-i-aktivnost-fermentov-prorastayuschih-semyan-zernovykh-kultury> (дата обращения: 10.02.2017).

10. Первичные реакции растений *LUPINUS ANGUSTIFOLIUS* L. на низкоинтенсивное электромагнитное воздействие / Ж. Э. Мазец [и др.] // Труды Белорусского Государственного Университета : в 11 т. – 2013. – Т. 8. – Ч. 2. – С. 90-95

11. Шиш, С. Н. Адаптивные реакции растений на низкоинтенсивное ЭМИ / С. Н. Шиш // XX Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Ломоносов-2013», Москва, 8–13 апреля 2013 г. – Москва, 2008. – С. 311.

ЛИШАЙНИКОВЫЕ СООБЩЕСТВА СОЮЗА *PARMELION CONSPERSAE* БАССЕЙНА Р. ТЕТЕРЕВ (УКРАИНА)

Н.В. Капец¹, И.В. Хомяк²

¹Институт ботаники им. М. Г. Холодного НАН; Киев, Украина, e-mail: kapets_n@ukr.net

²Житомирский государственный университет им. И.Франка; Житомир, Украина, e-mail: ecosystem_lab@ukr.net

*Впервые для территории Украины указано данные о распространении эпилитных лишайниковых ассоциаций *Aspicilietum cinerea* Frey 1922, *Parmelietum conspersae* Hilitzer 1925, *Parmelietum somloensis* V. Wirth 1995 союза *Parmelion conspersae* Nadac in Klika & Nadac 1944. Приведена характеристика района исследований, методический основы работы и краткие описания сообществ найденных на территории бассейна р. Тетерев.*

Река Тетерев – правый приток р. Днепр общей длиной 365 м и площадью водосборного бассейна 15100 км². Протекает на севере Украины. Бассейн реки расположен в северо-западной части Украинского кристаллического щита. В отличие от прилегающих территорий, здесь отмечается значительно меньшая болотистость и более высокий гипсометрический статус, абсолютная высота местами составляет 180–220 м. В пределах верхнего и среднего течения Тетерева часто встречаются выходы горных кристаллических пород. Обнажения образуют пороги, прибрежные скалы, а местами даже каньоны высотой до 30 м.. Истоки реки расположены на отрогах Волынского-Подольской возвышенности. Ландшафт территории преимущественно представлен зандровыми равнинами на кристаллическом фундаменте. В структуре почвенного покрова преобладают черноземы, лесные, дерново-подзолистые и дерново-оподзоленные почвы. Климат бассейна р. Тетерев умеренно-континентальный, среднегодовая температура + 6°С–+ 7°С, среднегодовое количество осадков составляет около 562 мм . [1, 2, 4]. Небольшой участок верхнего течения бассейна р. Тетерев расположен в пределах Восточноевропейской лесостепной провинции дубовых лесов, остепенённых лугов и лучных степей, Украинской степной подпровинции, тогда как большая часть бассейна – Полеская геоботаническая подпровинция. [3].

Синтаксономия лишайниковых сообществ – сравнительно новое и весьма перспективное направление для Украины. Основателем фитоценологического подхода к изучению лишайникового покрова в Украине является знаменитый лихенолог А.Н. Окснер, именно он ещё в 1927 г. описал несколько эпилитных лишайниковых сообществ [7]. К большому сожалению, в последующие годы эта тема не нашла должного продолжения в работах украинских учёных. Информация о распространении на территории Украины нескольких лишайниковых

сообществ также упоминается О. Клементом в «Prodromus der mitteleuropaischen Flechtengesellschaften» [12]. В 2000-х годах О.Е. Ходосовцевым с коллегами опубликовано несколько статей посвящённых лишайниковым сообществам южных областей Украины и равнинной части АР Крым. Всего авторы впервые для Украины приводят десять лишайниковых ассоциаций [9, 10, 11]. Следует заметить, что в этих трудах, как и в трудах О. Клемента, использовано подходы школы Браун-Бланке. На протяжении 2013–2016 г. мы проводили исследования эпилитных лишайниковых сообществ бассейна р. Тетерев, в результате впервые для Украины зафиксировано распространение ассоциаций *Aspicilietum cinerea* Frey 1922, *Parmelietum conspersae* Hilitzer 1925, *Parmelietum somloensis* V. Wirth 1995, которые принадлежат к союзу *Parmelion conspersae* Nadac in Klika & Nadac 1944. Следует заметить, упомянутый союз также впервые приводится для территории Украины.

Всего за период проведения исследований составлено 302 фитоценологических описания, которые и стали материалом для классификации. В процессе составления описаний учтено проективное покрытие лишайников, мохообразных и свободноживущих эпилитных грибов. В процессе исследования мы использовали стандартную методику описания лишайниковых сообществ предложенную О. Клементом [12]. Сбор и определение лишайников проводились согласно классическим методикам [8]. Обилие видов определялось по шкале Braun-Blanquet [6]. База данных описаний создана в программе TURBOVEG 2.0. Классификация осуществлена с помощью пакета программ JUICE 7.0. Номенклатура синтаксонов высшего уровня приведены по современной иерархической системе классификации сосудистых растений, мохообразных, лишайников и водорослей [13]. Номенклатура таксонов лишайников, мохообразных и грибов указана согласно чеклисту мохообразных Украины и электронной базе данных Index Fungorum [1].

Ниже приводим описания ассоциаций и данные об их распространении на территории бассейна р. Тетерев.

Ассоциация *Aspicilietum cinerea* Frey 1922

Сын. *Aspicilia gibbosa*-Ges. Mattick 1937, *Lecanoretum sordidae* Hilitzer 1936, *Candelariellum vitellinae* Motyka 1925, *Lecanora polytropa*-Gesellhaft Mattick 1937. Rlement 1931, *Aspicilia cinerea*-Ass. Hilitzer 1927.

Диагностические виды: *Aspicilia cinerea*, *Circinaria caesiocinerea*, *Circinaria gibbosa*, *Lecanora rupicola*.

Константные виды: *Acarospora fuscata*, *Aspicilia cinerea*, *Candelariella vitellina*, *Lecidea fuscoatra*, *Polysporina simplex*, *Protoparmeliopsis muralis*.

Доминирующие виды: *Acarospora fuscata*, *Aspicilia cinerea*, *Candelariella vitellina*, *Lecidea fuscoatra*, *Polysporina simplex*, *Protoparmeliopsis muralis*.

Бореально-средиземноморское сообщество эпилитных лишайников на хорошо освещенных богатых питательными веществами магматических горных породах.

Ассоциация маловидовая (3–14 видов в описании), проективное покрытие лишайников достаточно высокое (колеблется в пределах 70–99%). Мохообразные обычно встречаются редко и имеют незначительное проективное покрытие. В сообществе преобладают накипные виды лишайников. На обследованных участках проективное покрытие листоватых видов довольно низкое, не превышает 30%. Ассоциация распространена на поверхностях разной экспозиции и крутизны.

Ассоциация *Parmelietum conspersae* Hilitzer 1925

Диагностические виды: *Xanthoparmelia conspersa*

Константные виды: *Xanthoparmelia conspersa*, *Xanthoparmelia pulla*.

Доминантные виды *Xanthoparmelia conspersa*, *Lecidea fuscoatra*, *Protoparmeliopsis muralis*, *Rhizocarpon distinctum*.

Бореально-средиземноморское, субконтинентальное сообщество эпилитных лишайников на хорошо освещенных, богатых питательными веществами магматических горных породах. Ассоциация маловидовая (3–12 видов в описании), проективное покрытие лишайников достаточно высокое, составляет 70–98%, проективное покрытие мохообразных не превышает 2–30%

от общего проективного покрытия криптогамного блока. Минимальный ареал сообщества составляет 30 см². Распространено на поверхностях разной экспозиции и крутизны.

Ассоциация *Parmelietum somloensis* V. Wirth 1995

Syn.: *Parmelietum molliusculae* Gams 1927, *Parmelietum stenophyllae* Gams ex Klem. 1955, *Parmelietum taracticae* Klem. 1955)

Диагностические виды: *Xanthoparmelia somloensis*.

Константные виды: *Xanthoparmelia somloensis*, *Xanthoparmelia conspersa*, *Protoparmeliopsis muralis*.

Доминантные виды: *Sarcogyne simplex*, *Xanthoparmelia somloensis*.

Бореально-средиземноморское, субконтинентальное сообщество эпилитных лишайников на хорошо освещенных, богатых питательными веществами магматических горных породах. Ассоциация маловидовая (включая 4–9 видов). Общее проективное покрытие лишайников достаточно высокое (колеблется в пределах 80–95%). Бриологический компонент не всегда представлен, его проективное покрытие в редко превышает 10% от общего проективного покрытия криптогамов. Распространена на поверхностях различной крутизны и экспозиции. В результате исследований на территории бассейна р. Тетерев выделено субассоциацию *Parmelietum somloensis* var. *Neofuscelia pulla*. Визуально субассоциация легко отличается за счет наличия хорошо развитых темных, буро-коричневых листоватых слоевищ *Xanthoparmelia pulla*.

Список литературы

1. Бойко М.Ф. Чекліст мохоподібних України / М.Ф. Бойко. – Херсон: Айлант, 2008. – 232 с.
2. Брадїс Є.М. Полїська підпровінція Є.М. Брадїс, Т.Л. Андриєнко. // Геоботанічне районування Української РСР. – К.: Наук. думка, 1977. – С. 73-136.
3. Дїдух Я. П. Геоботанічне районування України та суміжних територій / Я. П. Дїдух, Ю. Р. Шеляг-Сосонко // Укр. ботан. журн. – 2003. – 60, № 1. – С. 6-17.
4. Маринич А.М. Геоморфология южного Полесья / А.М. Маринич. – Киев: Изд-во Киевского ун-та, 1963. – 252 с.
5. Маринич А.М. Природа Украинской ССР. Ландшафты и физико-географическое районирование / А.М. Маринич, В.М. Пашенко, П.Г. Шищенко. / К.: Наук. думка. – 1985. – 224 с.
6. Миркин Б.М. Современная наука о растительности / Б.М. Миркин, Л.Г. Наумова, А.И. Соломещ. – М.: Логос, 2001. – 264 с.
7. Окснер А.М. До вивчення флори обрїсників кам'янистих виходів України / А.М. Окснер // Вісн. Київськ. Бот. саду. – 1927а. – Вип. 5-6. – С. 23-82.
8. Окснер А.Н. Определитель лишайников СССР (морфология, систематика и географическое распространение) / А.М. Окснер. Л.: Наука, 1974. – Вып. 2. – 287 с.
9. Ходосовцев О.Є. Endocarpo-Xanthocarpion tominii all. nov. та Caloplacetum albolutescentis ass. nov. – нові синтаксони лишайникових угруповань з лесових відслонень півдня України. / О. Є. Ходосовцев // Чорноморськ. бот. ж. – 2011. – 11 (3). – С. 317-326.
10. Ходосовцев О.Є. Епігейні угруповання лишайників Рівнинного Криму (Україна) / О.Є. Ходосовцев, О.В. Надєїна, Ю.А. Ходосовцева // Чорноморськ. бот. ж. – 2014. – 10 (2). – С. 202-223.
11. Ходосовцев О.Є. Лишайникові та мохові угруповання нижньодніпровських арен: синтаксономія та індикація дефляційних процесів / О. Є. Ходосовцев, М.Ф. Бойко, О.В. Надєїна, Ю.А. Ходосовцева // Чорноморськ. бот. ж. – 2011. – 7 (1). – С. 44-66.
12. Klement O. Prodromus der mitteleuropaischen Flechtengesellschaften / O. Klement. – Berlin: Fedde's Repert: spec. nov. rengi veget, 1955. – 5-194.
13. Mucina L. Vegetation of Europe: hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities / L. Mucina, H. Bülmann, K. Dierßen, J.P. Theurillat, T. Raus, A. Carni, K. Šumberová, W. Willner, J. Dengler, R. Gavilán, M. Chytrý, M. Hájek, R. Di Pietro, D. Iakushenko, J. Pallas, F.J.A. Daniëls, E. Bergmeier, A. Santos, N. Ermakov, M. Valachovič, J.H.J. Schaminée, T. Lysenko, Y.P. Didukh, S. Pignatti, J.S. Rodwell, J. Capelo, H.E. Weber, A. Solomeshch, P. Dimopoulos, C. Aguiar, S.M. Henskens, L. Tichý. // Applied Vegetation Science. – 2016. – 19. – 3-264 p.

ИНТРОДУКЦИЯ *NELUMBO NUCIFERA* GAERTN. (СЕМ. *NELUMBONACEAE* DUMORT.) НА ЮГО-ЗАПАДЕ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

Д.Ю. Кирилов

Белгородский государственный национальный исследовательский университет; Белгород, Россия,
e-mail: dima515543@yandex.ru

Выявлены эколого - биологические особенности *Nelumbo nucifera* Gaertn. при интродукции в условиях юго - запада Среднерусской возвышенности, а также отмечена низкая степень варьирования признаков, что способствует устойчивому существованию популяции. Отмечено абсолютное доминирование вида в растительном сообществе 98–100 %. Виталитетная структура популяции представлена в основном среднегенеративными побегами. Даны краткие рекомендации по выращиванию *Nelumbo nucifera* Gaertn. в условиях юго - запада Среднерусской возвышенности.

Наиболее оптимальным способом сохранения природной флоры, является охрана растений в природных местообитаниях, а также введение в культуру некоторых растений, иначе эта деятельность называется интродукцией [4]. Особый интерес вызывает интродукция растений нехарактерных для определенной географической зоны. Объектом нашего изучения был выбран *Nelumbo nucifera* Gaertn. лотос орехоносный, вид несвойственный для климатических условий юго-запада Среднерусской возвышенности. *Nelumbo nucifera* Gaertn. реликтовое растение третичной флоры, принадлежит к семейству *Nelumbonaceae* Dumort., и занесен в Красные книги регионального и федерального масштаба. В естественной среде *Nelumbo nucifera* Gaertn. произрастает по берегам Каспийского моря, в дельте реки Волга, а также на побережье Азовского моря в результате интродукции [3].

В цель данного исследования входило изучение эколого - биологических особенностей *Nelumbo nucifera* Gaertn., при интродукции на юго - западе Среднерусской возвышенности. Для реализации цели предстояло решить следующие задачи: 1) изучить морфометрические особенности *Nelumbo nucifera* Gaertn. на территории юго - запада Среднерусской возвышенности, 2) оценить перспективы дальнейшего культивирования *Nelumbo nucifera* Gaertn., в условиях юго - запада Среднерусской возвышенности.

Исследования проводились в пределах административных границ Белгородской области, на территории Яковлевского района, в деревне Быковка. Семена растений были завезены из Поволжья десять лет назад и высеяны в илистый грунт. Со временем вид активно расселился в водоеме и образовал густые заросли, связанные общей корневой системой. В месте произрастания *Nelumbo nucifera* глубина водоема составляла 0,6–1 метра, при средней глубине пруда 1,2 метра. Проективное покрытие популяции 98–100%, вид является эдификатором данного водоема. Столь успешному развитию способствуют благоприятные климатические условия, за последние десятилетие сумма активных температур в регионе составляет 2400–2600°C за год, на 7 дней увеличилась продолжительность вегетационного периода со среднесуточной температурой более +5°C [2].

Nelumbo nucifera относится к растениям летнего цикла цветения [1]. Период цветения *Nelumbo nucifera* не продолжителен, за 2016 год составлял 21 день, период созревания плодов продлилось 24 дня. На протяжении нашего исследования цветоносы имели розовый оттенок. Период цветения и созревания плодов происходил в второй половине лета.

В популяции *Nelumbo nucifera*, были определены также основные морфометрические параметры особей среднегенеративного возрастного состояния, таблица 1.

Таблица 1 – Морфометрические параметры популяции *Nelumbo nucifera*.

Морфометрические параметры	M±m	Cv в %
Ширина листовой пластинки	19.3±1.85	11.26
Длина листовой пластинки	43.27±5.78	13.37
Диаметр цветоносов	23.89±1.87	7.84
Диаметр коробочки	12.54±1.30	10.44

При изучении морфометрических признаков *Nelumbo nucifera* было выявлено, что вид обладает высокой жизнеспособностью. Средние показатели по морфометрическим призна-

кам находились в пределах нормы. Значения коэффициента вариации по всем морфометрическим параметрам не превышали 20%, что означает низкую степень рассеиваемости признаков, таблица 1.

Также была проведена оценка перспективности *Nelumbo nucifera* по трехбалльной шкале, таблица 2.

Таблица 2 – Оценка перспективности выращивания *Nelumbo nucifera* в условиях юго - запада Среднерусской возвышенности.

Показатель	Характеристика	Балл
Семенное возобновление	Плодоношение среднее	2
Вегетативное размножение	Присутствует	3
Устойчивость растений к вредителям и болезням	Внешних поражений органов растений не было выявлено	3

По анализу таблицы 2 *Nelumbo nucifera* имеет высокие значения практически по всем показателям, и вид достаточно перспективен для выращивания на юго - западе Среднерусской возвышенности. Стоит отметить высокую степень устойчивости вида к вредителям и болезням. Вегетативное размножение преобладает над семенным, что является нормой. Но лотосы к сожалению, очень чувствительны к степени загрязнения водоемов, и для благоприятного произрастания вида требуется поддержание чистоты водоема и не допускать выбросов промышленных и бытовых отходов.

Таким образом установлено, что эколого - биологические особенности *Nelumbo nucifera* позволяют выращивать его в условиях юго - запада Среднерусской возвышенности. Для успешной интродукции *Nelumbo nucifera* необходимо учитывать, что при высокой загрязненности водоема, вид будет угнетаться. Главные критерии успешного произрастания вида, это наличие богатого органикой грунта и чистоты водной массы. *Nelumbo nucifera* обладает высокими декоративными качествами, что положительным образом отражается на эколого – туристическом потенциале региона. Для сохранения этого эталонного редкого растения, следует ужесточить природоохранные мероприятия в районе произрастания вида.

Список литературы

1. Кондратенко Е.И., Марченко Н.В., Ломтева Н.А., Шими́на Н.А., Пилипенко С.В. Эколого - биологические особенности лотоса каспийского (*Nelumbo caspica* Fisch.) в Астраханской области / Е.И. Кондратенко, Н.В. Марченко, Н.А. Ломтева, Н.А. Шими́на, С.В. Пилипенко // Вестн. Астрахан. гос. ун-та. Естественные науки. – 2012. – № 1. – С. 60-61.
2. Лебедева М.Г., Крымская О.В. Проявление современных климатических изменений Белгородской области / М.Г. Лебедева, О.В. Крымская // Научные ведомости БелГУ. Сер. Естественные науки. – 2008. – № 3 (43). – С. 188-190.
3. Чуйков Ю.С. Лотос орехоносный в дельте Волги – охрана и возможное использование / Ю.С. Чуйков // Астрахан. Вестн. экологического образования. – 2013. – № 3. – С. 145-146.
4. Шалаева О.В. Интродукция растений: к проблеме экологического образования в ботанических садах / О.В. Шалаева // Роль ботанических садов и дендропарков в импортозамещении растительной продукции: Материалы I Всероссийской научно - практической конференции с международным участием, посвященной 50 – летию создания Общественного совета по организации Чебоксарского ботанического сада, Чебоксары, 25–27 марта 2016 г. / Изд-во Чебоксарского филиала Главного ботанического сада РАН. – Чебоксары, 2016. – С. 172-174.

СИНТАКСОНОМИЯ ТРАВЯНЫХ СООБЩЕСТВ, СФОРМИРОВАННЫХ ИНВАЗИОННЫМИ РАСТЕНИЯМИ В Г. МИНСКЕ

Е.Я. Куликова

Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»; Минск, Беларусь, e-mail: kulikova22@mail.ru

По результатам геоботанических исследований, выполненных на протяжении 2006–2017 гг. на территории города Минска, выполнена эколого-флористическая классификация травяных сообществ, сформированных

инвазионными растениями. Синтаксономия исследуемых сообществ включает 12 ассоциаций, 3 варианта и 5 дериватных сообществ, отнесенных к 8 классам синантропной и естественной растительности.

Проблема экспансии чужеродных растений остро стоит во всём мире. Их внедрение – вторая по значению угроза биологическому разнообразию после разрушения мест обитания, а активное расселение и воздействие на аборигенные растения и местные сообщества приводит к флористическому загрязнению территории [1]. При благоприятных условиях в новых регионах чужеродные растения могут быть чрезвычайно агрессивными, и расселяться с высокой скоростью, вытесняя другие виды растений из сообществ. Наиболее агрессивные чужеземные растения, которые образуют потомство в очень большом количестве и активно расселяются в новом регионе, называют инвазивными или инвазионными [2]. Высшая степень адаптации неофитного вида в новых условиях произрастания – его натурализация, т.е. внедрение в естественные сообщества [3]. В Беларуси список инвазионных видов включает 56 таксонов сосудистых растений [4].

Сообщества с доминированием инвазионных растений широко распространены в Евразии и в последние десятилетия стали объектом эколого-флористической классификации. Классификация таких сообществ имеет определенные сложности [5]. Ранее при классификации синантропных сообществ на заключительных этапах классификации, когда установлены фитоценоны, чешские геоботаники предлагали устанавливать дедуктивным способом безранговые единицы «базальные» и «дериватные» сообщества, которые не имеют «своих» диагностических видов. В последние годы геоботаники при составлении обзоров по классификации растительности Чешской республики [6] отказались от использования дедуктивного метода. Однако, до сих пор, геоботаники по-разному продолжают классифицировать сообщества синантропной растительности: одни исследователи в соответствии с требованиями «Международного кодекса...» [7] определяют синтаксономический ранг фитоценона, в котором доминирует инвазионный вид, другие – выделяют безранговые сообщества.

В основу работы положены материалы собственных полевых исследований, проводившихся на протяжении 2006-2017 гг. на территории г. Минска. Эколого-флористическая классификация травяных сообществ, сформированных инвазионными растениями, выполнена на основе обработки 122 геоботанических описаний в соответствии с общими установками направления Браун-Бланке [8] с использованием дедуктивного метода Копечки–Гейны [9]. Составлен продромус исследуемых сообществ, включающий в себя 12 ассоциаций, 3 варианта и 5 дериватных сообществ, отнесенных к 8 классам синантропной и естественной растительности. Для принятия синтаксономических решений полученные в результате обработки синтаксоны сравнивались с единицами, ранее описанными в Западной Европе и сопредельных регионах (Россия, Украина). Синтаксономия высших единиц растительности приводится согласно последнему обзору растительности Европы [10].

Продромус сообществ, сформированных инвазионными растениями в г. Минске:

Класс POTAMOGETONETEA Klika in Klika et Novák 1941

Порядок *POTAMOGETONETALIA* Koch 1926

Союз *Potamogetonion* Libbert 1931

Ассоциация (асс.) *Elodeetum canadensis* Nedelcu 1967

Класс PHRAGMITO-MAGNOCARICETEA Klika in Klika et Novák 1941

Порядок *PHRAGMITETALIA* Koch 1926

Союз *Phragmition communis* Koch 1926

Асс. *Acoretum calami* Dagys 1932

Класс BIDENTETEA Tx. et al. ex von Rochow 1951

Порядок *BIDENTETALIA* Br.-Bl. et Tx. ex Klika et Hadač 1944

Союз *Bidention tripartitae* Nordhagen ex Klika et Hadač 1944

Асс. *Polygonetum hydropiperis* Passarge 1965

Вариант *Bidens frondosa*

- Класс KOELERIO-CORYNEPHORETEA CANESCENTIS** Klika in Klika et Novák 1941
 Порядок *CORYNEPHORETALIA CANESCENTIS* Klika 1934
 Союз *Armerion elongatae* Pötsch 1962
 Деривантное сообщество (Д.с.) *Festuca trachyphylla* [*Koelerio-Corynephoretea canescens/Molinio-Arrhenatheretea*]
Класс MOLINIO-ARRHENATHERETEA Tx. 1937
 Порядок *ARRHENATHERETALIA ELATIORIS* Tx. 1931
 Подсоюз *Festucenion pratensis* Mirkin et Naumova 1986
 Асс. *Dactylido glomerati-Lupinetum polyphyllii* Bulokhov et al. 2016
 Д.с. *Festuca arundinacea* [*Molinio-Arrhenatheretea / Artemisietea vulgaris*]
Класс SISYMBRIETEA Gutte et Hilbig 1975
 Порядок *SISYMBRIETALIA SOPHIAE* J. Tx. ex Görs 1966
 Союз *Atriplicion* Passarge 1978
 Асс. *Conyzo canadensis-Lactucetum serriolae* Lohmeyer in Oberdorfer 1957
 Вариант *Conyza canadensis*
Класс ARTEMISIETEA VULGARIS Lohmeyer et al. in Tx. ex von Rochow 1951
 Порядок *ONOPORDETALIA ACANTHII* Br.-Bl. et Tx. ex Klika et Hadač 1944
 Союз *Dauco-Melilotion* Görs ex Rostański et Gutte 1971
 Асс. *Rudbeckio laciniatae-Solidaginetum canadensis* Tüxen et Raabe ex Anioł-Kwiatkowska 1974
 Асс. *Tanaceto vulgaris-Artemisietum vulgaris* Sissingh 1950
 Вариант *Tanacetum vulgare*
 Порядок *AGROPYRETALIA INTERMADIO-REPENTIS* T. Müller et Görs 1969
 Союз *Convolvulo arvensis-Agropyron repentis* Görs 1967
 Д.с. *Phalacrolooma annuum* [*Agropyretalia intermedio-repentis*]
Класс EPILOBIETEA ANGUSTIFOLII Tx. et Preising ex von Rochow 1951
 Порядок *CIRCAEO LUTETIANAE-STACHYETALIA SYLVATICAE* Passarge 1967
 Союз *Aegopodion podagrariae* Tx. 1967
 Асс. *Oenothero biennis-Helianthetum tuberosi* de Bolòs et al. 1988
 Асс. *Reynoutrietum japonicae* Görs et Müller in Görs 1975
 Асс. *Urtico dioicae-Heracleetum sosnowskyi* Panasenکو et al. 2014
 Порядок *CONVOLVULETALIA SEPIUM* Tx. ex Moor 1958
 Союз *Senecionion fluviatilis* Tx. ex Moor 1958
 Асс. *Calystegio sepium-Impatientetum glanduliferae* Hilbig 1972
 Д.с. *Thladiantha dubia* [*Convolvuletalia sepium*]
 Д.с. *Parthenocissus vitacea* [*Convolvuletalia sepium / Circaeο lutetianae-Stachyetalia sylvaticae*]
 Союз *Archangelicion litoralis* Scamoni et Passarge 1963
 Асс. *Calystegio-Angelicetum archangelicae litoralis* Passarge 1959
 Широкое распространение на территории города получили сообщества асс. *Urtico dioicae-Heracleetum sosnowskyi* и варианта *Bidens frondosa* асс. *Polygonetum hydropiperis*, формируясь на нарушенных, замусоренных участках пойм р. Свислочь и ее притоков (рр. Лошица и Мышка) на дерново-глееватых и аллювиальных дерново-глееватых почвах. Следует отметить, что в результате активной борьбы с опасным инвазионным растением – борщевиком Сосновского – площади, занимаемые сообществом асс. *Urtico dioicae-Heracleetum sosnowskyi* в г. Минске, заметно сокращаются. Нередко можно встретить на пустырях, залежах, строительных площадках города, а также на нарушенных участках долины р. Свислочь сообщества асс. *Rudbeckio laciniatae-Solidaginetum canadensis* и *Oenothero biennis-Helianthetum tuberosi*, вариантов *Conyza canadensis* асс. *Conyzo canadensis-Lactucetum serriolae* и *Tanacetum vulgare* асс. *Tanaceto vulgaris-Artemisietum vulgaris*. В последнее время

отмечена возрастающая роль инвазий *Phalacrolooma annuum*, *Thladiantha dubia*, *Parthenocissus vitacea* и *Impatiens glandulifera* в урбофитоценозы Минска.

Таким образом, отмечено широкое расселение растений-неофитов и их натурализация на территории г. Минска. Внедрение инвазионных растений происходит как в сообщества естественной растительности (классы *Potamogetonetea*, *Phragmito-Magnocaricetea*, *Molinio-Arrhenatheretea*, *Koelerio-Corynephoretea canescentis*), так и синантропной (классы *Bidentetea*, *Sisymbrietea*, *Artemisietea vulgaris*, *Epilobietea angustifolii*), при этом происходит формирование сообществ с доминированием чужеродного растения, которое определяет внешний облик фитоценоза и состав его ценофлоры.

Список литературы

1. Виноградова Ю.К. Чёрная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России / Ю.К. Виноградова, С.Р. Майоров, Л.В. Хорун. – М.: ГЕОС, 2010. – 512 с.
2. Гельтман Д.В. О понятии «инвазионный вид» в применении к сосудистым растениям / Д.В. Гельтман // Бот. журн. – 2006. – Т. 91. – № 8. – С. 1222-1231.
3. Abramova L. M. Expansion of Invasive Alien Plant Species in the Republic of Bashkortostan, the South Urals: Analysis of Causes and Ecological Consequences // Russian Journal of Ecology. – 2012. – Vol. 43. – N 5. – P. 352-357.
4. Дубовик Д.В. Адвентивные виды растений во флоре Беларуси и их инвазионный потенциал / Д.В. Дубовик // Современное состояние, тенденции развития, рациональное использование и сохранение биологического разнообразия растительного мира: материалы науч. конф. (Минск–Нарочь, 23–26 сентября 2014 г.) / ред. кол.: А.В. Пугачевский (гл. ред.) [и др.]. – Минск: Экоперспектива, 2014. – С.184-185.
5. Булохов А.Д. Синантропная растительность Сожско-Деснинского междуречья / А.Д. Булохов, И.М. Ивенкова, Н.Н. Панасенко, Ю.А. Семенищенков, Н.М. Дайнеко // Известия Самарского научного центра РАН. – 2016. – Т.18. – № 5(2). – С. 198-205.
6. Chytry, M. Vegetation of the Czech Republic. 2. Ruderal, weed, rock and scree vegetation / M. Chytry [et al.]. – Praha : Academia, 2009. – 524 p.
7. Weber H.E. International Code of Phytosociological Nomenclature. 3rd edition / H.E. Weber, J. Moravec., J.-P. Theurillat // Journal of Vegetation Science. – 2000. – V. 11, № 5. – P. 739-768.
8. Braun-Blanquet, J. Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde / J. Braun-Blanquet. – Wien–New York : Springer–Verlag, 1964. – 865 s.
9. Kopecký K., Hejny S. A new approach to the classification of antropogenic plant communities // Vegetatio. – 1974. – Vol. 29. – N 1. – P. 17-20.
10. Mucina L., Bültmann H., Dierßen K., Theurillat J. -P., Raus T., Čarni A., Šumberová K., Willner W., Dengler J., García R. G., Chytrý M., Hájek M., Di Pietro R., Iakushenko D., Pallas J., Daniëls F. J. A., Bergmeier E., Santos-Guerra A., Ermakov N., Valachovič M., Schaminée J. H. J., Lysenko T., Didukh Ya. P., Pignatti S., Rodwell J. S., Capelo J., Weber H. E., Solomeshch A., Dimopoulos P., Aguiar C., Hennekens S. M., Tichý L. Vegetation of Europe: hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities // Applied Vegetation Science. – 2016. – 19. Suppl. 1. – P. 3-264.

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА, СВЯЗИ И ДИНАМИКА МЕТАПОПУЛЯЦИЙ *MELITTIS SARMATICA*, *LILIUM MARTAGON* И *ISOPYRUM THALICTROIDES*, ВКЛЮЧЕННЫХ В КРАСНУЮ КНИГУ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ, НА ТЕРРИТОРИИ БИОЛОГИЧЕСКОГО ЗАКАЗНИКА «ЗАМКОВЫЙ ЛЕС»

А.В. Левкович

Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»; Минск, Беларусь, e-mail: a.shevkunova@mail.ru

Определена пространственная структура, связи и динамика метапопуляций 3 видов сосудистых растений, включенных в Красную книгу Республики Беларусь, на территории биологического заказника «Замковый лес». На основании коэффициента связанности выявлены ядерные, узловые, слабо связанные и периферийные структурные элементы метапопуляций, определена их численность и связи между ними. Показана большая стабильность метапопуляций в целом по сравнению с отдельными локальными популяциями.

Основой системной организации того или иного вида растений на определенной территории являются локальные популяции (ценопопуляции). Они характеризуются определенным набором параметров, необходимым для оценки их состояния, устойчивости и тенденций развития. К этим параметрам относятся численность, площадь, характер размещения особей, возрастная структура и ряд других [2]. В то же время существование локальных популяций в пределах ландшафта и/или природного района взаимосвязано, прежде всего, за счет наличия или отсутствия возможности семенной подпитки и обмена генетическим материалом.

В связи с этим для оценки устойчивости видов и разработки прогнозов их развития целесообразно рассматривать более крупные комплексы популяций – метапопуляции, являющиеся комплексами, или системами, локальных популяций в пределах одного ландшафта, лесного массива и т.п. [1, 5].

Каждая метапопуляция характеризуется рядом свойств, которых не было у ценопопуляций: структура, связанность, интегративные качества. Изучение состава, свойств и структуры метапопуляций позволяет эффективнее оценить устойчивость вида в регионе.

Роли отдельных локальных популяций в метапопуляции различны. Наибольшее значение имеют ядерные популяции, занимающие центральное положение [3], – как правило, наиболее многочисленные и имеющие максимальное количество связей с другими локальными популяциями, являющиеся генераторами банка семян, обеспечивающие миграцию генетического материала, за счет которой в окружающих районах возникает комплекс локальных популяций и поддерживается устойчивость их существования. Следующие по значимости – узловы́е, обеспечивающие бо́льшую связанность структуры, и менее значимые – периферийные (как правило, менее устойчивые), возникающие в подходящих экотопах за счет переноса семян.

Нами была исследована пространственная структура, связи и динамика метапопуляций 3 видов сосудистых растений, включенных в Красную книгу Республики Беларусь (*Melittis sarmatica* Klok., *Lilium martagon* L., *Isopyrum thalictroides* L.), на территории биологического заказника «Замковый лес», расположенного в Волковысском районе Гродненской области. Заказник представляет собой единый крупный лесной массив, находящийся в пределах Юго-Западного ответвления Белорусской гряды (Волковысский ландшафтный район Белорусской возвышенной провинции холмисто-моренно-эрозионных и вторично-моренных ландшафтов).

Для определения роли локальных популяций в структуре метапопуляции вычислялся коэффициент связанности D – отношение среднего расстояния между данной и соседними локальными популяциями к среднему расстоянию между всеми локальными популяциями в метапопуляции. Коэффициент отражает степень дистанционной близости между локальными популяциями. В соответствии с его величиной в каждой метапопуляции выделялись ядро ($D < 0,8$), узловы́е точки ($0,8 < D < 1$), слабо связанные ($1 < D < 1,3$) и периферийные (наиболее изолированные) локальные популяции ($D > 1,3$).

Метапопуляция *M. sarmatica* в пределах биологического заказника «Замковый лес» включала в себя 84 локальные популяции. Из них в ходе полевых исследований нами была обследована 41 локальная популяция. Применение RAPD анализа подтвердило, что между локальными популяциями в пределах одного лесного массива происходит генетический обмен, и данные локальные популяции представляют собой единую структуру – метапопуляцию, что делает возможным использование метапопуляционного подхода к оценке состояния редких и исчезающих видов растений [4].

В соответствии с коэффициентом связанности в метапопуляции *M. sarmatica* были выделены ядерные (31 шт.), включенные в состав 3 ядер (А, В и С), узловы́е (27 шт.), слабо связанные (15 шт.) и периферийные (наиболее изолированные) (11 шт.) локальные популяции (таблица 1). Среднее расстояние между популяциями составило 3,63 км.

По количеству популяций и численности распределение между ядерными и узловыми элементами было более-менее равномерно (таблица 1).

В Замковом лесу в составе метапопуляции *L. martagon* было выявлено 23 локальные популяции, 15 из которых было обследовано в ходе полевых исследований.

Таблица 1 – Характеристика структурных частей метапопуляции *M. sarmatica*

Характеристика локальной популяции	Значение коэффициента связанности	Кол-во популяций	Площадь, м ²	Численность, экз.
Ядро А	$D < 0,8$	1	7680,0	194,0
Ядро В	$D < 0,8$	4	4152,8	170,4
Ядро С	$D < 0,8$	26	8174,2	614,4
Узловые	$0,8 < D < 1$	27	17119,4	952,2
Слабо связанные	$1 < D < 1,3$	15	5139,4	615,2
Периферийные	$D > 1,3$	11	13125,0	350,4
Всего		84	55390,8	2896,6

Примечание: если точная численность локальных популяций не была известна, она принималась за среднюю численность – 28,2 экз., площадь – 251,4 м² (при вычислении средних значений использовались данные для однородных выборок)

В соответствии с коэффициентом связанности в метапопуляции было выделено 1 ядро, западные и восточные узловые популяции, периферийная часть (таблица 2). Среднее расстояние между популяциями составило 2,67 км, что несколько меньше аналогичного значения у *M. sarmatica*. В целом метапопуляция *L. martagon* была более компактной. Основное количество особей было сосредоточено в западной части массива.

Как и в метапопуляции *M. sarmatica*, здесь наблюдалось более-менее равномерное распределение количества популяций и особей между ядерными и узловыми элементами, наименьшие показатели были характерны для периферийной – более изолированной части (таблица 2).

Таблица 2 – Характеристика структурных частей метапопуляции *L. martagon*

Характеристика локальной популяции	Значение коэффициента связанности	Кол-во популяций	Площадь, м ²	Численность, экз.
Ядро	$D < 0,8$	7	17718	228,8
Узловые-запад	$0,8 < D < 1$	6	1750	185,6
Узловые-восток	$0,8 < D < 1$	3	1756	67,6
Слабо связанные	$1 < D < 1,3$	2	1178	147,8
Периферийные	$D > 1,3$	5	4361	59,6

Примечание: если точная численность локальных популяций не была известна, она принималась за среднюю численность – 21,8 экз., площадь – 178,0 м² (при вычислении средних значений использовались данные для однородных выборок)

Исследования метапопуляции *I. thalictroides* в Замковом лесу показали, что она была представлена 2 крупными локальными популяциями (площадью более 10 га и более 5 га) и 1 небольшой локальной популяцией площадью 100 м². Среднее расстояние между ними составляло 6,7 км. Исходя из значения коэффициента связанности для каждой локальной популяции, было установлено, что 1 популяция является ядерной, 2 остальные – слабо связанные.

Для всех изученных видов была характерна нелинейная динамика численности метапопуляций: как правило, одновременное погодичное сокращение и увеличение отдельных элементов, что обеспечивало поддержание метапопуляций в стабильном состоянии.

Так метапопуляция *M. sarmatica* являлась устойчивой структурой, в которой рост и сокращение отдельных локальных популяций компенсировали друг друга. За период исследования минимальное погодичное сокращение структурных элементов метапопуляции составило 10%, тогда как ряд локальных популяций сократились на 75%, а некоторые из них исчезли. Наиболее стабильным элементом являлось ядро А с узловыми элементами, имевшими высокую численность, наименьший разброс в ее колебании, сильные связи с другими популяциями, высокий положительный средний процент погодичного изменения. В течение периода исследования в данной части происходил только рост. Ядро В с узловыми компонентами, в котором присутствовали менее генетически связанные элементы, являлось менее устойчивым. Средний погодичный прирост численности здесь был меньше, чем у предыдущей группы. В слабо связанных популяциях в отдельные годы наблюдалось наибольшее со-

кращение численности, по сравнению с предыдущими группами, также для них были характерны ее максимальные колебания. Это был наименее стабильный элемент структуры.

Таким образом, в целом для данной метапопуляции *M. sarmatica* можно сделать благоприятный прогноз развития. Наличие сложной структуры и связи между локальными популяциями значительно повышали устойчивость всей метапопуляции. В то же время причиной необратимого сокращения могло стать резкое возрастание зоогенной и антропогенной нагрузок (деятельность кабанов и рубки леса).

Анализ динамики численности разных структурных частей метапопуляции *L. martagon* показал, что в отдельные периоды в них наблюдалось неодинаковое ее изменение (как и в метапопуляции *M. sarmatica*). Состояние восточных узловых компонентов метапопуляции из-за меньшей численности вызывало опасение. Состояние узловой западной части, несмотря на исходно большую численность, также вызывало тревогу из-за ее резкого сокращения. Но для метапопуляции в целом это уменьшение в определенной степени компенсировалось ростом слабо связанных локальных популяций. Таким образом, состояние метапопуляции было более стабильным по сравнению с состоянием отдельных локальных популяций, входивших в ее состав.

У *I. thalictroides* сравнение динамики площади 2 локальных популяций и метапопуляции в целом также показало более стабильное состояние метапопуляции. Так погодичное изменение площади локальных популяций в разные годы составляло от -37,9 до 31,0%, тогда как площадь метапопуляции изменялась всего от -8,2 до 13,6%.

Таким образом, было выявлено, что в целом метапопуляции являлись более стабильными по сравнению с отдельными локальными популяциями. На их состояние, динамику и устойчивость большое влияние оказывали пространственная структура и внутренние связи. В то же время значительными факторами угрозы для исследованных локальных и метапопуляций являлись природные сукцессии, интенсивная зоогенная и антропогенная нагрузка.

Список литературы

1. Левкович А.В. Оценка состояния и устойчивости популяций редких и исчезающих видов растений Беларуси на разных уровнях пространственной организации / А.В. Левкович // Ботаника (исследования): Сб. науч. тр. / Ин-т эксперимент. бот. НАН Беларуси. – Минск, 2016. – Вып. 45. – С. 114-128.
2. Методика проведения мониторинга растительного мира в составе Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь / Под ред. А.В. Пугачевского. Минск, 2011. С. 40-57.
3. Примак Р. Основы сохранения биоразнообразия / Р. Примак. – Москва: Издательство научного и учебно-методического центра, 2002. – 256 с.
4. Шевкунова А.В. Пространственно-генетическая структура метапопуляции *Melittis sarmatica* Klok. (*Lamiaceae*) на территории Волковысской возвышенности (Беларусь) / А.В. Шевкунова, О.Ю. Урбанович // Вестник Московского университета. Серия 16. Биология. - М., 2010. - №4. – С. 80-83.
5. Шевкунова А.В. Состояние и динамика метапопуляций *Anemone sylvestris* L. в северо-западной части Беларуси / А.В. Шевкунова // Ботаника (исследования): Сб. науч. тр. / Ин-т эксперимент. бот. НАН Беларуси. – Минск, 2010. – Вып. 39. – С. 233-248.

ГНИЛЕВЫЕ БОЛЕЗНИ В СОСНЯКАХ ОРЛЯКОВЫХ ПОСЛЕ ПРОХОДНЫХ РУБОК

М.В. Левковская

Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина; Брест, Беларусь, e-mail: lemarivik@mail.ru

Изложены краткие результаты исследований санитарного состояния чистых и смешанных сосняков орляковых после проведения проходных рубок различной давности и интенсивности изреживания древостоев с использованием агрегатной лесозаготовительной техники.

Для всех направлений развития механизации рубок ухода важным является соблюдение экологических и лесоводственных требований; повышение эргономических показателей ма-

шин; повышение экономической эффективности систем машин по сравнению с традиционной техникой [2].

В результате передвижения механизмов наносятся повреждения оставшимся деревьям. Процент их зависит от густоты древостоя, сезона рубки, типа условий произрастания, квалификации вальщиков и операторов, управляющих механизмами [3].

Для изучения влияния лесозаготовительной техники на состояние древостоев и пораженность их гнилевыми болезнями после проходных рубок в сосняках орляковых (*Pinetum pteridiosum*) Брестского ГПЛХО в 2012 году заложено 7 пробных площадей (ПП). Объекты исследований – чистые и смешанные сосняки орляковые, в которых были проведены механизированные проходные рубки различной давности, и не тронутые ими. Продолжительность послерубочного периода варьирует от 2 до 8 лет. ПП 7 является контролем по отношению к ПП 5, при их закладке соблюдался принцип единственного различия (отсутствие рубки). Технологические коридоры были укреплены порубочными остатками. Рубки ухода осуществляли по узкопосечным технологиям.

Для оценки санитарного состояния сосняков орляковых на каждой пробной площади был сделан сплошной пересчет деревьев с установлением у них категории состояния визуально в соответствии со шкалой [4]. Зараженность деревьев гнилевыми болезнями выявляли по присутствию плодовых тел на корнях, у основания стволов живых и сухостойных, ветровальных деревьев, а также ризоморф, признаков гнили на корнях и в комлевой части дерева.

При проведении рубок ухода остающиеся в насаждении деревья получают те или иные повреждения, которые могут в дальнейшем оказать влияние на санитарное состояние и устойчивость древостоев [2].

На пробных площадях был произведен учет поврежденных лесозаготовительной техникой деревьев (таблица). Основными видами повреждений с разрушением древесины и без разрушения были: ошмыг ствола, обдир коры и порезы ствола, ветвей. Чаще всего повреждалась только кора. Процент поврежденных деревьев сосны колеблется 1,9 (ПП 3) до 7% (ПП 6). Поэтому, учитывая неизбежный отпад поврежденных деревьев, необходимо минимизировать их количество.

Сильные повреждения являются основным источником стволовых гнилей, небольшие поранения (до 0,5 см) заливаются смолой и зарастают в первый год без образования гнили [5]. Наибольшее количество повреждений приходится на корневую шейку и комлеву часть дерева на высоте 0,3–1,0 м. Большая часть повреждений на пробных площадях сортиментной заготовки приходится на ошмыги стволов размером до 200 см². Более половины поврежденных стволов деревьев отмечено вдоль технологических коридоров.

Приводим данные по повреждениям деревьев и пораженности их гнилевыми болезнями после рубок ухода, распределение деревьев по категориям состояния на основе подсчета количества деревьев с расчетом процентных соотношений (таблица) [1, 5].

В результате лесопатологического обследования сосняков, основными видами заболеваний в насаждениях были выявлены стволовые гнили, вызванные *Fomes fomentarius* (L.) Fr., *Trametes versicolor* (L.) Lloyd. Заражение происходит через повреждения, обдиры коры, обломанные сучья, морозобоины и т.д. Количество деревьев с плодовыми телами этих трутовиков не превысило 2% в насаждениях, охваченными рубками.

Тщательное соблюдение требований к технологии механизированных рубок ухода позволит свести количество механических повреждений деревьев до минимума (2–7%).

Из анализа таблицы следует, что показатели средней категории состояния деревьев в сосняках орляковых, пройденных рубками ухода существенно не различаются между собой (1,32–1,51). Средневзвешенная категория состояния деревьев не превышает 1,5. По лесопатологическому состоянию исследуемые сосновые насаждения на всех пробных площадях относятся к категории насаждений с ненарушенной биологической устойчивостью, с преобладанием деревьев без признаков ослабления [4]. На контрольном участке отмечено повышение этого показателя (1,8).

Таблица – Повреждаемость деревьев при проведении проходных рубок с помощью лесозаготовительной техники

ПП	Год рубки	Количество поврежденных деревьев, %	Возбудители гнилевых болезней	Поражение деревьев гнилями, %	Средневзвешенная категория состояния
1	2004	3	Траметес разноцветный <i>Trametes versicolor</i> (L.) Lloyd	0,4	1,5
2	2005	1,96	Трутовик ложный <i>Phellinus igniarius</i> (L.) Quel.	0,7	1,5
3	2007	1,91	Траметес жестковолосистый <i>Trametes hirsutar</i> (Wulfen) Lloyd	0,5	1,46
4	2009	3,71	Траметес разноцветный <i>Trametes versicolor</i> (L.) Lloyd	0,6	1,37
5	2010	5,56	Трутовик настоящий <i>Fomes fomentarius</i> (L.) Fr. Траметес разноцветный <i>Trametes versicolor</i> (L.) Lloyd Траметес жестковолосистый <i>Trametes hirsutar</i> (Wulfen) Lloyd	1,7	1,32
6	2010	7,04	Трутовик настоящий <i>Fomes fomentarius</i> (L.) Fr. Трутовик осиновый <i>Phellinus tremulae</i> (Bond.) Bond. et Borris.	0,6	1,36
7	Контроль без ухода	–	Трутовик настоящий <i>Fomes fomentarius</i> (L.) Fr.	3	1,8

Обобщая вышеизложенное, можно констатировать, что проведение своевременных рубок ухода рубок способствует оздоровлению лесного насаждения, индекс состояния которых не превышает 1,5 (ПП 1–6). Несвоевременное проведение указанных лесохозяйственных мероприятий способствует распространению фитопатологических заболеваний деревьев, что приводит к общему ослаблению всего насаждения (ПП 7), индексы состояния которых, превышают 1,5.

Список литературы

1. Атлас-определитель ксилотрофных грибов, кустистых и листоватых лишайников Национального парка «Беловежская пуща» / Т.Г. Шабашова и др., ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси», ГПУ «НП «Беловежская пуща». – Брест : Альтернатива, 2016. – 248 с.
2. Игутов, В.Е. Механизация рубок промежуточного пользования : Обзорн. информ. / В.Е. Игутов. – М.: ВНИИЦлесресурс, 1994. – 40 с.
3. Кистерная, З.Н. Влияние многооперационных машин и скандинавской технологии на лесные насаждения / З.Н. Кистерная, В.С. Федулов // Лесное хозяйство. – 1997. – № 2. – С. 23–25.
4. Об утверждении Санитарных правил в лесах Республики Беларусь : Постановление Министерства лесного хозяйства Респ. Беларусь от 19 дек. 2016 года №79. – Минск, 2016.
5. Федоренчик, А.С. Харвестеры. Учебное пособие для студентов вузов / А.С. Федоренчик, И.В. Турлай. – Минск: БГТУ, 2002. – 172 с.

МАКРОФИТЫ ВИЛЕЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Е.В. Мойсейчик

Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»; Минск, Беларусь, e-mail: mojsejchik@mail.ru

Приведены данных флористической и фитоценотической инвентаризации растительных сообществ макрофитов Вилейского водохранилища (Беларусь).

В Беларуси насчитывается более 150 водохранилищ общей площадью водного зеркала 822 км² [3]. Размещение водохранилищ по территории республики обусловлено потребностью в воде и природными факторами. Основные искусственные водоемы находятся в районе Белорусского Полесья и принадлежат бассейнам рек Припять и Днепр. Самым крупным искусственным водоемом Беларуси является Вилейское водохранилище. Создание Вилейского водохранилища в значительной степени повлияло на изменение состава и структуры растительных сообществ и перечень выполняемых ими функций. В связи с этим организация системы мониторинга за тенденциями изменений (в том числе за состоянием флоры и растительности) происходящих с трансформированными системами является очевидной и необходимой [1, 5].

Целью данной работы является инвентаризация флористического и фитоценотического разнообразия растительных сообществ Вилейского водохранилища. Объект исследования – высшие водные растения водохранилища и сообщества макрофитов.

Вилейское водохранилище является крупным искусственным водоёмом Беларуси, уступая по величине только крупнейшему естественному водоему – озеру Нарочь. Оно расположено в Вилейском районе Минской области (Беларусь). Создано в 1973-1975 гг. для аккумуляции и переброса воды из р. Виля в р. Свислочь (бассейн р. Днепр). Площадь водохранилища составляет 64,6 км², длина – 27 км. Наибольшая ширина равна 3 км. Длина береговой линии 137 км; площадь водосбора – 4120 км². Водохранилище расположено на р. Виля при впадении в неё рек Косутка, Илия и Сервеч в 5 км на восток от г. Вилейка [2, 9]. Флористические исследования на Вилейского водохранилища выполнены нами по общепринятым методикам [4, 7] в августе 2017 года.

В результате исследований макрофитов водохранилища нами выявлено 28 видов сосудистых растений, относящихся к 22 родам, 16 семействам, 13 порядкам, 3 классам и 2 отделам: *Equisetum fluviatile* L., *Nuphar lutea* (L.) Smith, *Persicaria amphibia* (L.) S.F. Gray, *Hottonia palustris* L., *Myriophyllum spicatum* L., *Stachys palustris* L., *Butomus umbellatus* L., *Alisma plantago-aquatica* L., *Sagittaria sagittifolia* L., *Hydrocharis morsus-ranae* L., *Potamogeton lucens* L., *P. perfoliatus* L., *P. pectinatus* L., *Eleocharis palustris* (L.) Roem. & Schult., *Carex acuta* L., *C. acutiformis* Ehrh., *C. rostrata* Stokes, *Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla, *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb., *Agrostis stolonifera* L., *Acorus calamus* L., *Lemna minor* L., *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid., *Typha latifolia* L., *T. angustifolia* L., *Sparganium emersum* Rehm., *Sp. erectum* L.

Наибольшее распространение среди отмеченных видов получили высокотравные гелофиты (*Glyceria maxima*, *Typha angustifolia*, *Schoenoplectus lacustris*, *Phragmites australis* и другие). Низкотравные гелофиты, как и рдесты, фрагментарно встречаются по всему периметру водохранилища (*Equisetum fluviatile*, *Butomus umbellatus* и другие).

Для водохранилища характерны 5 полос зарастания [6, 8]:

1) полоса прибрежных растений, растущих в условиях водопокрытого грунта (на глубинах до 0,5 м), образована ценозами с доминированием *Carex acuta*, *C. acutiformis* и *C. rostrata*;

2) полоса земноводных растений, произрастающих на глубине до 0,5 м; представлена *Equisetum fluviatile*, *Sagittaria sagittifolia* и другими. Они не формируют цельных полос, небольшие по площади локусы формируются при отсутствии конкурентоспособных видов, например *Schoenoplectus lacustris* и других;

3) полоса высоких полупогруженных в воду растений представлена крупными воздушно-водными растениями, занимающих глубины около 0,5-2 м (местами до 2,5 м). Ширина полосы достигает 5-8 м, местами до 10 м. Отмечены олиговидовые (*Sparganium erectum*, *Schoenoplectus lacustris*) и моновидовые ценозы (*Typha angustifolia*, *Phragmites australis*, *Glyceria maxima*). Сообществ *Sparganium erectum* и *Typha angustifolia* встречающиеся на мелководье по урезу воды на расстоянии 20-30 м от берега. Ассоциации *Phragmites australis*, *Schoenoplectus lacustris* и *Glyceria maxima* приурочены к береговой линии;

4) полоса растений с плавающими на поверхности листьями отмечена на глубине 2-3 м. Сформирована, в основном, *Nuphar lutea* и *Persicaria amphibia*. Полосы образованные *Nuphar lutea* не превышают 1-1,5 м шириной и приурочены к зарослям погруженных в воду растений: окаймляют их по всему периметру. Заросли *Persicaria amphibia* моно- или олиго-видовые (в основном с *Agrostis stolonifera* и *Potamogeton* spp.) площадью 20-30 м² и более;

5) полоса широколистных рдестов не выражена и встречается фрагментарно. Образована *Potamogeton lucens* и *P. perfoliatus*, произрастающими на глубинах 3 м и выше.

Ряд видов отмеченных для водохранилища (*Myriophyllum spicatum*, *Alisma plantago-aquatica*, *Vitotus umbellatus*, *Alisma plantago-aquatica*, *Lemna minor*, *Spirodela polyrhiza*) встречаются единично, отдельными особями или группами и не образуют собственные микрогруппировки.

Таким образом, флористическое разнообразие Вилейского водохранилища представлено 28 видами сосудистых растений из 22 родов, 16 семейств, 13 порядков, 3 классов и 2 отделов. Фитоценотическая структура макрофитов простая: сообщества моновидовые, реже олиговидовые, приурочены, в основном, к урезу воды, где формируют полосы зарастания до 10 м шириной.

Работа выполнена в рамках гранта БРФФИ № Б17М-038 «Структурные особенности и динамика растительного покрова в условиях влияния крупного искусственного водоема (на примере Вилейского водохранилища)».

Список литературы

1. Антропогенная трансформация ландшафтов Беларуси // Особо охраняемые природные территории [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: <http://opala.ucoz.ru/index/0-11>. – Дата доступа: 25.02.2013.
2. Блакітная кніга Беларусі: Энцыкл. / Беларус. Энцыкл.; рэдкал.: Н.А. Дзісько [і інш.]. – Мн.: БелЭн, 1994. – 415 с.
3. Водохранилища Белоруссии: справочник / В.М. Широков, В.А. Пидопличко. – Минск: Университетское, 1992. – 80 с.
4. Гигевич Г.С., Власов Б.П., Вынаев Г.В. Высшие водные растения Беларуси: эколого-биологическая характеристика, использование и охрана / под общ. ред. Г.С. Гигевич. – Мн.: БГУ, 2001. – 231 с.
5. Гигиняк Ю.Г., Мороз М.Д. Экологический мониторинг малых водотоков // Экологические проблемы Полесья и сопредельных территорий: Материалы IV Международной научно-практической конференции, Гомель, октябрь 2002 года. – Гомель, 2002. – С. 58-59.
6. Папченков В.Г. О классификации макрофитов водоемов и водной растительности // Экология – 1985, № 6. – С. 8-13.
7. Понятовская В.М. Учет обилия и особенности размещения видов в естественных растительных сообществах // Полевая геоботаника – М.; Л., 1964. – Т. 3. – С. 209-299.
8. Федорук А.Т. Ботаническая география. Полевая практика. – Мн., Изд-во БГУ, 1976. – 224 с.
9. Энцыклапедыя прырода Беларусі : у 5-і т. / рэдкал.: І.П. Шамякін (гал. рэд.) [і інш.]. – Мн. : Беларус. Сав. Энцыклапедыя, 1983. – Т. 1. – 575 с.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПЫЛЬЦЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ЦЕНТРАЛЬНОМ КАВКАЗЕ

М.З. Моллаева

Институт экологии горных территорий им. А.К. Темботова РАН; Нальчик, Россия,
e-mail: monika.011@yandex.ru

В настоящей работе, впервые для Центрального Кавказа описаны аномалии пыльцевых зерен сосны обыкновенной. В результате цитологического анализа морфологических нарушений структуры пыльцы, на исследуемой территории выделены пять морфотипов.

Сосна обыкновенная является одним из основных лесобразователей Центрального Кавказа. Массивы сосновых лесов в Кабардино-Балкарии произрастают в ущельях рек Баксан,

Чегем, Черек, частично в верховьях реки Малки в пределах высот 1400-2800 м над ур. м. [13, 9], единичные экземпляры встречаются на высоте 3000 м над ур. м. [8].

Генеративная сфера сосны очень чувствительна к любым изменениям окружающей среды. Морфологические нарушения структуры и жизнеспособность пыльцевых зерен сосны обыкновенной тесно связаны с суровыми климатическими условиями мест произрастания [10,7,12], загрязнением атмосферы [3, 1, 4]. В норме пыльца сосны обыкновенной имеет шаровидную форму с двумя симметрично расположенными воздушными мешками [6]. Изучению и описанию морфологических изменений пыльцы сосны обыкновенной посвящен ряд исследований, в результате которых авторы выделили различные морфотипы. На основе анализа формы клеток, способов прикрепления, размерам воздушных мешков тератоморфной пыльцы предложено восемь морфотипов [5], О.Ф.Дзюба объединила их в семь [2] а также по отклонениям в развитии экзины и наличию опухолевых новообразований выделено четыре типа [11]. Несмотря, на большое количество работ по изучению морфологических изменений пыльцевых зерен сосны обыкновенной, аномалии пыльцы сосны на Центральном Кавказе ранее не изучены.

Целью работы является анализ спектра аномалий пыльцевых зерен в природных популяциях сосны обыкновенной, произрастающих на Центральном Кавказе.

Объектами исследований послужили природные популяции сосны обыкновенной, произрастающих на Центральном Кавказе (в пределах Кабардино-Балкарской республики). Пробные площади (ПП) заложены вдоль ущелья р. Баксан – Верхний Баксан (1500 м), Тегенекли (1800 м), Чегет (2400 м), Терскол (2500 м).

Сбор материала (10 – 15 микростробил с каждого дерева, с 36-50 деревьев соответственно) производили в период массового вылета пыльцы. Собранный материал (микростробилы) фиксировали в спиртово-уксусном растворе (фиксатор Кларка) Микропрепараты просматривали в проходящем свете под микроскопом Axio Imager. A2 (Carl Zeiss, Германия) с использованием системы формирования изображений AxioVision. В лабораторных условиях оценивали морфометрические параметры пыльцы (размеры, форму, количество воздушных мешков) с использованием стандартных методик [6].

Цитологический анализ хвои сосны обыкновенной на исследуемой территории, выявил следующие морфологические изменения пыльцевых зерен (рисунок). В Баксанском ущелье обнаружены клетки, характеризующиеся наличием аномального числа воздушных мешков (3 воздушных мешка), с 1-м мешком, пыльцевые зерна с редуцированным телом, недоразвитыми воздушными мешками («воротничковая» форма), «гигантские» пыльцевые зерна.

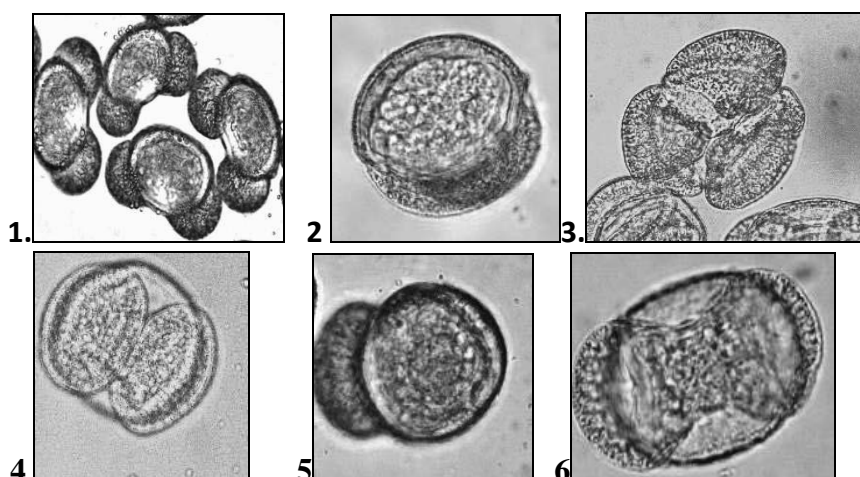


Рисунок – Пыльцевые зерна (1) сосны обыкновенной и типы их аномалий, выявленные в Баксанском ущелье: 2- «воротничковая»; 3-клетка с 3 воздушными мешками; 4-клетка с редуциацией тела; 5-клетка с одним воздушным мешком; 6-клетка – «гигант»

Как видно из таблицы, наиболее распространенной аномалией является редуция тела (рисунок): встречаемость которой в ПП Чегет (2400м) и Тегенекли (1800м) составила око-

до 40 %, ПП Баксан (1500м) около половины, максимальная доля (52,08%) отмечена нами в ПП Терскол (2500 м). Высокая частота встречаемости пыльцы с редукцией воздушных мешков (около 1/3) и с наличием одного воздушного мешка зарегистрирована в ПП Тегенекли (1800м). Следует отметить, что редкая 3-х мешковая пыльца встречена нами только в ПП В.Баксан (1500м), доля которой составила 3,45%. Так называемые «гигантские» пыльцевые зерна обнаружены в ПП Чегет (2400м) и Терскол (2500 м), процент встречаемости их так же невелик.

Различия процентного соотношения аномалий пыльцы между исследуемыми выборками достоверны (при $p=0.05$).

Таблица – Встречаемость различных типов аномалий пыльцы *Pinus sylvestris* L. в Баксанском ущелье.

Типы аномалий	Пробные площадки			
	В.Баксан	Тегенекли	Чегет	Терскол
	80 м от дороги	500 м от дороги	1000 м от дороги	500 м от дороги
Редуцированное тело	48,69%	39,3%	38,35%	52,08%
Редуцированные воздушные мешки	18,25%	29,3%	26,02%	10,41%
3 воздушных мешка	3,45%	0	0	0
1 воздушный мешок.	29,6%	31,4%	28,76%	22,91%
«Гигантское тело»	0	0	6,84%	14,69%

По предварительным результатам цитологического анализа пыльцы *Pinus sylvestris* L. на Центральном Кавказе (на примере Баксанского ущелья) описаны пять морфотипов: клетки с редуцированным телом; пыльцевые зерна с тремя воздушными мешками; с редуцированными воздушными мешками; с одним воздушным мешком; «гигантские» пыльцевые зерна. В дальнейшем планируется проведение исследований по оценке воздействия факторов среды на изменчивость морфологических параметров пыльцы.

Список литературы

1. Василевская Н.В. Морфологическая изменчивость пыльцы *Pinus sylvestris* L в условиях промышленного города (на примере Мончегорска) / Василевская Н.В. Петрова Н.В. // Ученые записки Петрозаводского гос. ун-та. –2014. –№4–С.7-12.
2. Дзюба О.Ф. Тератоморфные пыльцевые зерна в современных и палеопалинологических спектрах и некоторые проблемы палиностратиграфии. / Дзюба О.Ф. // Нефтегазовая геология: теория и практика. –2007. – №2–С.1-22.
3. Калашник Н.А. Аномалии пыльцы у сосны обыкновенной в различных экологических условиях. / Калашник Н.А. // Бюллетень Ботанического сада Саратовского гос. ун-та. –2012–№10–С.46-52.
4. Махнева С.Г. Показатели пыльцы сосны обыкновенной в биомониторинге техногенного загрязнения среды (на примере двух промышленных центров Урала). / Махнева С.Г. // «Биологические системы: устойчивость, принципы и механизмы функционирования»: сборник статей V Всероссийской научно-практической конференции. Нижний Тагил. –2017.– С.230-237.
5. Мельникова Т.А. Аномальная пыльца рода *Pinus* как индикатор палеоклиматических флуктуаций в голоцене / Т.А. Мельникова // Весник ДВО РАН. – 2004. – № 3. – С. 178-182.
6. Моносзон-Смолина М.Х. К вопросу о морфологии пыльцы некоторых видов рода *Pinus* / М.Х. Моносзон-Смолина // Ботан. журн.– 1949. – № 4. – С. 352-380
7. Носкова Н.Е. Микросторогеноз и формирование пыльцы у сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях современного климата Сибири. / Носкова Н.Е., Третьякова И.Н., Муратова Е.Н. // Известия РАН. Серия биологическая. – 2009–№3–С.379-384.
8. Саблирова Ю.М. Типологическое разнообразие, состояние и распространение сосновых лесов Баксанского ущелья (Центральный Кавказ / Саблирова Ю.М. Темботова, Ф.А. Р.Х. Пшегусов // Известия Самарского НЦ РАН. 2015. Т.17, №4-2, с.389-394.
9. Темботова Ф.А. Леса северного макросклона Центрального Кавказа (эльбрусский и терский варианты пояности. / Темботова Ф.А., Пшегусов Р.Х., Тлупова Ю.М. // В кн.: Разнообразие и динамика лесных экосистем России. М.: КМК. 2012. Т. 1. С. 249-259.
10. Тихонова И.В. Морфологические признаки пыльцы в связи с состоянием деревьев сосны в сухой степи. / Тихонова И.В. // Лесоведение. – 2005. – № 1. – С. 63-69.
11. Тупицын С.С. Уровень тератогенеза как показатель состояния биообъекта в разных экологических условиях. / Тупицын С.С., Рябогина Н.Е., Тупицына Л.С // Известия Самарского НЦ РАН. 2012. Т.14, №1-(3), с.822-828.

12. Черепанова О.Е. Влияние факторов среды (температуры и влажности воздуха) на качество пыльцы сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). / Черепанова О.Е., Мишихина Ю.Д. // Аграрный вестник Урала. – 2012 – №7 – С.72-73.

13. Шагапсов, С.Х. Анализ естественной денрофлоры Кабардино-Балкарии. / Шагапсов, С.Х., Старикова, Н.В. // – Нальчик: КБГУ, 2002. – 112с.

ВЛИЯНИЕ ГРАДИЕНТА УВЛАЖНЕНИЯ НА ФЛОРИСТИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЛУГОВЫХ СТЕПЕЙ ПРЕДУРАЛЬЯ

М.В. Петрова, М.В. Лебедева, С.М. Ямалов

Федеральное агентство научных организаций

Федеральное государственное бюджетное учреждение Ботанический сад-институт Уфимского научного центра Российской академии наук; Уфа, Россия, e-mail: mariya.86.86@yandex.ru

Приводятся результаты однофакторного дисперсионного анализа качественных признаков для выявления влияния фактора увлажнения на видовой состав луговых степей. Для анализа было выбрано из фитоценологи степной растительности 200 геоботанических описаний луговых степей Предуралья. При определении влияния фактора увлажнения, было определено, что 131 вид является индифферентным, а 108 видов – статистически значимые и тяготеют к одной из градаций фактора.

Степные экосистемы в Предуралье в пределах Республики Башкортостан (РБ) и Оренбургской области (ОО) расположены большей частью на территориях не удобных для сельскохозяйственного использования. Разнообразие степной растительности в регионе луговыми, богаторазнотравно-дерновиннозлаковыми степями и сухими ковыльными степями, сменяющимися на широтном градиенте с севера на юг. Основным фактором дифференциации флористического состава является уровень увлажнения, преимущественно определяющийся количеством осадков [8, 3].

Нами была поставлена задача – выявить влияние фактора увлажнения на видовой состав луговых степей.

Климат в районе исследования континентальный – с теплым (иногда жарким с суховеями) летом и продолжительной холодной зимой. Среднегодовая температура воздуха колеблется от -4 до 2,80С, а среднегодовое количество осадков – от 300 до 700 мм [1, 2, 6] Наиболее распространенными почвами района исследования являются черноземы. Под луговыми степями в основном формируются выщелоченные черноземы.

В основу работы были положены 200 полных геоботанических описаний луговых степей, выполненных на территории Предуралья (153 – в РБ, 47 – в ОО). Описания выполнялись на площадках 100 м². Для определения влияния градиента увлажнения на флористический состав луговых степей был использован однофакторный дисперсионный анализ качественных признаков для неравномерных комплексов. [5]. Для каждого описания на основании географических координат было определено среднегодовое количество осадков по данным всемирной базы данных www.worldclim.org за период 1950-2000 гг. [7]. По значению данного показателя все описания были разделены на три группы: более 500 мм в год, 400-500 мм в год, менее 400 мм в год. Определение принадлежности видов к отдельным экологическим группам проводилось по сводке «Конспект флоры Челябинской области» [4].

Ценофлора луговых степей Предуралья насчитывается 485 видов высших сосудистых растений, из них для анализа была отобрано 239 видов (49,3%), встречаемых более чем в 10 описаниях. Для 131 вида (54,8%) влияние фактора увлажнения на распределение по градиенту "Север-Юг" не является статистически значимым, тогда как 108 (45,2 %) видов проявляют тяготение к одной из градаций фактора. Из них 53 вида (49,1%) – тяготеет к влажной части градиента, 17 (15,7%) – к средней и 38 (35,2%) – к сухой.

Приуроченность к определенной части градиента влияет на соотношение отдельных экологических групп видов в отношении фактора увлажнения во флористическом составе

сообществ (таблица). Исследуемая территория характеризуется распространением луговых степей с высокой долей ксеромезофильного и мезоксерофильного разнотравья.

К группе видов, тяготеющих к влажной градации, относится 53 вида. Большинство из них являются ксеромезофитами (27 видов), и представлены доминантом степных экосистем *Poa angustifolia*, а также, разнотравьем с широкой экологической амплитудой (*Veronica spicata*, *Fragaria viridis*, *Campanula sibirica*, *Gypsophila altissima*, *Galium tinctorium*, *Nonea rossica*, *Astragalus austriacus* и др.). Примерно одинаковое число видов имеют мезофильный и мезоксерофильный характер (12 и 11 видов соответственно). Мезофиты представлены разнотравьем *Thalictrum minus*, *Galium boreale*, *Pimpinella saxifrage*, *Gentiana cruciate*, *Ranunculus polyanthemos*, *Taraxacum officinale* и др. К мезоксерофитам относятся такие доминанты степных сообществ как *Helictotrichon desertorum* и *Stipa pulcherima*, а также травы и полукустарнички: *Salvia steposa*, *Adonis vernalis*, *Onosma simplicissima*, *Euphorbia caesia*, *Vincetoxicum albowianum*, *Galium octonarium*, *Salvia nutans*, *Centaurea marschalliana* и *Jurinea ledebourii*. Ксерофиты представлены всего тремя видами: дерновинными злаками *Stipa capillata*, *St. korshinskyi* и степным травянистым многолетником – *Oxytropis hippolyti*.

Таблица – Экологические группы в блоках градаций видов

Экологическая группа	Градация		
	Влажная Число видов/ %	Средняя Число видов/ %	Сухая Число видов/ %
Ксеромезофиты	27/ 50,9	12/ 70,6	16/ 42,1
Мезофиты	12/ 22,6	1/ 5,9	7/ 18,4
Мезоксерофиты	11/ 20,8	4/ 23,5	13/ 34,2
Ксерофиты	3/ 5,7	0	2/ 5,3
Итого	53	17	38

Меньше всего видов тяготеют к средней градации фактора увлажнения. Большинство из них также являются ксеромезофитами (12 видов): *Artemisia sericea*, *Hieracium virosum*, *Galatella angustissima*, *Dianthus versicolor*, *Centaurea sibirica*, *Amygdalus nana*, *Aster amellus*, *Achillea stepposa*, *Cerastium arvense*, *Scutellaria supine*, *Thalictrum foetidum* и *Arenaria serpyllifolia*. Мезоксерофиты представлены двумя видами доминантами *Stipapennata* и *St. tirma*, а также разнотравьем – *Medicago romanica* и *Artemisia marschalliana*.

Число видов, тяготеющих к сухой части градиента составляет 38 видов. Из них число ксеромезофитов и мезоксерофитов примерно одинаково (16 и 13 соответственно). Из ксерофитов с высоким постоянством (78%) встречается доминант степных сообществ – *Stipa zalesskii*. Ксеромезофиты представлены широким спектром трав и полукустарничков: *Thymus marschallianus*, *Eremogone longifolia*, *Veronica spuria*, *Pilosella echioides*, *Chaerophyllum prescottii*, *Dianthus andrzejowskianus*, *Spiraea crenata*, *Carex praecox*, *Pedicularis kaufmannii* и др. Мезофиты включают всего 7 видов, из которых один злак (*Bromopsis inermis*), а остальные – травы (*Stellaria graminea*, *Vicia cracca*, *Galatella rossica*, *Melandrium album*, *Hylotelephium triphyllum* и *Rubus saxatilis*).

В системе эколого-флористической классификации изученные сообщества луговых степей относятся к классу **Festuco-Brometea** Br.-Bl. et Tx. ex Klika & Hadač 1944. и двум порядкам – более ксерофитному **Helictotricho-Stipetalia** Toman 1969 и более мезофитному **Festucetalia valesiacaе** Soó 1947.

Анализ показал, что в число индифферентных входят 4 вида относятся диагностического блока порядка **Helictotricho-Stipetalia** (*Carex supina*, *Euphorbia subcordata*, *Potentilla humifusa* и *Scorzonera austriaca*), и 13 видов – порядка **Festucetalia valesiacaе** (*Amoria montana*, *Centaurea scabiosa*, *Festuca pseudovina*, *Filipendula vulgaris*, *Galium verum*, *Inula hirta*, *Koeleria cristata*, *Phleum phleoides*, *Phlomis tuberosa*, *Plantago urvillei*, *Rosa majalis*, *Seseli libanotis* и *Trommsdorfia maculata*).

Диагностические виды порядка луговых степей *Festucetalia valesiacaе* представлены в группе видов, тяготеющей к влажной части градиента: *Stipa capillata*, *Veronica spicata*, *Fragaria viridis*, *Campanula sibirica*, *Poa angustifolia*, *Artemisia latifolia*, *Anemone sylvestris*, *Thalictrum minus* и *Adonis vernalis*. Диагностических видов порядка *Helictotricho-Stipetalia* в данной группе существенно меньше (только 3 вида) – *Salvia stepposa*, *Helictotrichon desertorum* и *Onosma simplicissima*.

В группе видов, тяготеющих к средней части градиента диагностические виды обоих порядков представлены примерно одинаково: из диагностического блока порядка *Festucetalia valesiacaе* - 3 вида (*Dianthus versicolor*, *Stipa pennata* и *Medicago romanica*) и два вида - порядка *Helictotricho-Stipetalia* (*Hieracium virosum* и *Galatella angustissima*).

В группе видов, тяготеющих к сухой градации диагностические виды порядка *Festucetalia valesiacaе* отсутствуют, тогда как диагностический блок порядка *Helictotricho-Stipetalia* представлен 7 видами (*Stipa zalesskii*, *Achillea nobilis*, *Spiraea crenata*, *Poa transbaicalica*, *Verbascum phoenicium*, *Artemisia austriaca* и *Veronica incana*).

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 17-04-00276-а)

Список литературы

1. Атлас Оренбургской области / отв. ред. Т.П. Филатова. – М. : Роскартография, 1993. – 40 с.
2. Башкортостан: Краткая энциклопедия. – Уфа: Научное изд-во Башкирская энциклопедия, 1996. – 672 с.
3. Королюк А.Ю. Степи Северного Казахстана – синтаксономическая ревизия // Растительность России. СПб., 2017. № 30. С. 61-77.
4. Куликов В.П. Конспект флоры Челябинской области (сосудистые растения). Екатеринбург – Миасс: «Геотур». 2005. – 537 с.
5. Плохинский Н.А. Биометрия. М., 1970. – 367 с.
6. Реестр особо охраняемых природных территорий Республики Башкортостан. – Изд.2-е, перераб. – Уфа: Издательский центр "Медиа принт", 2010. – 414 с.
7. Hijmans R.J., Cameron S.E., Parra J.L., Jones P.G., Jarvis A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. Int J Climatol. 2005. No. 25. P. 1965-1978.
8. Ямалов, С. М. Флористическая дифференциация настоящих и луговых степей Южного Урала / С. М. Ямалов, Б. М. Миркин // Растительный мир Азиатской России. – 2010. – №2. – С. 56.

ФЛОРИСТИЧЕСКИЙ СОСТАВ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ СОСНЯКОВ МШИСТЫХ ГРОДНЕНСКОЙ ПУЩИ

А.И. Садковская

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы; Гродно, Беларусь,
e-mail: annet.sadkovskaya@mail.ru

Изучены пять разновозрастных (I, II, III, IV и VI классов возраста) фитоценозов сосняка мшистого в заказнике «Гродненская Пуца». Выявлено произрастание 48 видов сосудистых растений, 9 видов мхов и 7 видов лишайников. Изменчивость объема эколого-ценотических групп сосудистых растений по мере увеличения возраста древостоя носит колебательный характер с увеличением относительного объема боровой группы. По мере увеличения класса возраста древостоя отмечена стабилизация спектра биоморф мохообразных.

Изучение особенностей сложения пространственно-временных рядов растительности как «арены» сукцессионных процессов является необходимым условием для выявления основных трендов в развитии фитоценозов изучаемого региона. Проблемам динамики растительности в современной фитоценологии уделяется достаточное внимание [1]. Исследования в этом направлении позволяют частично ответить на вопрос «почему в одних экосистемах биоразнообразие выше, чем в других, и как связаны между собой биоразнообразие и организация экосистем»? [5]. Подобные исследования играют значительную роль в проектировании и функционировании особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Очень важно, чтобы ООПТ обладали способностью к демутации, что возможно только в том случае, когда со-

храняется оптимальное сочетание сообществ на различных сукцессионных стадиях, в пределах различных пространственно-временных рядов [2, 6].

Одной из ключевых ООПТ Республики Беларусь является республиканский ландшафтный заказник «Гродненская Пуща», который располагается в Гродненском районе в приграничье с Польшей и Литвой, является частью трансграничного лесного массива – Августовская пуща. В структуру заказника входит 23 растительных сообщества, охраняемых в Европе (согласно ЕЕС Habitat Directive), все типы сосновых и березовых лесов, болот и лугов Беларуси, что является исключительно редким для особо охраняемых территорий Беларуси. Сосновые леса в пределах заказника представлены 12 типами леса и относятся к I лесохозяйственной группе. В сосняках доминируют средневозрастные и приспевающие насаждения, занимая более 60 % лесов формации. Возрастная структура сосняков представлена 9-ю классами возраста [7].

Цель работы – изучение закономерностей изменчивости видового состава разновозрастных сосняков мшистых на территории заказника «Гродненская Пуща».

Исследования мы проводили в июле 2017 года на территории ландшафтного заказника республиканского значения «Гродненская Пуща» (Августовское лесничество Гродненского лесхоза). Выбор пробных площадей осуществляли с учетом возраста древостоя фитоценозов. Нами изучено 5 сосняков мшистых с возрастом древостоя 16, 45, 65, 75 и 110 лет (таблица). В ходе исследований проведен полный учет видового состава фитоценозов (включая мхи и лишайники), сделаны сборы растений, их определение [3] и гербаризация [9].

Таблица – Таксационная характеристика древостоя

Параметры древостоя	Квартал № – Выдел №				
	90 – 5	90 – 20	90 – 11	90 – 1	84 – 17
Формула состава	9С1Б(б)	10С+Е	9С1Е	10С+Б(б)	10С
Возраст, лет	16	45	65	75	110
Относительная полнота	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7
Бонитет, класс	II	I	I	I	II

Эколого-ценотический анализ сосудистых растений проводили по [10]. Биоморфный анализ мхов проводили по [8]. Константность семейств считали по 5-балльной шкале по [4].

В пяти разновозрастных фитоценозах сосняка мшистого выявлено 48 видов сосудистых растений, относящихся к 41 роду, 25 семействам; 9 видов мхов, относящихся к 8 родам и 6 семействам; 7 видов лишайников, относящихся к 1 роду (*Cladonia*) и 1 семейству. Доминирующими семействами по количеству видов сосудистых растений во всех фитоценозах являются Ericaceae и Rosaceae, по мхам – Hylocomniaceae. Согласно анализу семейств по классам константности доминирующим является V класс – 40%, в который входит 10 семейств: Betulaceae, Convallariaceae, Cupressaceae, Ericaceae, Fagaceae, Pinaceae, Poaceae, Rhamnaceae, Rosaceae, Scrophulariaceae. Следующим по объему является II класс – 24%, в который входит 6 семейств: Apiaceae, Asphodelaceae, Dennstaedtiaceae, Hypericaceae, Lycopodiaceae, Oxalidaceae. К I классу относится 16%, в который входят 4 семейства: Juncaceae, Lamiaceae, Salicaceae, Violaceae. 12% составляет III класс – в который входит 3 семейства: Caryophyllaceae, Cyperaceae, Polygonaceae. IV класс – 8%, в который входит 2 семейства: Asteraceae, Dryopteridaceae.

В результате анализа видового состава сосудистых растений разновозрастных фитоценозов сосняка мшистого по эколого-ценотическим группам видов растений получены следующие данные (рисунок 1). Видовой объем представителей боровой эколого-ценотической группы возрастает на 15,9% от молодняков до средневозрастного древостоя, затем в приспевающем (65 лет) убывает на 10,8%, затем возрастает на 9,5% в приспевающем (75 лет) и убывает на 2,7% в перестойном древостое. Видовой объем представителей неморальной группы убывает от молодняка до средневозрастного древостоя на 4,4%, затем возрастает на 11,2% в приспевающем (65 лет) древостое, затем убывает на 21,4% в приспевающем (75 лет) и возрастает в перестойном на 7,3%. Доля представителей бореальной группы убывает от

молодняка до средневозрастного на 14,4%, затем возрастает в средневозрастном на 10,2% и в приспевающих и перестойном равна по объему.

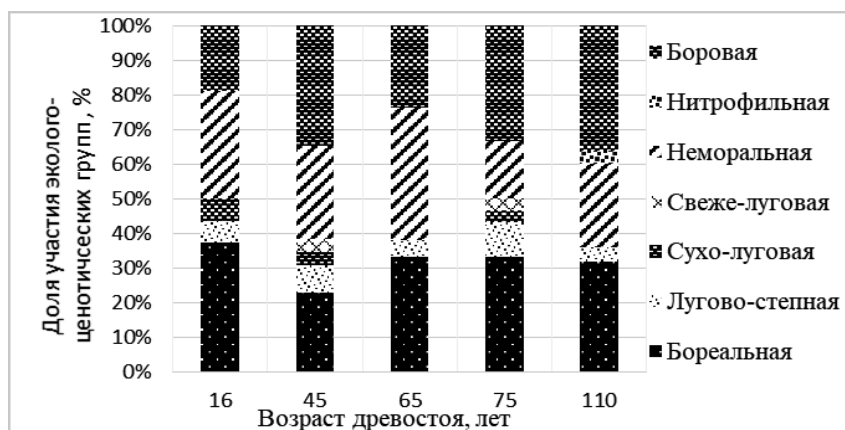


Рисунок 1 – Доля участия эколого-ценотических групп сосудистых растений в сложении фитоценозов

В результате анализа видового состава мхов разновозрастных фитоценозов сосняка мшистого по биоморфам (рисунок 2) нами выявлено, что видовой объем биоморфы «настоящая дернина» в молодняке и средневозрастном древостое сходный и составляет 50%, в приспевающем (65 лет) убывает на 7,1%, в приспевающем (75 лет) и в перестойном возрастает на 22,9% и 20%, соответственно. Участие биоморфы «перисто-ветвистого сплетения» возрастает, начиная с молодняка (3,6 – 11,4%) и резко снижается на 20% в перестойном древостое. Видовой объем биоморфы «разветвленно-ветвистого сплетения» возрастает на 10,7% от молодняка до средневозрастного древостоя, затем убывает от средневозрастного до приспевающего (65 лет) древостоя на 10,7%, затем возрастает на 5,7% и остается стабильным в приспевающем (75 лет) и перестойном древостое. Биоморфа «подушковидная дернина» присутствует только в молодняке, затем сменяется биоморфой «плоского ковра», видовой объем которой в моховом покрове возрастает от приспевающего (65 лет) до приспевающего (75 лет) на 5,7% и сохраняется в перестойном древостое; на наш взгляд, смена биоморф связана с лучшей влагоудерживающей способностью биоморфы «плоского ковра».

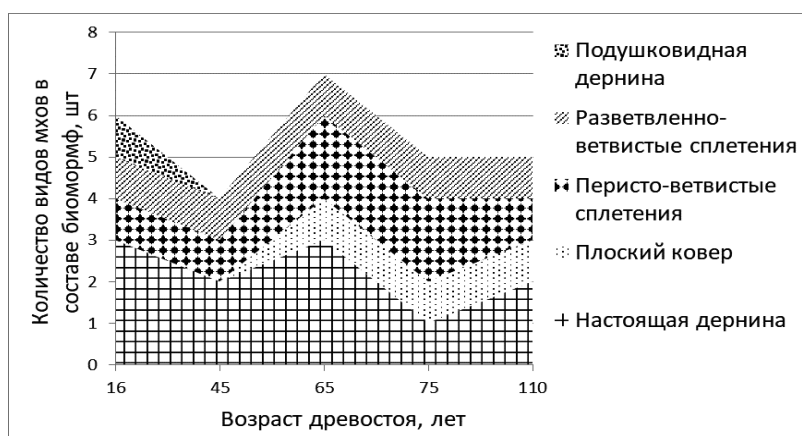


Рисунок 2 – Изменчивость биоморф мхов на пространственно-временном ряду сосняка мшистого

Все виды лишайников обнаружены только в фитоценозе с возрастом древостоя 16 лет.

Таким образом, в результате изучения видового состава разновозрастных фитоценозов сосняка мшистого на территории заказника «Гродненская Пуца» (Гродненский район Беларуси) нами выявлен спектр константности семейств высших растений (доминирует V класс). С увеличением возраста древостоя возрастает доля боровых видов растений на фоне относительно стабильного присутствия в фитоценозах разного возраста бореальной (еловой) и лугово-степной ценотической группы. Спектр биоморф мохообразных в спелых лесах стабили-

зируется и в перестойном древостое слагается из пяти видов: *Aulacomnium palustre*, *Brachythecium salebrosum*, *Dicranum polysetum*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*.

Выражаю благодарность за помощь в работе к.б.н. Созинову О.В., к.б.н. Селевич Т.А., к.б.н. Голубкову В.В., аспиранту Сакович А.А.

Список литературы:

1. Василевич, В.И. Некоторые направления в изучении динамики растительности / В.И. Василевич // Ботан. журн. – 1993. – Т. 78, № 10. – С. 1-15.
2. Гижицкая, С.А. Особенности сложения пространственно-временных рядов степных фитоценозов Центрально-Тувинской и Убсунурской котловин: автореф. ... дис. канд. биол. наук: 03.00.05, 03.00.16 / С.А. Гижицкая // Центр. сиб. ботан. сад СО РАН. – Новосибирск, 2000. – 16 с.
3. Маевский, П.Ф. Флора средней полосы европейской части России / П.Ф. Маевский – изд. 11. – М.: КМК, 2014. – 636 с.
4. Мартынов, А.Н. Основы лесного хозяйства и таксация леса / А.Н. Мартынов, Е.С. Мельников, В.Ф. Ковязин, А.С. Аникин, В.Н. Минаев, Н.В. Беляева. – СПб.: ООО Изд-во «Лань», 2008. – 372 с.
5. Мордкович, В.Г. Биоразнообразие как функциональный параметр биосферы / В.Г. Мордкович // Методики локального, регионального и глобального биосферного мониторинга: Труды III междунар. симпозиума по результатам междунар. программы биосферного мониторинга «Эксперимент Убсу-Нур». – М.: Интеллект, 1994. – С. 21-23.
6. Носс, Р. Проект «Дикие земли». Стратегия сохранения дикой природы / Р. Носс // Новосибирск, 1995. – 52 с.
7. От Марыхи до Котры. Охраняемые природные территории Белорусско-Литовского пограничья. Научн.-попул. издание / Отв. за выпуск Л. Янкаускаене, О. Созинов, Э. Дробялис. – Гродно, 2014. – 70 с.
8. Сакович, А.А. Биоэкологическая база данных мохообразных Беларуси / А.А. Сакович, Г.Ф. Рыковский // Актуальные проблемы экологии: материалы X междунар. науч.-практ. конф (Гродно, 1–3 окт. 2014г. / ГрГУ имени Я. Купаы [и др]; редкол.: В.Н. Бурдь (гл. ред.) [и др.]. – Гродно, 2014. – Ч. 1. – С. 39-40
9. Скворцов, А.К. Гербарий / А.К. Скворцов. – М.: Наука, 1997. – 185с.
10. Смирнов, В.Э. Обоснование системы эколого-ценотических групп видов растений лесной зоны европейской России на основе экологических шкал, геоботанических описаний и статистического анализа / В.Э. Смирнов, Л.Г. Ханина, М.В. Бобровский // Бюлл. МОИП. Отд. биол. – 2006. – Том 111, вып.2, 2006. – С. 36-47.

ПРОДУКТИВНОСТЬ РЕМОНТАНТНОЙ МАЛИНЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ

Е.А. Санелина

Учреждение образования «Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина»; Брест, Беларусь,
e-mail: elena-sanelina@rambler.ru

В статье приведены результаты изучения ремонтантного сорта малины Херитедж, включенного в Государственный реестр сортов Республики Беларусь. Исследовали продуктивность малины ремонтантной в зависимости от уровня поддержания предполивного порога влажности активного слоя почвы (0-50 см) 60, 70, 80 % от наименьшей влагоемкости, доз и способов внесения минеральных удобрений. Установлено, что урожайность малины за весь период сбора составила 9,22 т/га при поддержании влажности почвы на уровне 80 % НВ. Прибавка урожая составила 1,46 т/га относительно варианта 70 % НВ, 3,42 т/га – 60% НВ. Внесение кристалона особым методом фертигации обеспечило прибавку малины 2,69 т/га по сравнению с традиционными удобрениями.

В последнее время из ягодных культур все большее распространение получают ремонтантные сорта малины. В Беларуси под малиной во всех категориях хозяйств занято не более 1 % площадей при средней урожайности 3т/га (при возможных 15 т/га) [1].

Производство ягод малины сдерживают высокая трудоемкость традиционной технологии ее возделывания и ограниченность районированного сортимента.

В настоящее время в Госсортоиспытании Беларуси оценка малины ремонтантной проводится без учета капельного орошения и на почвах наиболее благоприятных для этой культуры, поэтому изучение сортовой реакции малины на капельный полив при возделывании на легких почвах актуально для юга Беларуси. Правильное использование воздействия мине-

рального питания в конкретных условиях позволит получить максимально возможное его количество.

Растение малины на создание надземной, ежегодно возобновляемой части куста, многочисленных отпрысков и обильного урожая расходует большое количество питательных веществ. Почва плантаций без внесения в нее удобрений быстро истощается и не обеспечивает нормального роста и плодоношения уже в первые годы после посадки.

Дозы внесения удобрений и сроки определяются в каждом конкретном случае и зависят от типа почвы и применяемой агротехники. Растения весной быстро идут в рост, за один сезон у них вырастают побеги, которые обильно цветут и к осени дают большой урожай ягод.

По данным литературных источников, малина сильно реагирует на подкормку из легко растворимых удобрений повышением урожая, хорошим ростом побегов замещения и корневых отпрысков. Особенно полезна подкормка в период созревания ягод. Чтобы компенсировать недостаток питательных элементов на дозы удобрений, рекомендуемые для обычной малины, нужно увеличить в полтора-два раза. По зарубежным данным, хороший результат дает внесение микроэлементов. Так, сульфат цинка в дозе 30 кг на гектар увеличил урожай малины на 1,45 т/га. Сульфат цинка совместно с сульфатом марганца повышал содержание сахара в плодах. При применении сульфатов меди, марганца и цинка в количествах соответственно 34,56 и 46 кг/га повышалось содержание в плодах углеводов, сухого вещества и аскорбиновой кислоты. Внесение древесной золы летом повышает урожай и качество ягод будущего года [2–3].

Главным недостатком традиционных способов внесения удобрения в почву, является то, что удобрения распределяются неравномерно и едва достигают концов корневых волосков – точек максимального поглощения питательных веществ. В технологии фертигации удобрение поступает к растениям непосредственно с поливной водой. В системах фертигации легко достигается управление оптимальными концентрациями удобрений, их соотношением и эти параметры могут контролироваться в автоматическом режиме.

Для фертигации малины применяются следующие удобрения: кальцитин ($N + CaCO_3 = 15,5 + 26,5$, % д.в.), кристалон красный ($N + P_2O_5 + K_2O + MgO = 12 + 12 + 36 + 1$, % д.в.), кристалон голубой ($N + P_2O_5 + K_2O + MgO = 19 + 6 + 20 + 3$, % д.в.), которые вносятся в период вегетации с различными дозами. Кристалон голубой и кальцитин вносятся с середины мая до конца июня один раз в неделю (всего 6–7 раз) в дозах 12 кг/га, кристалон красный и кальцитин – с июля до конца августа в дозах 20 кг/га и 10 кг/га соответственно (всего 8–9 раз) [4]. Использовать кристалоны необходимо в соотношении 0,5–3,0 кг удобрения на 1000 л воды. Вышеописанная схема удобрений применима для плодородных почв. На бедных почвах дозы удобрений увеличиваются в 1,5–2 раза.

Экспериментальные опыты по изучению сортов малины ремонтантной в условиях капельного орошения проводились на дерново-подзолистой глееватой связносупесчаной, подстилаемой с глубины 0,8 метра рыхлым песком почве в фермерском хозяйстве «Беркли», расположенном в Брестском районе. В период полного плодоношения изучался сорт Херитедж, включенный в Государственный реестр сортов Республики Беларусь. Схема посадки: 3,0×0,5 м.

При закладке опытов и проведении полевых наблюдений нами были учтены основные положения «Методики полевого опыта» Б.А. Доспехова [5], «Полевого опыта» под ред. П.Г. Найдина [6], «Методики полевого опыта в условиях орошения» В.Н. Плешакова, оценка запасов продуктивной влаги проводилась по параметрам, предложенным А.Ф. Вадюниной и З.А. Корчагиной [7].

Наиболее целесообразно в качестве верхней границы оптимальной влажности почвы использовать наименьшую (предельно полевую) влажность (НВ). Наименьшая влагоемкость является одной из важнейших почвенно-гидрологических характеристик состояния почвы, без знания которой невозможно рациональное регулирование водного режима при выращивании культур. Величина наименьшей влагоемкости определяется мощностью почвенного слоя и водно-физическими свойствами почвы.

Капельное увлажнение малины осуществлялось с помощью капельниц, расположенных по длине трубопровода на расстоянии 0,7 м, обеспечивающих подачу воды 2,2 л/ч. Наблюдение за влажностью почвы осуществлялось термостатно-весовым методом. Влажность слоя почвы глубиной в 0,5 м в контурах увлажнения поддерживались в пределах трех вариантов наименьшей влагоемкости (60, 70, 80 % НВ). В настоящее время дозы внесения минеральных удобрений под малину ремонтантную не так подробно изучены как под основные сельскохозяйственные культуры.

Биологическая продуктивность исследуемой нами малины ремонтантной сформировалась на относительно высоком уровне для третьего года жизни благодаря капельному поливу на малоплодородных почвах. За летний период (июль – август) нами произведено 8 сборов ягод, за сентябрь – 3 по всем учетным делянкам опыта. Данные приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Урожайность малины ремонтантной за весь период сбора, 2015 г.

Предполивной порог, % НВ	Продуктивность в пересчете на 1 га	
	т	± к контр.
контроль	4,10	–
60	5,80	+1,7
70	7,76	+3,66
80	9,22	+5,12

Проведенные исследования показывают, что на формирование урожайности малины ремонтантной существенно влияют нормы полива растений. Поддержание влажности почвы на уровне 80% НВ обеспечивает увеличение урожайности малины ремонтантной периода полного плодоношения с 7,76 до 9,22 т/га относительно варианта поддержания влаги в почве 70% НВ, с 5,8 до 9,22 т/га относительно варианта поддержания влаги в почве на уровне 60% НВ.

На формирование урожая ягодных культур положительное воздействие оказывает также улучшение условий минерального питания.

По полученным результатам установлено оптимальное сочетание факторов для получения высоких урожаев при капельном орошении (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность малины ремонтантной сорта Херитедж за весь период сбора в зависимости от минерального питания, 2015 г.

Варианты опыта	Урожайность в пересчете на 1 га	
	т	± к контр.
Контроль	4,98	-
Традиционные удобрения (N ₁₃₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅)	6,97	+1,99
Кристалон особый (N ₁₃₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅ + микроэлементы)	7,67	+2,69
Фертигация (N ₇₅ P ₃₀ K ₁₀₀ + микроэлементы)	6,63	+1,65
Фертигация (N ₁₂₀ P ₄₅ K ₁₅₀ + микроэлементы)	8,30	+3,32
Фертигация (M ₁₅₀ P ₆₀ K ₂₀₀ + микроэлементы)	8,93	+3,95

Внесение традиционных удобрений способствовало получению прибавки малины на уровне 2 т/га. Замена традиционных удобрений на комплексное водорастворимое удобрение кристалон, в состав которого входят микроэлементы, обеспечило прибавку малины на 2,69 т/га.

В наших исследованиях на бедных почвах увеличение дозы удобрений в 1,5–2 раза способствовало повышению урожайности малины ремонтантной до 8,93 т/га.

Список литературы

1. Легкая, Л.В. Характеристика районированных и перспективных сортов малины ремонтантной в центральной зоне плодоводства Республики Беларусь / Л.В. Легкая. – С.63-67.

2. Церлинг, В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур / В.В. Церлинг // Справочник – М.: Агропромиздат, 1990. – 235 с.
3. Емельянова, О.В. Технология возделывания малины разного срока созревания / О.В. Емельянова // Наше сельское хозяйство. – 2013. – № 9. – С. 100-104.
4. Malina i jeżyna. Program mineralnego nawożenia maliny i jeżyna / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.yara.pl. – Дата доступа: 16.03.2015.
5. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М., 1986. – 416 с.
6. Найдин, П.Г. Полевой метод / П.Г. Найдин. – М.: Колос, 1968. – 276 с.
7. Вадюнина, А.Ф. Методы исследования физических свойств почв / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М., 1986.

ИСТОРИЯ ПОЖАРОВ В СОСНОВЫХ ЛЕСАХ ПРЕДГОРНОГО УЧАСТКА ПЕЧОРО-ИЛЫЧСКОГО ЗАПОВЕДНИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Т.П. Спаи¹, М.В. Бобровский²

¹Пушинский государственный естественно-научный институт; Пушино, Россия,
e-mail: tatyana.crex1995@yandex.ru

²Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН; Пушино, Россия,
e-mail: maxim.bobrovsky@gmail.com

На основании дендрохронологических данных выполнена реконструкция пожаров в сосновых лесах Печоро-Илычского заповедника. Рассчитаны пожарные интервалы и пожарная хронология на изученной территории. Оценка частоты и относительная интенсивность пожаров рассчитана по числу подсушин на стволах. Увеличение частоты пожаров возможно связано с интенсивным освоением территории. Многократные пожары привели к формированию пирогенного ландшафта с преобладанием сосновых лесов.

На территории Предгорного участка Печоро-Илычского заповедника (Троицко-Печорский район республики Коми) сохранились крупные массивы малонарушенных бореальных лесов. При этом повсеместно можно встретить следы пожаров, которые на протяжении долгого времени были одним из ведущих факторов динамики лесных экосистем [1, 2].

Одним из основных подходов к реконструкции истории пожаров является дендрохронологический анализ: определение возраста подсушин на стволах деревьев, образование которых является результатом воздействия огня [3–7]. Несмотря на большое число работ, посвященных исследованию природы заповедника, изучение истории пожаров на территории Предгорного участка здесь было начато сравнительно недавно.

Цель настоящей работы – реконструкция истории пожаров в сосновых лесах на территории Предгорного участка Печоро-Илычского заповедника.

Объектом исследования служили разные типы сосновых лесов кордона заповедника Собинский (61°59' с.ш., 58°0' в.д.). Были изучены пять относительно небольших по площади участков водоразделов, расположенных по левому берегу р. Кедровка (левый приток р. Печора) и разделенных ее притоками. Поскольку в заповеднике невозможно изучение возрастных колец на спилах, подсушины изучали по кернам, которые отбирали с помощью возрастного бурава. В 2014 г. М.В. Бобровским на трансекте длиной 5 км были отобраны 160 кернов из 72 стволов *Pinis sylvestris* и четырех – *Larix sibirica*. Керны препарировали и затем определяли возраст при помощи подсчета годичных колец по изображению после сканирования с высоким разрешением (до 6400 dpi). Хронологию сложных участков уточняли с помощью бинокля.

Определение возраста образования пожарных подсушин по кернам не дает такой точности, как изучение спилов. Основные причины этого: (1) возможность выгорания нескольких колец древесины и (2) постепенное зарастание раны. Таким образом, в некоторых случаях ошибки при определении времени пожаров по кернам могут быть существенными. Одна-

ко при достаточно большом объеме выборки можно надеяться на выявление периодов пожаров, повредивших значительное число деревьев.

На основной части территории сосны представлены несколькими поколениями, что является типичным для пирогенных сосновых ландшафтов. Так, на рисунок 1 показано распределение сосен, из которых отбирались керны, по классам диаметра ствола. Хорошо выделяются три поколения деревьев с модальными диаметрами 20, 40 и 65 см. На большинстве стволов сосен хорошо различимы пожарные подсушины, высота которых в основном составляет 0,5–2 м, но иногда достигает нескольких метров (рисунок 2).

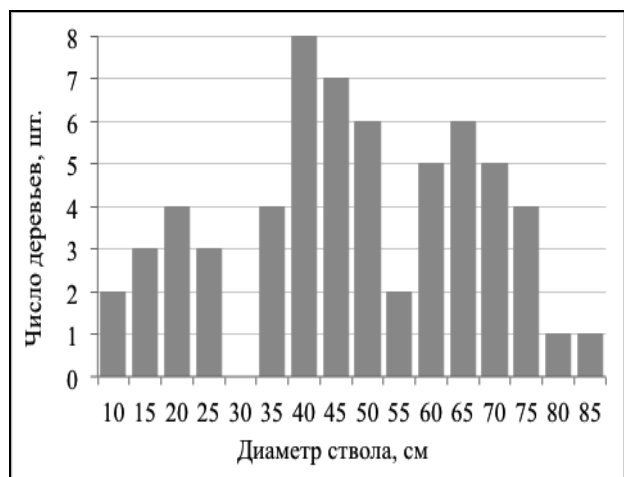


Рисунок 1 – Распределение *Pinus sylvestris* на исследованном участке района к. Собинский (Предгорный участок Печоро-Илычского заповедника) по классам диаметра ствола 10 см

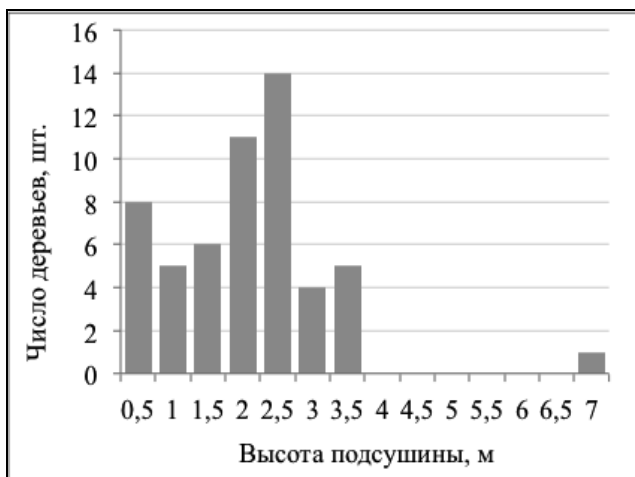


Рисунок 2 – Высота пожарных подсушин на стволах *Pinus sylvestris*. Район к. Собинский (Предгорный участок Печоро-Илычского заповедника)

Возраст пожаров удалось определить для подсушин на 154 кернах из 76 деревьев. Для каждого участка были построены пожарные хронологии. На рисунок 3 показан пример пожарной хронологии для Участка № 4. Была также построена общая пожарная хронология для исследованной территории, длительность которой составила 327 лет.

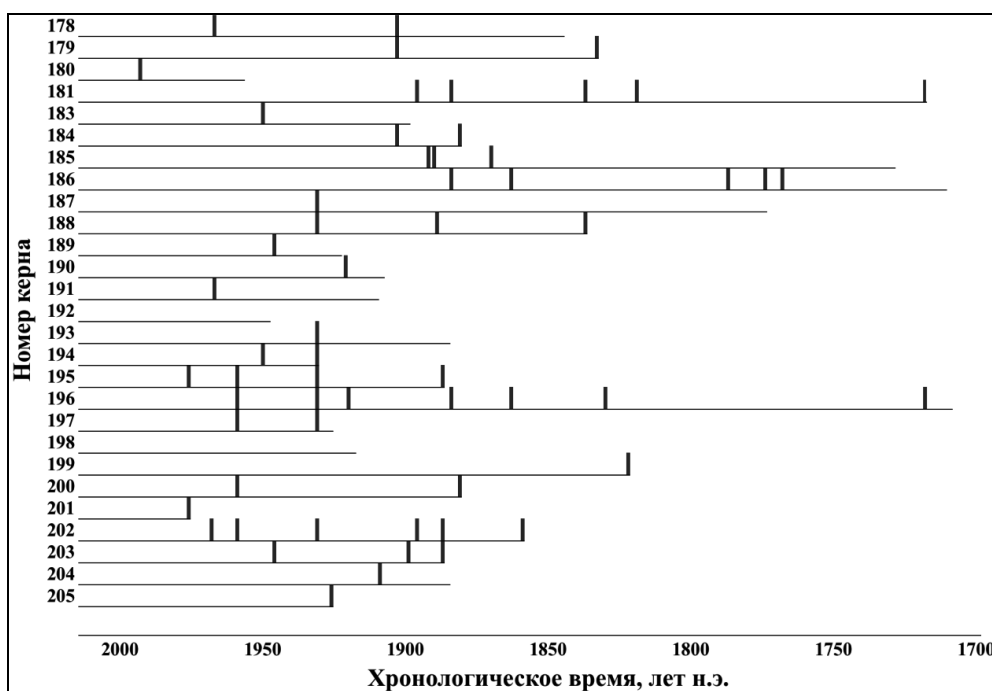


Рисунок 3 – Пожарная хронология для сосновых лесов на Участке №4 в районе к. Собинский, Предгорный участок Печоро-Илычского заповедника. Горизонтальные линии представляют отдельные деревья, на которых вертикальными линиями показаны пожарные подсушины. Порядок деревьев соответствует их расположению на трансекте

Полученные данные позволили оценить как частоту, так и относительную интенсивность пожаров, которую оценивали через число подсушин на стволах. Установлены даты более 30 пожаров. Рассчитаны пожарные интервалы как для разных участков, так и для разных временных отрезков (рисунок 4).



Рисунок 4 – Число пожарных подсушин для всех исследованных деревьев в районе к. Собинский (Предгорный участок Печоро-Илычского заповедника) по десятилетиям

Длительность пожарной хронологии, построенной по 154 кернам из 76 деревьев для сосновых лесов района к. Собинский Предгорного участка Печоро-Илычского заповедника, составила 327 лет. Установлены даты более 30 пожаров. Средний пожарный интервал на изученной территории менее 10 лет. С конца 17 века до 1830 годов пожары единичны. Частота пожаров увеличилась в 1830, а затем в 1880 годах, вероятно в связи с хозяйственным освоением региона. Частота и интенсивность пожаров были максимальными в 1930, 1950 и 1960-х годах. Абсолютный максимум числа пожарных отметин отмечен для 1959 г. В результате многократных пожаров был сформирован типичный пирогенный ландшафт с преобладанием сосновых лесов, древостой в которых представлен разновозрастными когортами.

Список литературы:

1. Смирнова О.В., Бобровский М.В., Ханина Л.Г., Смирнов В.Э. Сукцессионный статус старовозрастных темнохвойных лесов Европейской России // Успехи совр. биологии. 2006. Т.126. №1. С. 27-49.
2. Смирнова О.В., Бобровский М.В., Ханина Л.Г., Смирнов В.Э. Биоразнообразие и сукцессионный статус темнохвойных лесов Шежимопечорского и Большепорозного ботанико-географических районов Печоро-Илычского биосферного заповедника // Тр. Печоро-Илычского заповедника. Вып.15. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2007. С.28-47.
3. Zackrisson O. Influence of forest fires on the north Swedish boreal forest // Oikos. 1977. Vol. 29. P. 22-32.
4. Pitkänen A. Palaeoecological study of the history of forest fires in eastern Finland. PhD thesis. Univ. Joensuu Publ. Sci. 1999. Vol. 58. – 31 p.
5. Niklasson M., Drakenberg A. 600-year tree-ring fire history from Norra Kvills National Park, southern Sweden: implications for conservation strategies in the hemiboreal zone // Biological Conservation. 2001. Vol. 101. P. 63-71.
6. Lehtonen H., Huttunen P., Zetterberg P. Influence of man on forest fire frequency in North Karelia, Finland, as evidenced by fire scars on Scots pines // Ann. Bot. Fennici. 1996. Vol. 33. P. 257-263.
7. Conedera M., Tinner W., Neff C., Meurer M., Dickens A., Krebs P. Reconstructing past fire regimes: methods, applications, and relevance to fire management and conservation // Quaternary Science Reviews. 2009. Vol. 28. P. 435-456.

ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ВОДОЕМОВ НАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКА «НИЖНЕСУЛЬСКИЙ»

М.Ю. Старовойтова

Национальный природный парк «Нижнесульский»; пгт Оржица, Украина, e-mail: kollim84@i.ua

Работа посвящена изучению современного состояния покрова водоемов территории НПП «Нижнесульский» - высшей водной растительности (далее ВВР), ее динамики. Установлено, что для ВВР региона исследования характерны автогенетические (сингенетические, эндогенетические) и экзогенетические (природные и антропогенные) изменения. В частности, автогенетические (сингенез и эндогенез) изменения характерны для начальных этапов зарастания акваторий, в которых постоянно происходят аллювиальные процессы. Время и характер их происхождения зависят от типа водного объекта (русло реки, залив), структуры донных отложений, толщи воды и скорости течения. Среди экзогенетических ведущая роль принадлежит антропогенным изменениям. Из них самые распространенные – сукцессии, вызванные чрезмерным обводнением и зарегулированием русла.

Национальный природный парк «Нижнесульский» создан в соответствии с Указом Президента Украины от 10.02.2010 г. (№155/2010). Расположен на территории Глобинского, Семеновского и Оржицкого районов Полтавской области и Чернобаевского района Черкасской области (окрестности сел Липовое, Горошино, Погребняки, Демяновка, Великоселецкое, Малоселецкое, Плехов, Онишки, Чутовка, Лящовка, Большая Буримка, Мохнач, Михайловка) с целью сохранения, воспроизводства и рационального использования природных ландшафтов, которые имеют важное природоохранное, эстетическое, научное, образовательное, историко-культурное, рекреационное и оздоровительное значение.

По геоботаническому районированию Украины [1] территория парка относится к Евразийской степной области, Лесостепной подобласти, Восточно-европейской лесостепной провинции, Левобережно-Днепровского округа липово-дубовых, грабово-дубовых, сосновых (на террасах) лесов, лугов, галофитной и болотной растительности. Территория находится в долине реки Сула, преимущественно в ее пойме.

В связи с усилением антропогенного давления на акватории актуальной проблемой является исследование их растительного покрова.

Одним из крупнейших центров высшей водной растительности на территории Левобережной Лесостепи Украины есть водоемы бассейна реки Сула, которые отмечаются уникальностью, богатством и разнообразием. Наиболее их концентрация выражена на территории НПП «Нижнесульский».

Проводимые нами геоботанические исследования на протяжении 2010-2017 годов показали, что высшая водная растительность территории исследования подвергается значительному антропогенному давлению. Ведущими факторами являются: зарегулирование русла, подпор устьевой части Кременчугским водохранилищем, загрязнение водоемов, чрезмерное хозяйственное освоение прилегающих территорий [2,3].

Установлено, что для ВВР региона характерны автогенетические (сингенетические, эндогенетические) и экзогенетические (природные и антропогенные) изменения (рисунок).

Автогенетические изменения (сингенетические и эндогенетические) представлены первичными природными и вторичными демутиационными.

Эндогенетические изменения длительные во времени, происходят под влиянием водных видов растений на экотопы, что проявляется в механической аккумуляции донных отложений и накоплении детрита. Изменения происходят в направлении формирования поясов воздушно-водной растительности, а также настоящей водной. Первые характеризуются поясным, а вторые - мозаичным типом пространственного строения.

Экзогенетические изменения [4] являются определяющими в формировании растительного покрова водоемов и водотоков региона. Делятся они на природные и антропогенные.

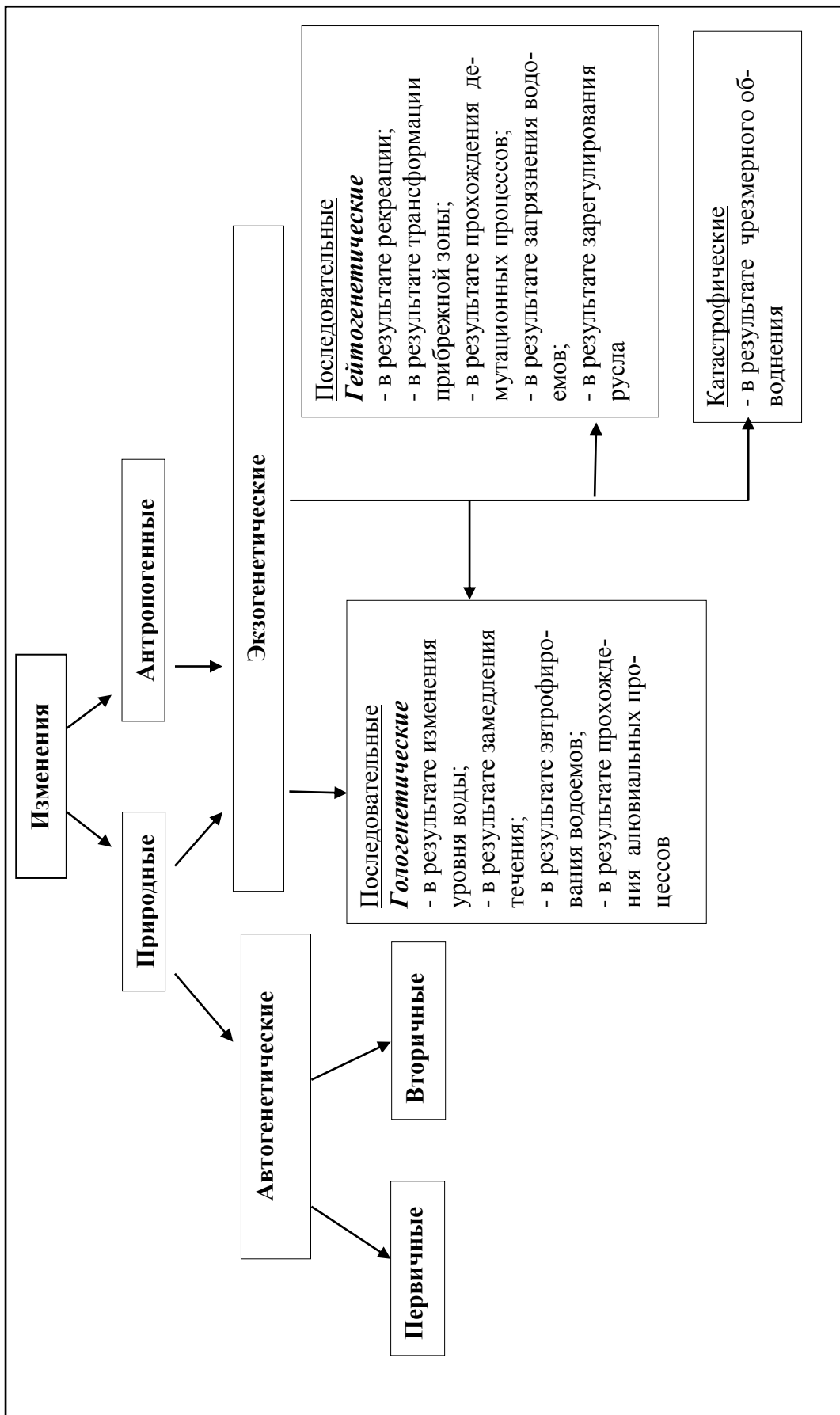


Рисунок – Схема изменений высшей водной растительности водоемов НПШ «Нижнесульский»

Наиболее характерны сукцессии, обусловленные снижением уровня воды, эвтрофированием и замедлением течения. Указанные факторы, как правило, осуществляют комплексное воздействие на ход динамических процессов. Антропогенные изменения являются самыми распространенными. Самыми многочисленными по площадям прохождения есть те, которые обусловлены обводнением и антропогенным эвтрофированием. Их особенностью является скорость течения во времени, формирование маловидовых ценозов, в которых преобладают виды с широкой экологической амплитудой. Среди катастрофических наиболее распространены изменения вследствие чрезмерного обводнения (строительства водохранилищ, затопления карьеров); последовательных – рекреации, трансформации прибрежной полосы, зарегулирования русла. Изменения, вызванные чрезмерным обводнением, характеризуются, прежде всего, полной деградацией наземной растительности.

В целом, проведенный нами анализ антропогенных изменений, указывает на тенденцию к упрощению структуры ценозов, увеличение количества нестабильных сообществ, снижение продуктивности, сокращение площадей ценных в ботаническом отношении ценозов. Среди естественных изменений лидируют сукцессии обусловленные снижением уровня воды в русле реки Сула, которые являются наиболее распространенными и характерными для территории. Они обусловлены естественным поднятием поверхности дна водоема вследствие накопления донных отложений, или уменьшение обводненности.

Список литературы

1. Геоботаничне районування Української РСР. – К.: Наук. думка, 1977. – 304 с.
2. Старовойтова М.Ю. Структура и динамика высшей водной растительности водоемов центральной и северо-западной части Левобережной Лесостепи Украины / М.Ю. Старовойтова // Отечественная геоботаника: основные вехи и перспективы: мат-лы Всероссийской конф., 20-24 сентября 2011 г. – Санкт-Петербург, 2011. – с. 258-267.
3. Старовойтова М.Ю. Прогноз изменений растительного покрова Сульского залива Кременчугского водохранилища (северо-восток Украины) / М.Ю. Старовойтова // Современное состояние, тенденции развития, рациональное использование и сохранение биологического разнообразия растительного мира: мат-лы междунар. науч. конф., 23 – 26 сентября 2014 г., Минск – Нарочь 2014. – с. 249-254.
4. Старовойтова М.Ю. Екзогенетичні зміни вищої водної рослинності водойм басейну річки Сули / М.Ю. Старовойтова // Молодые исследователи – ботанической науке 2012: мат-лы III междунар. науч.-практ. конф., 28 – 29 сентября 2012 г., – Гомель, ГГУ им. Ф. Скорины. 2012. – с. 39- 44.

ЭКОЛОГО-ФИТОЦЕНОТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И РЕСУРСНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА *MENYANTHES TRIFOLIATA* L. НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКО-ВАЛДАЙСКОЙ ПРОВИНЦИИ

И.П. Сысой

Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Национальной академии наук Беларуси»; Минск, Беларусь, e-mail: mastibrotskaya@mail.ru

Определены наилучшие фитоценотические и экологические условия для произрастания Menyanthes trifoliata. Выделены растительные сообщества, в которых перспективно проводить заготовки лекарственного сырья вахты трехлистной. В них измерены ее биометрические и продукционные показатели. Проведена оценка восстановления данного вида после полного изъятия сырьевой фитомассы. В исследуемом регионе определены запасы сырья и выделены районы с максимальными возможными ежегодными объемами заготовок вахты.

Menyanthes trifoliata L. – Вахта трехлистная – многолетнее травянистое растение семейства Menyanthaceae Dumort., произрастающее на низинных лугах и болотах, по заболоченным берегам рек и озер, мелиоративным каналам [9]. С лекарственной целью применяются листья – *Menyanthidis trifoliateae folia*, которые собирают после цветения, в июле – августе [2, 11]. В медицине они применяются в качестве средства, возбуждающего аппетит и способствующего усилению желудочно-кишечной секреции, при гастритах с пониженной кислот-

ностью, расстройствах пищеварения, а также как желчегонное и слабительное средство [1, 16]. Препараты на основе этого сырья обладают противоязвенными, противовоспалительными, антибактериальными, а также в эксперименте иммуномоделирующими свойствами [12].

Данный вид является перспективным для увеличения объемов заготовок, расширения ассортимента выпускаемых лекарственных средств и создания новых препаратов. Однако полноценные данные о распространении, численности, занимаемой площади, удельной сырьевой фитомассе, запасах и возможных ежегодных объемах заготовок *M. trifoliata* на территории исследуемого региона отсутствуют. В связи с этим возникла необходимость в проведении эколого-фитоценотического и ресурсного анализа вахты трехлистной.

Изучение *M. trifoliata* проводили на территории Белорусско-Валдайской провинции. Данный физико-географический регион расположен в северной части республики и имеет свои геоморфологические, ландшафтные, климатические, гидрологические, почвенные и геоботанические особенности, определяющие его флористический состав, специфический характер распределения видов растений и характеризующийся значительной интенсивностью заготовок и закупок лекарственного сырья.

Для установления мест произрастания вахты их поиск осуществляли с помощью картографических, лесотаксационных материалов и непосредственно на местности маршрутно-рекогносцировочным методом [6, 10]. Исследования проводили как на временных, так и на постоянных пробных площадях, где закладывали учетные площадки размером 1 м x 1 м [7].

При выделении типов леса руководствовались лесотипологическими таблицами [18]. Луговые и болотные растительные сообщества классифицировали по системе Браун-Бланке [13, 19].

Частота встречаемости вахты в конкретном типе растительных сообществ определялась как количество описаний, в которых она была отмечена, по отношению ко всем описаниям данного типа растительных сообществ [10]. При оценке фитоценотической активности вида использовалась пятибалльная шкала, сочетающая в себе 2 определяющих показателя (обилие-покрытие и класс постоянства) [3]. Проективное покрытие *M. trifoliata* определяли глазомерно или с помощью сеточки Раменского [10].

Удельную сырьевую фитомассу вахты определяли на учетных площадках в конкретных зарослях [6-8, 10]. Сырье заготавливали и затем сушили в соответствии с требованиями инструкций по сбору и сушке растений [11]. На каждой площадке также измеряли проективное покрытие вида, высоту побегов и количество листьев. Полученные результаты статистически обработаны с использованием общепринятых методов при помощи пакетов программ Statistica и MS Excel.

Ресурсы *M. trifoliata* определяли в пределах административных районов, расположенных в границах исследуемого региона, с помощью алгоритма кадастровой региональной оценки запасов сырья [5], основанного на общепринятых методиках [6, 8]. Специально разработанными компьютерными программами [5] обрабатывались полевые и литературные материалы с последующим расчетом площади и численности вахты, а затем определялись биологический и эксплуатационный запасы сырья с учетом площади данного вида и удельной сырьевой фитомассы, а также возможные ежегодные объемы заготовок сырья – как частное от деления эксплуатационного запаса сырья на оборот заготовки, включающий год заготовки и продолжительность периода восстановления заросли [6-8, 10].

В ходе выполнения научно-исследовательской работы определено распределение по спектру сообществ с участием вахты и в зависимости от некоторых наиболее значимых факторов среды, а также частота ее встречаемости, фитоценотическая активность, среднее проективное покрытие и удельная сырьевая фитомасса. Исследовано 137 ценопопуляций *M. trifoliata*. В результате обработки полученных материалов выявлено, что среди луговых и болотных сообществ вахта широко распространена в сообществах следующих союзов: *Phragmites communis*, *Magnocaricion elatae*, *Caricion lasiocarpae*. Установлено, что данный вид предпочитает мезогигро- и гидрофильные сообщества. Они имеют обводненные, преимущественно проточные условия формирования на переувлажненных, небогатых, средне-, слабо-

кислых и нейтральных почвах [13, 19]. Найдена зависимость распределения вахты по луговым экосистемам от уровня грунтовых вод, который определялся на основе приуроченности данных типов растительных сообществ к определенным условиям среды [13]. Зарегистрировано, что наибольшее количество ценопопуляций *M. trifoliata* наблюдается в растительных сообществах, которые формируются в условиях залегания грунтовых вод в пределах от +0,9 м до 0,0 м.

В результате анализа фитоценологических особенностей вахты трехлистной отмечено, что 21% исследуемых ценопопуляций от общего их количества сосредоточен в лесах. Максимальное количество ценопопуляций и наибольшее проективное покрытие *M. trifoliata* зафиксировано в черноольшаниках.

По наибольшему количеству ценопопуляций, среднему проективному покрытию, частоте встречаемости и фитоценологической активности вахты выделены растительные сообщества, в которых перспективно проводить заготовки ее лекарственного сырья. Это растительные сообщества союзов *Phragmition communis*, *Magnocaricion elatae*, *Caricion lasiocarpae*, а среди лесных растительных сообществ – черноольшаники болотно-папоротниковые (ОЛЧ БОЛ-ПАП). В них оценены биометрические и продукционные показатели данного вида (таблица).

Таблица – Биометрические и продукционные показатели *M. trifoliata*

Растительные сообщества	Среднее проективное покрытие, %	Средняя высота побегов, см	Среднее количество листьев, шт/м ²	Удельная сырьевая фитомасса в сыром состоянии, г/м ²	Удельная сырьевая фитомасса в воздушно-сухом состоянии, г/м ²
<i>Phragmition communis</i>	46,06±5,00	37,51±2,62	147,03±11,98	287,49±40,47	41,06±5,93
<i>Magnocaricion elatae</i>	37,50±7,04	36,60±1,07	127,10±32,93	115,98±21,88	18,70±3,48
<i>Caricion lasiocarpae</i>	32,92±5,33	20,73±1,19	173,08±17,82	188,40±21,47	28,83±3,06
ОЛЧ БОЛ-ПАП	13,43±3,64	21,88±1,77	64,00±14,97	29,55±4,89	3,85±0,66
В среднем в регионе	38,33±3,32	32,27±1,70	139,36±9,75	210,28±24,76	30,71±3,59

Максимальное значение сырьевой фитомассы *M. trifoliata* наблюдалось в растительных сообществах союза *Phragmition communis* при наибольших значениях ее проективного покрытия и высоты побегов. Это может свидетельствовать о том, что в этих сообществах наилучшие фитоценологические и экологические условия для произрастания данного вида. Минимальное значение сырьевой фитомассы отмечено в черноольшаниках болотно-папоротниковых, где самые низкие значения проективного покрытия и количества побегов вахты. Данные по удельной сырьевой фитомассе *M. trifoliata* согласуются с результатами исследований, проведенных в других регионах. Так, в южной Карелии величина ее сырьевой фитомассы в сообществах *Caricion lasiocarpae* изменялась от 10,7±1,2 до 26,7±1,5 г/м² [17]; в центральной части Томской области удельная фитомасса листьев на осоково-вахтосфагновом и клюквенно-вахтосфагновом болоте составила 32,0±4,3 и 31,0±4,1 г/м² соответственно [15].

Выявлена положительная корреляционная связь между массой лекарственного сырья вахты трехлистной и проективным покрытием, количеством листьев и высотой побегов. Построены линейные регрессионные модели данной зависимости, которые подробно рассмотрены в ранее опубликованной научной статье автора [14].

Проведена оценка восстановления *M. trifoliata* после изъятия ее сырьевой фитомассы. Сравнительный анализ материалов показал, что в исследуемых растительных сообществах ресурсные показатели вахты трехлистной восстанавливаются полностью через 2 года после однократной заготовки, при этом наблюдается их увеличение относительно исходных измерений. Установлено, что данный вид обладает высокой устойчивостью к периодическим заготовкам. Выявлено, что наилучшим режимом двукратной заготовки является сбор лекарственного сырья два года подряд. Определено, что в результате заготовки вахты три года подряд изучаемые показатели не полностью достигают первоначальных значений. Следовательно, изъятие сырья на одном и том же месте можно проводить 2 года подряд, однако очередную заготовку *M. trifoliata* необходимо осуществлять не ранее чем через 2 года. Полученные результаты подтверждаются данными других авторов. Так, исследования, проведенные в

южной Карелии, показали, что в первые 2 года использования зарослей вахты удельная фитомасса листьев восстанавливается полностью, а в последующие годы наблюдается ее снижение, особенно при ежегодном срезании сырья [17]. На охраняемых территориях в Московской и Вологодской областях полное возобновление биомассы вахты также происходит за 2 года [4].

Анализ кадастровой региональной ресурсной оценки *M. trifoliata* позволил выявить центры концентрации ее запасов. Основные биологические запасы сырья вахты более 50 т сосредоточены на территории Браславского (54,75), Глубокского (58,30), Городокского (73,50), Докшицкого (57,91) и Полоцкого (59,48) районов Витебской области; Мядельского района (56,07) Минской области. Наибольшие эксплуатационные запасы (более 20 т) отмечены в Браславском (27,37), Витебском (20,95), Глубокском (29,15), Городокском (36,75), Докшицком (28,96), Миорском (22,87), Полоцком (29,74) и Поставском (23,29) районах Витебской области; Сморгонском районе (21,21) Гродненской области; Мядельском районе (28,04) Минской области.

Выделен целый ряд районов с максимальными возможными ежегодными объемами заготовок сырья вахты (более 7 т): Браславский (9,12), Глубокский (9,72), Городокский (12,25), Докшицкий (9,65), Миорский (7,62), Полоцкий (9,91) и Поставский (7,76) районы Витебской области; Сморгонский район (7,07) Гродненской области; Мядельский район (9,35) Минской области.

Таким образом, проведенные исследования показали, что *M. trifoliata* на территории исследуемого региона образует заросли, пригодные для заготовок сырья, и имеет значительный ресурсный потенциал для увеличения объемов заготовок без ущерба для региональной популяции, что послужит основой устойчивого использования растительных ресурсов вахты трехлистной на территории Белорусско-Валдайской провинции.

Список литературы

1. Гесь Д.К. Лекарственные растения и их применение. Изд. 5-е, переработанное и дополненное / Д.К. Гесь и др.; науч. ред.: И.Д. Юркевич, И.Д. Мишенин. – Минск: Наука и техника, 1974. – 591 с.
2. Государственная фармакопея Республики Беларусь. В 3 т. Т. 2. Контроль качества вспомогательных веществ и лекарственного растительного сырья / Под общ. ред. А.А. Шерякова. – Молодечно: Типография «Победа», 2008. – 472 с.
3. Ивенкова И.М. Фитоценотическая активность *Conyza canadensis* (L.) Cronquist в растительных сообществах Брянской области / И.М. Ивенкова // Вестник Брянского государственного университета. – 2013. – № 4. – С. 99-104.
4. Крылова И.Л. Сезонная динамика и скорость восстановления запасов надземной биомассы брусники и вахты / И.Л. Крылова, Я.С. Трембала // Растительные ресурсы. – 1978. – Т. XIV. – Вып. 3. – С. 360-366.
5. Мастибротская И.П. Методические подходы к региональной кадастровой оценке запасов сырья хозяйственно-полезных растений / И.П. Мастибротская, О.М. Масловский, П.А. Родионов // Проблемы лесоведения и лесоводства: Сборник научных трудов ИЛ НАН Беларуси. – Гомель, 2010. – Вып. 70. – С. 76-88.
6. Методика определения запасов лекарственных растений. – Москва, 1986. – 52 с.
7. Методика проведения мониторинга растительного мира в составе Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь / под ред. А.В. Пугачевского. – Минск: Право и экономика, 2011. – С. 58-80.
8. Методы изучения лесных сообществ / Е.Н. Андреева [и др.] / отв. ред. В.Т. Ярмишко, И.В. Лянгузова. – Санкт-Петербург: НИИХимии СПбГУ, 2002. – 240 с.
9. Определитель высших растений Беларуси / Под ред. В.И. Парфенова. – Минск: Дизайн ПРО, 1999. – 472 с.
10. Порядок проведения планового обследования территории Республики Беларусь для кадастрового учета объектов растительного мира: ТКП 17.12-09-2015 (33140). – Минск, 2015. – С. 5-14.
11. Правила сбора и сушки лекарственных растений (сборник инструкций) / отв. ред. А.И. Шретер. – Москва: Медицина, 1985. – 328 с.
12. Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Т. 4. Семейства *Caryophyllaceae* – *Lobeliaceae* / Отв. ред. А.Л. Буданцев. – Санкт-Петербург; Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2011. – С. 67-68.
13. Сцепановіч І.М. Эколага-фларыстычны дыягназ сінтаксонаў прыроднай травяністай расліннасці Беларусі / І.М. Сцепановіч. – Мінск: «Камтат», 2000. – 140 с.

14. Сысой И.П. Оценка массы сырья дикорастущих лекарственных растений по некоторым биометрическим и продукционным показателям / И.П. Сысой // Ботаника (исследования): Сб. науч. тр. / Ин-т эксперимент. бот. НАН Беларуси. – Минск, 2016. – Вып. 45. – С. 145-159.
15. Тимошок Е.Е. Структура ценопопуляций *Menyanthes trifoliata* L. и ее изменение после заготовок сырья (Томская область) / Е.Е. Тимошок, И.О. Гурьянова // Растительные ресурсы. – 1988. – Т. 24. – Вып. 3. – С. 335-342.
16. Шмярко Я.П. Лекавыя расліны ў комплексным лячэнні / Я.П. Шмярко, І.П. Мазан. – Мінск: Навука і тэхніка, 1989. – 399 с.
17. Юдина В.Ф. Влияние заготовок листьев на состояние запасов сырья вахты трехлистной / В.Ф. Юдина, Т.А. Максимова // Растительные ресурсы. – 1979. – Т. 15. – Вып. 3. – с. 368-370.
18. Юркевич И.Д. Выделение типов леса при лесоустроительных работах / И.Д. Юркевич. – Минск: Наука и техника, 1972. – 72 с.
19. Maslovsky O. Grassland inventory of Belarus / O. Maslovsky and all. – Minsk: Al-Pak, 2007. – 88 p.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ	5
CALCIUM- AND POTASSIUM-PERMEABLE CATION CHANNELS PLAY THE ROLE OF SENSORS FOR REACTIVE OXYGEN SPECIES IN THE PLASMA MEMBRANE OF HIGHER PLANTS	
<i>V. Demidchik, V. Mackievic, V. Samokhina, M. Makavitskaya, P. Hryvusevich, I. Navaselsky, E. Tyutereva, O. Voitsekhovskaja, A. Sokolik</i>	5
MONOPHYLETIC BRANCHES OF THE FAMILY TELOSCHISTACEAE (LICHEN-FORMING ASCOMYCOTA): CURRENT STATE, SPECIES DIVERSITY, DISTRIBUTION AND PERSPECTIVES	
<i>S.Y. Kondratyuk</i>	6
СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О КЛАССИФИКАЦИИ ГАЛОФИТНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЕВРОПЫ	
<i>Т.М. Лысенко</i>	14
НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ДВУХ ПОДХОДОВ К КРУПНОМАСШТАБНОМУ КАРТОГРАФИРОВАНИЮ ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ЮЖНОМ НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ РОССИИ	
<i>Ю.А. Семениченков</i>	19
ЧУЖЕРОДНАЯ ФЛОРА СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ: РАЗНООБРАЗИЕ И СТРУКТУРА	
<i>С.А. Сенатор</i>	23
РЕГРЕССИОННЫЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКИ УРОЖАЙНОСТИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ	
<i>О.В. Созинов, Г.Н. Бузук</i>	29
СЕКЦИЯ 1. БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И СИСТЕМАТИКА СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ, МОХООБРАЗНЫХ, ГРИБОВ, ЛИШАЙНИКОВ И ВОДОРОСЛЕЙ	34
OVERVIEW OF GEOPHYTES OF QUBA AND QUSAR DISTRICTS IN AZERBAIJAN	
<i>P.N. Aghayeva, P.X. Qarakhani</i>	34
НОВЫЕ ОСОБО ЦЕННЫЕ ПРИРОДНЫЕ И ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ НА ЗАПАДЕ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ (РОССИЯ)	
<i>М.И. Хомутовский</i>	36
ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФЛОРЫ МУРАНСКОГО БОРА	
<i>А.В. Красникова, О.В. Калашикова</i>	39

О НАХОЖДЕНИИ <i>HERMINIUM MONORCHIS</i> (L.) R. BR. (<i>ORCHIDACEAE</i> JUSS.) В УШАЧСКОМ РАЙОНЕ ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ.	
<i>В.Н. Лебедько, С.С. Савчук</i>	41
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СЕКВЕНИРОВАНИЯ В ВИДОВОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ГЕРБАРНЫХ ОБРАЗЦОВ ГРИБОВ СЕМЕЙСТВА <i>ERYSIPHACEAE</i>	
<i>В.О. Лысюк</i>	43
НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ О ГАСТЕРОМИЦЕТАХ ИЗ БАСЕЙНА Р. ПСЁЛ (УКРАИНА, ЛЕВОБЕРЕЖНАЯ ЛЕСОСТЕПЬ)	
<i>Я.Н. Макаренко</i>	46
ВТОРИЧНАЯ СТРУКТУРА ITS2-ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ <i>SILENE SYTNIKI</i> (<i>CARYOPHYLLACEAE</i>) В СРАВНЕНИИ С БЛИЗКИМИ ВИДАМИ	
<i>В.А. Мартынюк, Н.И. Карпенко, И.Ю. Костиков</i>	48
БОТАНИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ И ФИТОХОРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АБОРИГЕННОГО КОМПОНЕНТА ФЛОРЫ БАСЕЙНА РЕКИ ЯСЕЛЬДЫ	
<i>А.Н. Мялик</i>	51
ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД В СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЯХ ГОМЕЛЬСКОГО ГПЛХО	
<i>А.М. Потапенко, П.Е. Мохначев</i>	54
К ВОПРОСУ РЕКОНСТРУКЦИИ ПУТЕЙ МИГРАЦИИ НЕКОТОРЫХ МОХООБРАЗНЫХ- КАЛЬЦЕФИЛОВ НА ТЕРРИТОРИЮ БЕЛАРУСИ	
<i>А.А. Сакович</i>	56
РОД <i>VRUUM</i> В БРИОФЛОРЕ БЕЛАРУСИ	
<i>М.С. Шабета</i>	60
БЕССОСУДИСТЫЕ РАСТЕНИЯ КАК КОМПОНЕНТЫ НАСТЕННЫХ ОБРАСТАНИЙ ГОРОДА ХЕРСОНА	
<i>Н.В. Загороднюк, С.В. Скребовская</i>	62
СОПОСТАВЛЕНИЕ ЕДИНИЦ ЛЕСОТИПОЛОГИЧЕСКОЙ И ФЛОРИСТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИЙ НА ПРИМЕРЕ СОСНОВЫХ ЛЕСОВ БЕЛАРУСИ	
<i>Р.В. Цвирко</i>	65
ВИДОВОЙ СОСТАВ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ ФИТОЦЕНОЗОВ УКРАИНСКОГО ПОЛЕСЬЯ	
<i>Т. Н. Тимощук, Н. В. Грицюк, А. Н. Котельницкая</i>	68
БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЛИШАЙНИКОВ ЛЯХОВИЧСКОГО РАЙОНА, БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ (БЕЛАРУСЬ)	
<i>А.П. Яцына</i>	71

СЕКЦИЯ 2. ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ И ГРИБОВ	75
ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИЗОВАННЫХ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ, СОДЕРЖАЩИХ ТРЕПЕЛ, НА ВСХОЖЕСТЬ МНОГОЛЕТНИХ РАСТЕНИЙ	
<i>А.В. Бабков, С.Н. Шии, И.А. Овчинников, Т.Л. Носонова</i>	<i>75</i>
ВВЕДЕНИЕ В КУЛЬТУРУ <i>IN VITRO BRACHYCHITON POPULNEUS</i> Schott & Endl. КАК ПОТЕНЦИАЛЬНО НОВУЮ КУЛЬТУРУ, ПРИГОДНУЮ В КАЧЕСТВЕ ДЕКОРАТИВНО- ЛИСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ОЗЕЛЕНЕНИЯ	
<i>М.В. Черчес</i>	<i>78</i>
ИЗМЕНЕНИЕ РОСТОВЫХ ПАРАМЕТРОВ КУЛЬТУРЫ <i>RHALAENOPSIS</i> × <i>HYBRIDUM</i> <i>VLUME IN VITRO</i> ПОД ДЕЙСТВИЕМ БРАССИНОСТЕРОИДОВ	
<i>М.А. Черныш, Д.А. Пржевальская, В.Н. Жабинский, В.А. Хрипач, В.В. Демидчик</i>	<i>80</i>
ВЛИЯНИЕ ФУЛЛЕРЕНОЛА НА ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ <i>ARABIDOPSIS THALIANA</i> И <i>THELLUNGIELLA HALOPHILA</i>	
<i>П.А. Драгун, О.В. Молчан</i>	<i>83</i>
ОКСИД АЗОТА И ЭТИЛЕН ВОВЛЕЧЕНЫ В ПРОЛИФЕРАЦИЮ КУЛЬТИВИРУЕМЫХ КЛЕТОК <i>ARABIDOPSIS THALIANA</i>	
<i>А.А. Фоменков</i>	<i>85</i>
СОДЕРЖАНИЕ УГЛЕВОДОВ И АНТОЦИАНОВ В ПРОРОСТКАХ КУКУРУЗЫ ПРИ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН РАЗНОГО КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПОЛЕМ	
<i>Т.В. Фролова, В.А. Люшкевич</i>	<i>88</i>
ВЛИЯНИЕ БРАССИНОСТЕРОИДОВ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ОДНОЛЕТНИХ ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ КУЛЬТУРЫ ПОРТУЛАКА	
<i>Т.В. Каленчук, Т.В. Юнкевич, А.Г. Чернецкая</i>	<i>91</i>
РАЗВИТИЕ СИМПТОМОВ ЗАПРОГРАММИРОВАННОЙ КЛЕТОЧНОЙ ГИБЕЛИ В КЛЕТКАХ КОРНЯ ПШЕНИЦЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ НАНОЧАСТИЦ МЕДИ	
<i>Ю.В. Кирисюк, В.В. Демидчик</i>	<i>94</i>
ГЕНЕРАЦИЯ АКТИВНЫХ ФОРМ КИСЛОРОДА В КЛЕТКАХ КОРНЯ ПШЕНИЦЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ НАНОЧАСТИЦ МЕДИ	
<i>Ю.В. Кирисюк, В.В. Демидчик</i>	<i>95</i>
ПРОТЕОМНО-ГЕНОМНЫЙ АНАЛИЗ <i>IN VITRO</i> КУЛЬТУР <i>SILYBUM MARIANUM</i> КРАСНО - И БЕЛОЦВЕТКОВЫХ РАС	
<i>О.В. Ковзунова, А.Н. Юхимук</i>	<i>97</i>
АДАПТАЦИЯ МИКРОКЛОНАЛЬНО РАЗМНОЖЕННЫХ РЕГЕНЕРАНТОВ ОСИНЫ К НЕСТЕРИЛЬНЫМ УСЛОВИЯМ РОСТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ	
<i>Т.Н. Куделина, А.В. Константинов, Л.В. Обуховская, О.В. Молчан</i>	<i>100</i>

ЗАВИСИМОСТЬ РОСТА И РАЗВИТИЯ ГЕТЕРОСТИЛЬНЫХ ВИДОВ РОДА <i>LINUM</i> L. НА РАННИХ ЭТАПАХ ОНТОГЕНЕЗА ОТ ТИПА МАТЕРИНСКОЙ ЦВЕТОЧНОЙ МОРФЫ <i>А.Н. Левчук</i>	103
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ ВИНОГРАДА СОРТОВ АРОМАТНЫЙ И КАБЕРНЕ СОВИЊОН ПРЕПАРАТОМ АГРОМАР <i>М.А. Лопухова, И.П. Якуба, Е.Б. Паузер</i>	105
ИНДУКЦИЯ СИГНАЛЬНЫХ И АДАПТИВНЫХ РЕАКЦИЙ В КОРНЕ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ТОКСИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ НИКЕЛЯ И КОМПЛЕКСОВ НИКЕЛЬ-ГИСТИДИН <i>В.С. Мацкевич, В.В. Самохина, Н.А. Кузнецова, А.А. Чичко, Соколик А.И., В.В. Демидчик</i> ...	107
МОЛЕКУЛЯРНЫЙ МЕХАНИЗМ ИНДУКЦИИ КАЛИЙ-ЗАВИСИМОЙ ЗАПРОГРАММИРОВАННОЙ КЛЕТОЧНОЙ ГИБЕЛИ В КОРНЕ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ <i>В.С. Мацкевич, В.В. Самохина, Н.А. Кузнецова, А.А. Чичко, Соколик А.И., В.В. Демидчик</i> ...	110
ВОЗДЕЙСТВИЕ L-АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ НА УРОВЕНЬ АКТИВНОСТИ ИОНОВ КАЛЬЦИЯ В ЦИТОПЛАЗМЕ КЛЕТОК КОРНЯ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ <i>М.А. Маковицкая, Е.В. Кратик, И.Ю. Новосельский, П.В. Гриусевич, Д.Е. Стрельцова, А.И. Соколик, В.В. Демидчик</i>	113
ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИОННЫХ СОРТООБРАЗЦОВ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО ПО БИОХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ МАСЛА И МАССЕ СЕМЯН <i>А.А. Максимчук, Ю.О. Махно, В.И. Левченко</i>	114
ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ВЕШЕНКИ ОБЫКНОВЕННОЙ <i>А.О. Николаенкова, О.И. Суходольская, О.А. Бокова, Т.В. Каленчук</i>	117
ЦИС-151 В КОМПЛЕКСЕ КАЛИЕВОГО КАНАЛА GORK ОПОСРЕДУЕТ ЕГО АКТИВАЦИЮ ПОД ДЕЙСТВИЕМ АКТИВНЫХ ФОРМ КИСЛОРОДА <i>И.Ю. Новосельский, П.В. Гриусевич, Д.Е. Стрельцова, В.В. Самохина, В.С. Мацкевич, А.И. Соколик, В.В. Демидчик</i>	120
АКТИВНОСТЬ АНТИОКСИДАНТНЫХ ФЕРМЕНТОВ В ПРОРОСТКАХ ЯЧМЕНЯ ИЗ БАКТЕРИЗОВАННЫХ СЕМЯН В УСЛОВИЯХ СОЛЕВОГО СТРЕССА <i>И.А. Овчинников, Т.В. Фролова, Н.А. Шевцов, Т.Л. Носонова</i>	122
ВТОРИЧНЫЕ МЕТАБОЛИТЫ ЛИШАЙНИКА <i>FLAVOCETRARIA NIVALIS</i> ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО НА ТЕРРИТОРИИ ЯКУТИИ <i>И.А. Прокопьев, Л.Н. Порядина, Л.А. Конорева, С.В. Чесноков</i>	124
ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН КУКУРУЗЫ НА УРОЖАЙНОСТЬ <i>Н.В. Пушкина</i>	126

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СЫРЬЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ПИОНА И ВЛИЯНИЕ НА НЕГО ПРЕПАРАТА <i>BIODUX</i>	
<i>А.А. Реут, Л.Н. Миронова</i>	129
<i>IN SILICO</i> ИДЕНТИФИКАЦИЯ АНТИМИКРОБНЫХ ПЕПТИДОВ В ГЕНОМЕ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО (<i>TRIFOLIUM PRATENSE</i> L.)	
<i>И.Н. Рыдевская, О.А. Иванов</i>	132
МЕХАНИЗМ ВЫХОДА КАЛИЯ ИЗ КОРНЕЙ <i>ARABIDOPSIS THALIANA</i> ПРИ СТРЕССЕ	
<i>В.В. Самохина, В.С. Мацкевич, В.А. Лукашевич, П.В. Гриусевич, А.И. Соколик, В.В. Демидчик</i> .	135
ИЗМЕНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛИПИДНОГО ОБМЕНА МУЖСКИХ СОЦВЕТИЙ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД	
<i>О.С. Серебрякова, Л.В. Ветчинникова</i>	137
ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ И ХИМИЧЕСКОЙ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ НА РОСТ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ ЧЕРНУШКИ ПОСЕВНОЙ (<i>NIGELLA SATIVA</i> L.)	
<i>С.Н. Шиш</i>	140
ВОЗДЕЙСТВИЕ БРАССИНОСТЕРОИДОВ НА ТРАСПОРТНЫЕ ПРОЦЕССЫ НА МЕМБРАНЕ И ИХ ПОСТУПЛЕНИЕ В РАСТИТЕЛЬНЫЕ КЛЕТКИ	
<i>Д.Е. Стрельцова, П.В. Гриусевич, В.В. Жабинский, В.А. Хрипач, А.И. Соколик, В.В. Демидчик</i>	143
ВЛИЯНИЕ МИКОРИЗООБРАЗУЮЩИХ ГРИБОВ НА НАКОПЛЕНИЕ ЦЕЗИЯ-137 ПОДЗЕМНЫМИ И НАДЗЕМНЫМИ ОРГАНАМИ ЯЧМЕНЯ ОБЫКНОВЕННОГО	
<i>Е.А. Танкевич, Р.К. Спиоров, А.Н. Никитин, О.А. Шуранкова</i>	145
ОСОБЕННОСТИ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ <i>CHLORELLA VULGARIS</i> ПРИ ДЕЙСТВИИ ИОНОВ МЕТАЛЛОВ И НЕМЕТАЛЛОВ	
<i>Г. Б. Винярска, О. И. Боднар, В. В. Грубинко</i>	148
ВЛИЯНИЕ 5 –АМИНОЛЕВУЛИНОВОЙ КИСЛОТЫ НА СОСТОЯНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА РАСТЕНИЙ ОЗИМОГО РАПСА С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ АНТОЦИАНОВ	
<i>А.В. Емельянова, Н.Г. Аверина, Л.В. Обуховская</i>	151
ВЛИЯНИЕ LED-ОСВЕЩЕНИЯ НА РОСТ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОРОСТКОВ <i>CATHARANTHUS ROSEUS</i> G. DON	
<i>Е.В. Запрудская, Н.И. Астасенко, О.В. Молчан</i>	154
ГЕНЕРАЦИЯ АКТИВНЫХ ФОРМ КИСЛОРОДА И ФОРМИРОВАНИЕ ОДНО- И ДВУЦЕПОЧЕЧЫХ РАЗРЫВОВ ДНК В КЛЕТКАХ ПРОТОНЕМЫ <i>RHYSCOMITRELLA PATENS</i> ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЗАСОЛЕНИЯ	
<i>С.Н. Звонарев, В.С. Мацкевич, К. Ангелис, В.В. Демидчик</i>	156

ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИАЛЬНОГО ПРЕПАРАТА «КАРФИЛ» (<i>BACILUS SUBTILIS</i>) И САЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ НА ДИНАМИКУ ОКСИДОРЕДУКТАЗ У РАСТЕНИЙ <i>DIOSCOREA</i>	
<i>Е.Н. Карасева</i>	159
СЕКЦИЯ 3. ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ, ГЕОБОТАНИКА И КАРТОГРАФИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ	162
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПЕСЧАНЫХ КАРЬЕРОВ ПОДМОСКОВЬЯ	
<i>Даббаг Алаа</i>	162
РАСПРОСТРАНЕНИЕ РОДА <i>MELILOTUS</i> MILL. ВО ФЛОРЕ БЕЛАРУСИ	
<i>А.Ю. Докшина</i>	164
ТРАНСФОРМАЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА БЕРЕЗИНСКОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА, В СВЯЗИ С СОВРЕМЕННЫМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ.	
<i>Л.А. Дудкина</i>	167
МЕТОД ОПИСАНИЯ МОЗАИЧНОСТИ ЛУГОВО-СТЕПНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ НА ПРИМЕРЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ СКЛОНОВ ОСТЕПНЕННОЙ БАЛКИ УЧАСТКА «ОСТРАСЬЕВЫ ЯРЫ» ЗАПОВЕДНИКА «БЕЛОГОРЬЕ»	
<i>Е.А. Ершова</i>	169
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КАРКАС БАССЕЙНА РЕКИ СВЯГИ	
<i>Д.А. Фролов</i>	172
ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА РАСТЕНИЯ	
<i>С.О. Гапоненко</i>	175
ЛИШАЙНИКОВЫЕ СООБЩЕСТВА СОЮЗА <i>PARMELION CONSPERSAE</i> БАССЕЙНА Р. ТЕТЕРЕВ (УКРАИНА)	
<i>Н.В. Капец, И.В. Хомяк</i>	178
ИНТРОДУКЦИЯ <i>NELUMBO NUCIFERA</i> GAERTN. (СЕМ. <i>NELUMBONACEAE</i> DUMORT.) НА ЮГО-ЗАПАДЕ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ	
<i>Д.Ю. Кирилов</i>	181
СИНТАКСОНОМИЯ ТРАВЯНЫХ СООБЩЕСТВ, СФОРМИРОВАННЫХ ИНВАЗИОННЫМИ РАСТЕНИЯМИ В Г. МИНСКЕ	
<i>Е.Я. Куликова</i>	182

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА, СВЯЗИ И ДИНАМИКА МЕТАПОПУЛЯЦИЙ <i>MELITTIS SARMATICA</i> , <i>LILIUM MARTAGON</i> И <i>ISOPYRUM THALICTROIDES</i> , ВКЛЮЧЕННЫХ В КРАСНУЮ КНИГУ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ, НА ТЕРРИТОРИИ БИОЛОГИЧЕСКОГО ЗАКАЗНИКА «ЗАМКОВЫЙ ЛЕС»	
<i>А.В. Левкович</i>	185
ГНИЛЕВЫЕ БОЛЕЗНИ В СОСНЯКАХ ОРЛЯКОВЫХ ПОСЛЕ ПРОХОДНЫХ РУБОК	
<i>М.В. Левковская</i>	188
МАКРОФИТЫ ВИЛЕЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА	
<i>Е.В. Мойсейчик</i>	190
МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПЫЛЬЦЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ЦЕНТРАЛЬНОМ КАВКАЗЕ	
<i>М.З. Моллаева</i>	192
ВЛИЯНИЕ ГРАДИЕНТА УВЛАЖНЕНИЯ НА ФЛОРИСТИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЛУГОВЫХ СТЕПЕЙ ПРЕДУРАЛЬЯ	
<i>М.В. Петрова, М.В. Лебедева, С.М. Ямалов</i>	195
ФЛОРИСТИЧЕСКИЙ СОСТАВ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ СОСНЯКОВ МШИСТЫХ ГРОДНЕНСКОЙ ПУЩИ	
<i>А.И. Садковская</i>	197
ПРОДУКТИВНОСТЬ РЕМОНТАНТНОЙ МАЛИНЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ	
<i>Е.А. Санелина</i>	200
ИСТОРИЯ ПОЖАРОВ В СОСНОВЫХ ЛЕСАХ ПРЕДГОРНОГО УЧАСТКА ПЕЧОРО- ИЛЬЧСКОГО ЗАПОВЕДНИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ	
<i>Т.П. Спаи, М.В. Бобровский</i>	203
ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ВОДОЕМОВ НАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКА «НИЖНЕСУЛЬСКИЙ»	
<i>М.Ю. Старовойтова</i>	206
ЭКОЛОГО-ФИТОЦЕНОТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И РЕСУРСНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА <i>MENYANTHES TRIFOLIATA</i> L. НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКО- ВАЛДАЙСКОЙ ПРОВИНЦИИ	
<i>И.П. Сысой</i>	208

Научное издание

Современные проблемы экспериментальной ботаники

**Материалы I Международной научной конференции
молодых учёных, приуроченной к Году науки
в Республике Беларусь**

(г. Минск, 27-29 сентября 2017 года)

Ответственный за выпуск *Е. С. Пате́й*

Технический редактор *А. В. Бабков*

Подписано в печать 15.09.2017. Формат 60x84 1/8. Бумага офсетная.

Печать цифровая. Усл. печ. л. 25,57. Уч.-изд. л. 17,75.

Тираж 150 экз. Заказ № 12331.

Выпущено по заказу
Государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники
имени В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»

Издатель и полиграфическое исполнение:
частное производственно-торговое
унитарное предприятие «Колорград».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/471 от 23.12.2015.

Пер. Велосипедный, 5-904, 220033, г. Минск,
www.сегмент.бел