

ISSN 2077-3366

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ДНР
ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCES OF DPR
DONETSK NATIONAL UNIVERSITY

**ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И ОХРАНЫ ПРИРОДЫ
ТЕХНОГЕННОГО РЕГИОНА**

Научно-практический журнал

№ 3–4

Основан в 1999 г.

**PROBLEMS OF ECOLOGY AND NATURE PROTECTION
OF TECHNOGENIC REGION**

Scientific and practical journal

№ 3–4

Founded in 1999

2020

Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2020. № 3–4

В журнале «Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона» публикуются статьи преподавателей, научных сотрудников и аспирантов вузов и научно-исследовательских организаций, которые охватывают широкий круг вопросов экологической, а также флористической, фаунистической, биофизической и физиологической направленности, которые касаются проблем экологии и охраны природы.

Предназначен для специалистов в области экологии, ботаники, зоологии, физиологии растений, человека и животных, биофизики, охраны природы, а также для преподавателей и студентов биологических, экологических факультетов и кафедр высших учебных заведений.

Редакционная коллегия

Беспалова С. В. , проф., д-р физ.-мат. наук (<i>главный редактор</i>)	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
Горецкий О. С. , проф., д-р биол. наук (<i>зам. главного редактора</i>)	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
Алемасова А. С. , проф., д-р хим. наук	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
Глухов А. З. , проф., д-р биол. наук	ГУ «Донецкий ботанический сад»
Демченко С. И. , доц., канд. биол. наук	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет» НИИ травматологии и ортопедии
Калинкин О. Г. , проф., д-р мед. наук	ГОО ВПО «Донецкий национальный медицинский университет им. М. Горького»
Мацюра А. В. , проф., д-р биол. наук	ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет» (Россия)
Остапко В. М. , проф., д-р биол. наук	ГУ «Донецкий ботанический сад»
Прокопенко Е. В. , доц., канд. биол. наук	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
Сафонов А. И. , доц., канд. биол. наук	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет» Гуманитарно-педагогическая академия
Соболев В. И. , проф., д-р биол. наук	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского» (Россия)
Труш В. В. , доц., канд. мед. наук	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
Штирц А. Д. , доц., канд. биол. наук (<i>отв. секретарь</i>)	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
Ярошенко Н. Н. , проф., д-р биол. наук	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

Журнал входит в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук по группе научных специальностей 03.02.00 – общая биология (приказ МОН ДНР № 1134 от 01.11.2016 г.). Журнал включен в Перечень РИНЦ (лицензионный договор № 378-06/2016 от 24.06.2016 г.).

Свидетельство о регистрации СМИ, выданное Министерством информации ДНР: Серия ААА № 000073 от 21.11.2016 г.

Адрес редакции:

283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46, к. 310
Донецкий национальный университет,
Биологический факультет
Тел.: (062) 302-09-95; (071) 419-59-19
Сайт журнала: <http://donnu.ru/ecolog>
e-mail: eco-1999@mail.ru

Печатается по решению Ученого совета ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

© ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», 2020

Problems of ecology and nature protection of technogenic region. 2020. № 3–4

Papers of academic staff, scientific employees and post-graduate students of high schools and research organizations cover a wide range of questions of ecological, floristic, faunistic, biophysical and physiological orientation and touches problems of ecology and nature protection.

It is intended for ecologists, botanists, zoologists, plants physiologists, man and animals physiologists, biophysics, experts in nature protection and for teachers and students of biological and ecological faculties of higher educational institutions.

Editorial Board

Bespalova S. V. (Editor-in-Chief)	Donetsk National University
Goretsky O. S. (Associate Editor)	Donetsk National University
Alemasova A. S.	Donetsk National University
Glukhov A. Z.	Donetsk Botanical Garden
Demchenko S. I.	Donetsk National University
Kalinkin O. G.	Research Institute of Traumatology and Orthopedy Donetsk National Medical University
Matsyura A. V.	Altai State University (Russia)
Ostapko V. M.	Donetsk Botanical Garden
Prokopenko E. V.	Donetsk National University
Safonov A. I.	Donetsk National University
Sobolev V. I.	Humanities and Education Science Academy Crimean Federal University (Russia)
Trush V. V.	Donetsk National University
Shtirts A. D. (Managing editor)	Donetsk National University
Yaroshenko N. N.	Donetsk National University

Journal is included in the List of scientific specialized editions of Biological sciences: group of scientific specialties 03.02.00 – general biology (order of MES DPR № 1134 dated 01.11.2016).

Journal is included in the List of Russian scientific citation index (license agreement № 378-06/2016 dated 24.06.2016).

Certificate of registration of the media, issued by the Ministry of Information DPR: Series AAA № 000073 of 21.11.2016.

Address of editorial board:

Faculty of Biology, Donetsk National University,
Schorsa str., 46/310, Donetsk, 283050.

Tel.: (062) 302-09-95

(071) 419-59-19

Web-site of journal: <http://donnu.ru/ecolog>

e-mail: eco-1999@mail.ru

Printed by decision of Donetsk National University Scientific Council

СО Д Е Р Ж А Н И Е

ФЛОРА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА

Калинина А. В. Диагностика фитоценозов породного отвала шахты «Калиновская-Восточная» на основе системных индексов разнообразия	6
Козуб-Птица В. В., Агурова И. В. Эколого-ценотическая характеристика травянистого покрова поселка Красного Кировского района г. Донецка	11
Мирненко Н. С. Цитологические исследования пыльцевых зерен <i>Aesculus hippocastanum</i> L. в г. Донецке	20
Морозова Е. И., Бондарь Е. Н. Инвентаризация бриотеки кафедры ботаники и экологии ДонНУ	26
Николаева А. В., Загуменный Р. А., Стрельников И. И. Динамика морфометрических показателей листьев при различном уровне освещенности укорененных черенков <i>Laurus nobilis</i> L.	33
Сафонов А. И. Ботанико-экологические маркеры квантификации природных сред в Донбассе	40
Штирц Ю. А. Изменчивость основания листовой пластинки <i>Polygonum monspeliense</i> Thiébaud ex Pers. при выращивании на почвенных образцах с различными показателями актуальной кислотности	48

ФАУНА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ЖИВОТНОГО МИРА

Амолин А. В., Кузичева Н. Н. К изучению экологии и брачного поведения пчелы <i>Osmia cornuta</i> (Latreille, 1805) (Hymenoptera: Megachilidae) в Донбассе	53
Рева М. В., Семушин Р. Д. Мошки рода <i>Cnephia</i> Enderlein, 1921 Донбасса	62
Чайка М. А., Ишутнинова Л. В. Структура населения птиц Ленинского района г. Донецка в 2019–2020 гг.	70

ФИЗИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ, МИКОЛОГИЯ

Демченко С. И. Влияние высокотемпературного стресса на рост и плодообразовательную активность гибридных штаммов <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.: Fr.) Kumm	79
Корниенко В. О. Влияние наночастиц Fe ₃ O ₄ с различными типами покрытия на ранние стадии развития кукурузы сахарной (<i>Zea mays</i> L.)	87
Фрунзе О. В., Качмар А. П. Изменение ростовых процессов газонных трав в условиях загрязнения почвы ионами кобальта и марганца	98
Чайка А. В. Биодеструкция органических отходов штаммом ксилотрофного гриба <i>Trametes hirsuta</i> Th-11	103
Чемерис О. В. Целлюлозолитическая активность штаммов <i>Irpex lacteus</i> (Fr.) Fr. при жидкофазном культивировании	108

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИОЛОГИИ

Кустов Д. Ю., Кустова О. К. Применение многоколосника фенхельного для коррекции системных аутоиммунных заболеваний в условиях техногенного региона	114
Правила для авторов	123

C O N T E N T S

FLORA, ECOLOGY AND PROTECTION OF THE PLANT KINGDOM

<i>Kalinina A. V.</i> Diagnostics of phytocenoses of the rock dump of the «Kalinovskaya-Vostochnaya» mine on the basis of system diversity indices	6
<i>Kozub-Ptitsa V. V., Agurova I. V.</i> Ecological and cenotic characteristics of herbaceous cover village of Krasny of Kirovsky district of Donetsk	11
<i>Mirnenko N. S.</i> Cytological studies of pollen grains of horse chestnut (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.) in Donetsk	20
<i>Morozova E. I., Bondar E. N.</i> Inventory of the bryoteca of the Department of Botany and Ecology of Donetsk National University	26
<i>Nikolaeva A. V., Zagumenny R. A., Strelnikov I. I.</i> Dynamics of morphometric parameters of leaves at different levels of illumination of rooted cuttings of <i>Laurus nobilis</i> L.	33
<i>Safonov A. I.</i> Botanical and ecological markers of natural environment quantification in Donbass	40
<i>Shtirts Yu. A.</i> Variability of leaf blade base of <i>Polygonum monspeliense</i> Thiebaut ex Pers. when grown on soil substrates with different indices of actual acidity	48

FAUNA, ECOLOGY AND PROTECTION OF THE ANIMAL KINGDOM

<i>Amolin A. V., Kuzicheva N. N.</i> On the study of ecology and mating behavior of the bee <i>Osmia cornuta</i> (Latreille, 1805) (Hymenoptera: Megachilidae) in the Donbass	53
<i>Reva M. V., Semuschin R. D.</i> Black-flies of genius <i>Cnephia</i> Enderlein, 1921 of Donbass region	62
<i>Chaika M. A., Ishutinova L. V.</i> The structure of the bird population of the Leninsky district of Donetsk in 2019–2020	70

PHYSIOLOGY AND ECOLOGY OF THE PLANT, MYCOLOGY

<i>Demchenko S. I.</i> The effect of high temperature stress on the growth and fruit-forming activity of <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.: Fr.) Kumm. hybridous strains	79
<i>Kornienko V. O.</i> Influence of Fe ₃ O ₄ nanoparticles with different types of shells on the early stages of development of <i>Zea mays</i> L.	87
<i>Frunze O. V., Kachmar A. P.</i> Changes in the growth processes of lawn grasses under conditions of soil contamination with cobalt and manganese ions	98
<i>Chaika A. V.</i> Biodegradation of organic wastes by the <i>Trametes hirsuta</i> Th-11 xylotrophic fungus strain	103
<i>Chemeris O. V.</i> Cellulolytic activity of strains <i>Irpex lacteus</i> (Fr.) Fr. with submerged liquid fermentation	108

FUNDAMENTAL AND APPLIED PROBLEMS OF PHYSIOLOGY

<i>Kustov D. Yu., Kustova O. K.</i> Application of <i>Agastache foeniculum</i> (Pursh) Kuntze for systemic autoimmune diseases correction in technogenic region	114
Rules for authors	123

УДК 581.55 : 622.693.26 : 504.06 (477.60)

© А. В. Калинина

**ДИАГНОСТИКА ФИТОЦЕНОЗОВ ПОРОДНОГО ОТВАЛА ШАХТЫ
«КАЛИНОВСКАЯ-ВОСТОЧНАЯ» Г. МАКЕЕВКИ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНЫХ
ИНДЕКСОВ РАЗНООБРАЗИЯ**

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: a.kalinina@donnu.ru

Калинина А. В. Диагностика фитоценозов породного отвала шахты «Калиновская-Восточная» на основе системных индексов разнообразия. – Проведена оценка фитоценозов породного отвала шахты «Калиновская-Восточная» г. Макеевки с использованием индексов разнообразия: видовое богатство, видовая насыщенность, индексы Менхиника, Маргалефа, Шеннона, Симпсона, Пиелу. Установлено увеличение индексов разнообразия фитоценозов со сменой экспозиции в ряду: южная – восточная – северная.

Ключевые слова: породный отвал, фитоценоз, разнообразие, обилие видов, г. Макеевка.

Введение

Одним из результатов хозяйственной деятельности человека в Донбассе является остаточная совокупность отвальных новообразований, антропогенное влияние которых сказывается на состоянии экосистем по всей территории региона [2–9, 13]. Эффективный способ оптимизации терриконовых ландшафтов – фиторекультивация [4, 6–9, 14].

В настоящее время восстановление почвенно-растительного покрова на отвалах Донбасса происходит преимущественно естественным путем – полномасштабной работы по рекультивации не проводится [4]. Проведение единичных рекультивационных мероприятий не всегда обеспечивает эффективное устойчивое развитие фитоценозов и требуемое восстановление экосистем. Более продуктивным и экономичным способом рекультивации трансформированных земель и их дальнейшего восстановления является ускорение и регулирование сукцессионных процессов [2, 3, 8].

Актуальными научными направлениями, которые имеют практическую значимость в диагностике техногенных земель, являются фитоиндикация [12, 13, 15–17] и установление закономерностей восстановления экосистем на антропогенно измененных территориях [6, 9].

Отличительными условиями существования растений на отвалах угольных шахт является их гетерогенность и динамичность. Процессы выветривания, преобразования экотопов и, соответственно, эдафотопов и изменения видового состава растительного покрова перманентны [5, 7–9]. Фитоценозы в этих специфических условиях являются весьма динамичными биологическими системами, поэтому постоянный мониторинг за состоянием биогеоценотического покрова является важной прикладной задачей для техногенных ландшафтов.

Цель исследования – оценить состояние фитоценозов конкретного породного отвала шахты «Калиновская-Восточная» с использованием системных индексов разнообразия.

Материал и методы исследования

Растительные сообщества представляют собой не просто механическую совокупность видов на относительно однородном участке земной поверхности, но и взаимодействия между ними [6, 10, 11]. Одним из важных свойств растительного сообщества является разнообразие, которое отражает его сложность и структуру. На его основании можно получить представление о состоянии экосистем на определенной территории [1, 11, 14].

Объектом исследования стали растительные сообщества отвала шахты «Калиновская-Восточная». Отвал является типичным породным отвалом центрального Донбасса, который расположен на территории Советского района г. Макеевки.

Фактические параметры породного отвала шахты «Калиновская-Восточная»: высота – 30 м, площадь основания – 38851,0 м², объем – 790,0 тыс. м³. Место нахождения отвала – 48°04'18" широты, 38°00'54" долготы. Дата пуска отвала в эксплуатацию – 1953 г., дата остановки отвала – 1966 г. Форма отвала плоская, породный отвал не горящий. В 1991 г. на отвале была проведена рекультивация, однако растительный покров отвала в целом неоднороден.

Выбранные для исследования растительные сообщества, возникшие в ходе естественных сукцессионных процессов, приурочены к южной экспозиции (фитоценоз № 1), восточной экспозиции (фитоценоз № 2), северной экспозиции (фитоценоз № 3).

В качестве параметра, по которому диагностировали состояние фитоценозов, было выбрано разнообразие. Разнообразие описывается двумя компонентами: число видов и относительное обилие видов. Видовое богатство – общее число видов, которое встречается на учетных площадках. Число видов, рассчитанное на единицу площади – видовая насыщенность или индекс видового богатства (S) [1, 11]. Оценка разнообразия только простым подсчетом видов малоинформативна, т. к. игнорируется такой параметр, как количественные соотношения между ними. Системные характеристики, такие как индексы разнообразия, являются формализуемой процедурой для учета обилия и числа видов. Большинство различий между индексами вытекает из относительной значимости, придаваемой ими либо выравненности, либо видовому богатству [2, 3, 11].

Исследования фитоценозов проводили на южной, восточной и северной экспозициях отвала в 2019 г. Определяли пробные площадки (ПП) размером 10×10 м. На каждой пробной площадке закладывали по 10 учетных площадок площадью 1 м², которые представляли собой участки из спонтанно размещенных на ПП видов. Для вычисления индексов и их оценки использовали геоботанические описания растительных сообществ. Описание учетных площадок проводили согласно общепринятым методикам [1, 10].

Проанализированы списки видов сосудистых растений травяно-кустарничкового яруса. Для оценки разнообразия выбраны меры видового богатства и индексы, основанные на относительном обилии видов. Использовали такие характеристики: видовое богатство, видовая насыщенность, индексы Менхиника (Menhinick – DMn), Маргалефа (Margalef – DMg), Шеннона (Shannon – H'), Симпсона (Simpson – D), показатель выравненности – индекс Пielу (Pielou – e). Индексы биоразнообразия вычислены в MS «Excel 2010».

Результаты и их обсуждение

Установлено, что фитоценозы характеризуются различным флористическим составом и уровнем сформированности, встречаются участки, лишенные какого-либо растительного покрова, с начальным зарастанием, а также со сложными растительными группировками. Выделены спонтанно развивающиеся фитоценозы, возникшие в ходе естественных сукцессионных процессов, которые характерны для нижней части южной, восточной и северной экспозиций отвала. Значительное влияние на процессы восстановления биогеоценотического покрова отвала оказали искусственно созданные культурфитоценозы. Тем не менее, различия в степени сформированности растительных сообществ могут свидетельствовать и о гетерогенности экотопов, что характерно для нарушенных техногенных экотопов породных отвалов. Сообщества представлены преимущественно травянистыми растениями, с изредка встречающимися кустарниковыми формами, характеризуются упрощенностью структуры, ограниченным видовым составом.

Для анализа разнообразия на основе мер видового богатства выделенных фитоценозов определяли видовое богатство, видовую насыщенность, индексы Менхиника, Маргалефа.

Самым богатым по численности видов является фитоценоз № 2 восточной экспозиции (23 вида), однако по видовой насыщенности фитоценоз № 2 (6,5) уступает учетным площадкам фитоценоза № 3 (9,8) северной экспозиции. Минимальные показатели видового богатства (9 видов) и видовой насыщенности (4,4) отмечены на площадках южной экспозиции – фитоценоз № 1 (рис. 1).

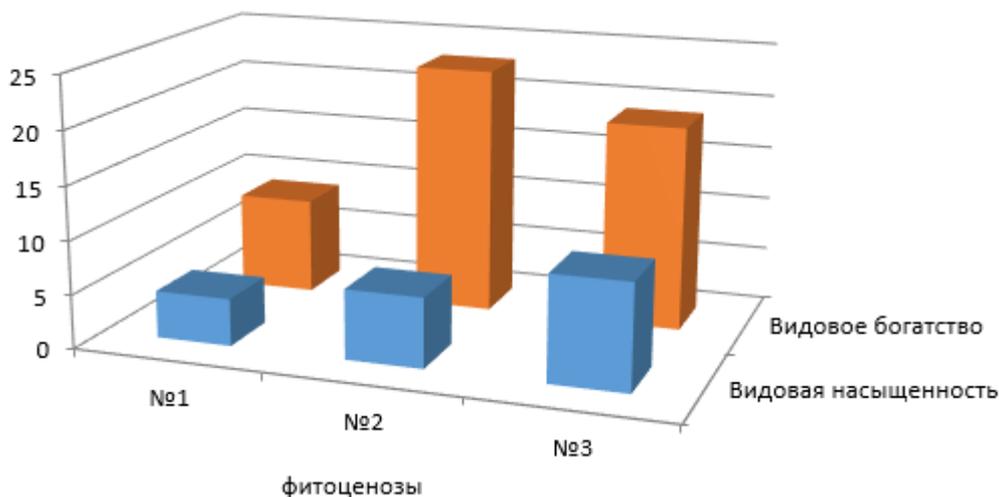


Рис. 1. Показатели видового богатства и видовой насыщенности фитоценозов породного отвала шахты «Калиновская-Восточная» г. Макеевка (2019 г.)

Индекс Менхиника показывает сходное с видовой насыщенностью распределение сообществ по разнообразию. Ранжировка индекса Маргалефа соответствует индексу Менхиника, но следует отметить, что фитоценозы № 2 и 3 характеризуются близкими значениями (рис. 2). Эти индексы практически полностью определяются количеством обнаруженных видов, но недостаточно отражают их выравненность. Оба показателя имеют более высокие значения на учетных площадках с благоприятными параметрами произрастания. Индексы разнообразия увеличиваются со сменой экспозиции в ряду: южная – восточная – северная.

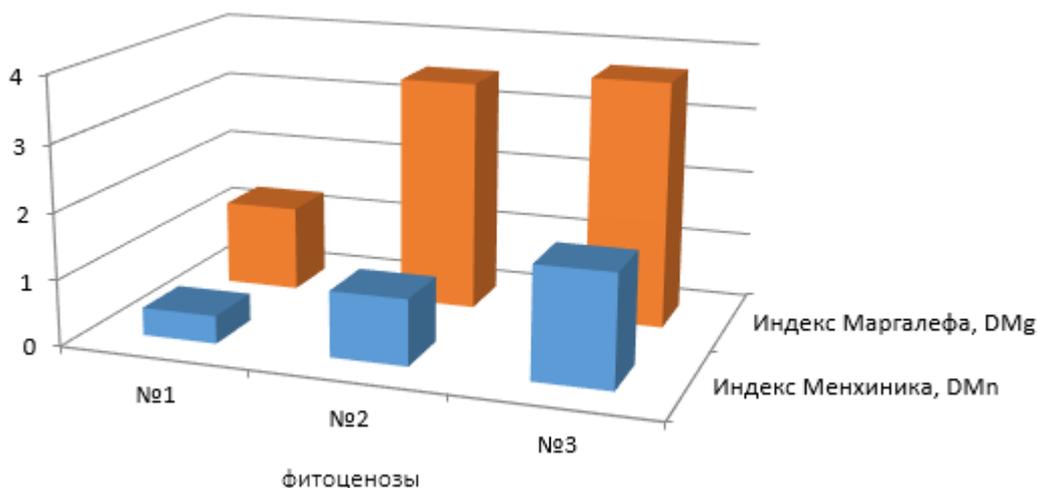


Рис. 2. Значения индексов Менхиника и Маргалефа для фитоценозов породного отвала шахты «Калиновская-Восточная» г. Макеевка (2019 г.)

Для получения более полной информации о фиторазнообразии ценозов были вычислены индексы Шеннона и Симпсона, которые объединяют показатели видового богатства и выравненность в единую величину.

Индекс Симпсона более чувствителен к присутствию наиболее доминантных видов и слабо зависит от видового богатства. Наиболее высокое значение индекса установлено для фитоценоза № 2 (5,21), несколько ниже величина индекса для фитоценоза № 3 (4,21), низкий показатель индекса отмечен для фитоценоза № 1 (1,74). На основании полученных данных считаем, что фитоценоз № 2 обладает более выраженным доминированием, сообщество не обладает равномерным соотношением видов обилия. Величина индекса фитоценоза № 3 показывает минимальное доминирование, хотя обильные виды присутствуют в сообществе.

Самой популярной и применяемой мерой разнообразия считается индекс Шеннона. Индекс характеризует разнообразие и выравненность сообщества. Высокие значения индекса Шеннона характерны для фитоценозов с высоким видовым богатством и равномерным соотношением их обилия. Для изученных сообществ индекс Шеннона варьировал в широких пределах от 0,93 до 2,49. Наибольшим разнообразием на основании индекса Шеннона обладает фитоценоз № 3 (2,49), наименьшим – фитоценоз № 1 (0,93) (табл. 1).

Таблица 1

**Показатели видового обилия фитоценозов породного отвала шахты
«Калиновская-Восточная» г. Макеевка (2019 г.)**

Исследуемые сообщества	Значения индексов разнообразия		
	Индекс Симпсона (D)	Индекс Шеннона (H')	Индекс Пиелу (e)
1	1,74	0,93	0,423
2	5,21	1,94	0,618
3	4,21	2,49	0,848

Дополнительно вычислили показатель выравненности – индекс Пиелу (e). Это один из немногих точных показателей структуры сообщества и важный компонент видового разнообразия. Распределение по величинам индекса Пиелу соответствует такому же распределению фитоценозов, как и по индексу Шеннона. При сравнительно высоком видовом богатстве фитоценоза № 2, индексы Шеннона и Пиелу демонстрируют средние значения (см. табл. 1).

Выводы

Установлено, что, несмотря на разные способы оценки разнообразия, большинство использованных индексов возрастает в ряду увеличения разнообразия: фитоценоз № 1 – фитоценоз № 2 – фитоценоз № 3, что отражает закономерности по отношению к экологическим условиям существования. Эта же особенность подтверждается и по показателям проективного покрытия. Северная экспозиция имеет наибольшее проективное покрытие (75–85%) в сравнении с показателями сообществ восточной (70–80%) и южной экспозиций (55–65%).

Следует выделить фитоценоз № 2 восточной экспозиции, который характеризуется максимальными величинами видового богатства, индексом доминирования Симпсона, завышенными значениями индекса Маргалёфа. Однако по другим применяемым параметрам разнообразия уступает фитоценозу № 3. Предполагаем, что фитоценозы № 2 и 3 находятся на разных стадиях сукцессии, фитоценоз № 3 считаем более сформированным.

На северной экспозиции сложились наиболее благоприятные условия существования для растений. Об этом свидетельствуют и ранее проведенные исследования по фитотоксичности эдафотопов данного породного отвала [7–9]. Растительный покров более сформированный, в сравнении с другими экспозициями этого отвала, наблюдается большее количество видов семейства Poaceae, которые постепенно разрастаются и вытесняют сорно-полевую и рудеральную растительность.

Полученные данные позволяют утверждать, что исследуемые фитоценозы находятся на разных стадиях сукцессии, что представляет интерес для дальнейших исследований.

Список литературы

1. *Александров В. В.* Методы изучения биологического разнообразия. Калуга, 2017. 70 с.
2. *Жуков С. П.* Критерии оценки самовосстановления растительного покрова в различных типах техногенных экотопов // Промышленная ботаника. 2007. № 7. С. 37–41.
3. *Жуков С. П.* К методике определения организации и устойчивости фитоценозов в ходе их развития на отвалах угольных шахт // Промышленная ботаника. 2012. Вып. 12. С. 19–24.

4. Жуков С. П. Рекультивация почвенного и растительного покрова отвалов шахт как условие экологической оптимизации прилегающих территорий // Актуальные проблемы экологии и природопользования в современных условиях : матер. Междунар. науч.-практ. конф. (Киров, 05–07 декабря 2017 г.). Киров : ВятГУ, 2018. С. 24–26
5. Жуков С. П. Флористическое разнообразие антропогенных экосистем центральной части Донбасса // Самарская Лука : проблемы региональной и глобальной экологии. Тольятти : Изд-во Ин-та экологии Волжского бассейна РАН, 2018. Т. 27, № 4–1. С. 118–122.
6. Калинина А. В. Геостратегическая визуализация фитоценозов породных отвалов угольных шахт г. Макеевки в условиях самозарастания и рекультивации // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018. № 3–4. С. 28–34.
7. Калинина А. В. Опыт фитотестирования эдафотопов некоторых породных отвалов угольных шахт г. Макеевки с использованием семян высших растений // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов : сб. докл. XIII Междунар. науч. конф. аспирантов и студентов (Донецк, 16–17 апреля 2019 г.). Донецк : ГОУ ВПО «ДОННТУ», 2019. С. 96–98.
8. Калинина А. В. Состояние эдафотопов некоторых породных отвалов угольных шахт г. Макеевки // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов : сб. докл. XIV Междунар. науч. конф. аспирантов и студентов (14–16 апреля 2020 г.). Донецк : ГОУ ВПО «ДОННТУ», 2020. С. 124–125.
9. Калинина А. В., Сыщиков Д. В. Особенности формирования эдафотопа некоторых отвалов угольных шахт г. Макеевки // Экология родного края : проблемы и пути их решения : матер. XV Всеросс. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Киров, 18 мая 2020 г.). Киров : Изд-во ВятГУ, 2020. Кн. 1. С. 209–213.
10. Миркин Б. М., Розенберг Г. С. Фитоценология. Принципы и методы. М. : Наука, 1978. 212 с.
11. Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение : пер. с англ. М. : Мир, 1992. 184 с.
12. Сафонов А. И. Сорно-рудеральная фракция урбафлоры Донецкой агломерации как показатель трансформации локальных экосистем // Трансформация экосистем под воздействием природных и антропогенных факторов : матер. Междунар. науч. конф. (Киров, 16–18 апреля 2019 г.). Киров : Изд-во ВятГУ, 2019. С. 13–16.
13. Сафонов А. И. Динамика фитомониторинговых показателей антропогенеза в Донбассе (2000–2019 гг.) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2020. № 1–2. С. 31–36.
14. Штирц А. Д., Винник Ю. А. Панцирные клещи как биоиндикаторы состояния окружающей среды на рекультивированных терриконах шахты г. Донецка // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2020. № 1–2. С. 65–72.
15. Safonov A. I. Phyto-qualimetry of toxic pressure and the degree of ecotopes transformation in Donetsk region // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2013. № 1 (13). С. 52–59.
16. Safonov A. I. Phytoindicational monitoring in Donetsk // World Ecology Journal. 2016. Vol. 6, N 4. P. 59–71.
17. Safonov A. I., Safonova Y. S. Approbation of botanical expertise method in ecological monitoring // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2014. Т. 10, № 2. С. 219–221.

Kalinina A. V. Diagnostics of phytocenoses of the rock dump of the «Kalinovskaya-Vostochnaya» mine on the basis of system diversity indices. – Phytocenoses of the rock dump of the «Kalinovskaya-Vostochnaya» mine in Makeyevka were evaluated using the diversity indices: species richness, species saturation, indices of Menhinick, Margalef, Shannon, Simpson and Pielou. It was found that the indices of phytocenosis diversity increased with the change of exposure in the series: southern – eastern – northern.

Key words: rock dump, phytocenosis, diversity, abundance of species, city of Makeyevka.

УДК 631.5 : 581.9(477.62)

© В. В. Козуб-Птица, И. В. Агурова

**ЭКОЛОГО-ЦЕНОТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТРАВЯНИСТОГО ПОКРОВА
ПОСЕЛКА КРАСНОГО КИРОВСКОГО РАЙОНА Г. ДОНЕЦКА***Государственное учреждение «Донецкий ботанический сад»
283059, г. Донецк, пр. Ильича, 110; e-mail: ptitsavik@yandex.ua, ir.agur@mail.ru*

Козуб-Птица В. В., Агурова И. В. Эколого-ценотическая характеристика травянистого покрова поселка Красного Кировского района г. Донецка. – На исследованной территории обнаружено 39 видов сосудистых растений. Отмечено преобладание представителей семейств Asteraceae, Poaceae, Fabaceae. Среди эколого-ценотических групп основу травянистого покрова составляют рудеранты и виды, тяготеющие к степным растениям. Представлены данные по содержанию элементов минерального питания, органического вещества в эдафотопе исследуемых участков. Проведена оценка эдафотопы по показателям pH и общей засоленности. Установлен дефицит элементов минерального питания в почвах участков с хорошо сформированным растительным покровом, что связано с усилением их потребления растениями в процессах вегетации, цветения и плодоношения.

Ключевые слова: травянистый покров, эколого-ценотическая характеристика, эдафотоп, элементы минерального питания, гумус.

Введение

Кировский район г. Донецка основан в 1937 г. Расположен в западной и юго-западной части города. Площадь 68 км². В состав Кировского района входят микрорайоны Широкий, Текстильщик, Солнечный, Мирный, Абакумова и др., а также поселки Лидиевка, Рутченково, Победа, Шахты 19, Флора, Пятихатки, Красный. На территории этого района расположены различные промышленные предприятия, включая 7 шахт. Это крупнейший по площади и численности населения район Донецка. Природная растительность, сохранившаяся в основном вблизи поселков, испытывает интенсивную антропогенную нагрузку. Чрезмерная антропогенная нагрузка приводит к обеднению видового состава растительности, провоцирует развитие процессов ее синантропизации и ксерофитизации [4]. Наиболее уязвимы к воздействию антропогенных факторов оказываются растительный покров и верхний плодородный слой почвы [5]. Территория пос. Красного на протяжении десятилетий используется в рекреационных целях. Популярными местами отдыха горожан являются водохранилища (Песчаный, Кирша) и прилегающие к ним территории, создающие неповторимый облик местного пейзажа. Вместе с тем растительный покров испытывает интенсивное антропогенное воздействие, поэтому требует пристального внимания с целью выявления его изменений.

Наряду с древесными и кустарниковыми растениями травянистый покров также выполняет санитарно-гигиенические и эстетические функции в городских условиях. Состав травянистого покрова пос. Красного изучен недостаточно. Для изучения роли травянистого покрова в решении вопросов фитооптимизации окружающей среды важным является проведение комплексных флороценотических и эдафических исследований. Интерес к исследованию эдафотопы объясняется тем, что почва является ядром городской системы и обеспечивает очищение, нейтрализацию вредных соединений, сохранность растительного покрова.

Целью работы является определение видового состава и проведение эколого-ценотического анализа травянистого покрова территорий пос. Красного (Кировский район г. Донецка), изучение ряда агрохимических показателей почв для выявления условий произрастания различных видов сосудистых растений.

Основные задачи: исследование видового состава травянистого покрова на пробных площадях пос. Красного; проведение эколого-ценотического анализа видового состава травянистого покрова; исследование накопления элементов минерального питания и органического вещества в почве пробных участков.

Материал и методы исследования

Изучение травянистого покрова в сочетании с исследованием эдафотопы проводилось в 2019 г. во время максимального развития и вегетации растений. Объектами исследований являлись травянистый покров и почвы пробных площадей пос. Красного (Кировский район г. Донецка). Для проведения исследований было заложено пять пробных площадей (ПП) размером 50 м² [12], расположенных вдоль пруда Песчаного и на прилегающих к нему территориях (47°56'34"N, 37°44'44"E). Пробные площади № 1 и № 2 располагались возле водоема (пруд Песчаный); № 3 – у подножия отвала угольной шахты; № 4 и № 5 были заложены на территории залежи (более 30 лет). В пределах каждой пробной площади выявляли присутствующие виды растений. Латинские названия видов уточняли по работе В. М. Остапка и др. [13]. Эколого-ценотический анализ осуществляли по системе А. Л. Бельгарда [3]. Экологические характеристики видов определяли с учетом рекомендаций В. В. Тарасова [14].

Отбор почвенных образцов проводился в соответствии с методикой [8]. Определение актуальной кислотности, засоления, сухого остатка водной вытяжки и катионно-анионного состава проводили общепринятыми методами [2, 10, 11]. Содержание органического вещества определяли по методу Тюрина со спектрофотометрическим окончанием по Орлову-Гриндель. Концентрацию аммонийного азота (обменного аммония) определяли колориметрически с реактивом Несслера [10], содержание нитритного азота – по взаимодействию с альфа-нафтиламином и сульфаниловой кислотой. Определение подвижных форм фосфора проводили согласно методу Чирикова [10].

Результаты и обсуждение

В составе травянистого покрова изученных территорий пос. Красного нами выявлено 39 видов сосудистых травянистых растений – представителей отдела покрытосеменных, которые входят в состав 14 семейств и 35 родов. Среди ведущих семейств в травостое пробных площадей выделяются семейства: Asteraceae (10 видов), Poaceae (7 видов), Fabaceae (6 видов). На их долю приходится 59% от общего количества видов (табл. 1).

Таблица 1

Сводная флора исследуемой территории пос. Красного (Кировский район г. Донецка)

№	Семейство	Количество видов	Доля от общего количества, %	№	Семейство	Количество видов	Доля от общего количества, %
1	Asteraceae	10	25,6	8	Scrophulariaceae	1	2,6
2	Poaceae	7	17,9	9	Ranunculaceae	1	2,6
3	Fabaceae	6	15,3	10	Caryophyllaceae	1	2,6
4	Lamiaceae	3	7,7	11	Hypericaceae	1	2,6
5	Rosaceae	2	5,1	12	Euphorbiaceae	1	2,6
6	Boraginaceae	2	5,1	13	Rubiaceae	1	2,6
7	Plantaginaceae	2	5,1	14	Convolvulaceae	1	2,6

Семейство Lamiaceae представлено тремя видами, по два вида Rosaceae, Boraginaceae и Plantaginaceae, по 1 виду из семейств Ranunculaceae, Caryophyllaceae, Hypericaceae, Euphorbiaceae, Rubiaceae, Convolvulaceae, Scrophulariaceae. Повышенное участие в составе травостоя представителей семейств Asteraceae, Poaceae и Fabaceae говорит об экстремальных условиях формирования растительных сообществ [6].

Наибольшим видовым разнообразием характеризуется ПП № 2. На ПП № 1 и 5 отмечено уменьшение количества видов, на ПП № 3 и 4 количество травянистых видов уменьшается вдвое (табл. 2).

Количественные показатели таксонов травянистых растений на исследуемой территории пос. Красного (Кировский район г. Донецка)

Количество таксонов	Сводная флора	Пробная площадь				
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
Семейства	14	7	7	8	7	7
Роды	35	12	16	9	10	13
Виды	39	13	18	9	10	13

Ниже приводим краткую флороценотическую характеристику участков.

ПП № 1 – ассоциация разнотравье, с доминированием *Medicago sativa* L. Проективное покрытие – 80%. Основной акцент на этом участке составляют такие виды как *M. sativa* – в среднем около 60% от общего числа видов на этом участке и *Festuca valesiaca* Gaudin. – 20% соответственно. В достаточном количестве представлены такие виды как *Securigirella varia* (L.) Lassen, *Convolvulus arvensis* L., *Cichorium intybus* L., *Festuca pratensis* Huds. Единично представлены *Tragopogon major* L., *Agrostemma githago* L., *Potentilla argentea* L., *Galium humifusum* M. Bieb., *Carduus crispus* L., *Achillea collina* J. Becker ex Rchb. f., *Oxytropis pilosa* (L.) DC.

ПП № 2 – ассоциация разнотравье, с доминированием *Artemisia austriaca* Jacq. Проективное покрытие – 70%. Основной акцент делают такие виды как: *Ar. austriaca*, *Stachys transsilvanica* Schur, *Artemisia absinthium* L., *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Hieracium viosum* Pall., *Securigirella varia*, *Elytrigia repens* (L.) Nevski. Единично встречаются: *Festuca pratensis*, *Anchusa azurea* Mill., *Salvia tesquicola* Klokov & Pobed, *Salvia verticillata* L., *Galium humifusum*, *Achillea pannonica* Scheele, *Linaria genistifolia* (L.) Mill., *Echium vulgare* L., *Melica transsilvanica* Schur., *Plantago urvillei* Opiz., *Bromus arvensis* L.

ПП № 3 – территория у подножия отвала с доминированием *Festuca pratensis*. Проективное покрытие – 50%. Доминируют также *Salvia verticillata* и *Convolvulus arvensis*. Единично встречаются *Galium humifusum*, *Senecio vernalis* L., *Salvia verticillata*, *Potentilla argentea*, *Convolvulus arvensis*, *Ceratocephala testiculata* (Cratz.) Beser, *Achillea pannonica*.

ПП № 4 – залежь с преобладанием *Vicia angustifolia* Reichard. Проективное покрытие – 60%. Доминирует *V. angustifolia* (около 80%) и *Artemisia absinthium* (5%). Единично встречаются *Securigirella varia*, *Phalaclaroma annum* (L.) Dumort. s.l., *Convolvulus arvensis*, *Verbascum lychnitis* L., *Festuca pratensis*, *Euphorbia humifusa* Willd. ex Schlecht., *Galium humifusum*, *Poa angustifolia* L.

ПП № 5 – залежь, с преобладанием *Poa angustifolia*. Проективное покрытие – 70%. Преобладает *P. angustifolia* (40%), *Vicia angustifolia*, *Hypericum perforatum* L., *Artemisia absinthium*, *Securigirella varia*, *Phalaclaroma annum*, *Bromopsis inermis* (Leys.) Holub, *Elytrigia repens*. Единично встречаются *Euphorbia humifusa*, *Geum urbanum* L., *Melica transsilvanica*, *Hieracium viosum*, *Convolvulus arvensis*.

Паспортизация видового состава травянистых растений, обнаруженных на пробных площадях, а также их ценотическая и экологическая характеристики представлены в табл. 3.

Анализ распределения травянистых растений по основной биоморфе свидетельствует о преобладании многолетников на обследованной территории – 69%. Доля однолетников и двулетников незначительна и составляет, соответственно, 18 и 13%. Количество однолетников снижается с 3 видов на ПП № 4 и 5 до 1 вида на ПП № 1 и 2.

Обследованные участки характеризуются преобладанием мезотрофов. Их количество на всех пробных площадях составляет 46,1%. Вместе с тем довольно велико количество видов, приуроченных к высокоплодородным почвам (25,6%), в основном они встречаются на ПП № 1 и 2 (рис. 1).

Биоэкологическая паспортизация видового состава травянистого покрова на пробных площадях пос. Красного (Кировский район г. Донецка)

Вид	№ пробной площади					Основная био-морфа *	Экоморфы**			
	1	2	3	4	5		трофо-морфа	гигро-морфа	цено-морфа	гелио-морфа
Ranunculaceae										
<i>Ceratocephalus testiculata</i> (Krontz.) Besser	-	-	+	-	-	од.	MsTr	MsKs	Ru	He
Caryophyllaceae										
<i>Agrostemma gitago</i> L.	+	-	-	-	-	од.	MsTr	KsMs	Ru	He
Hypericaceae										
<i>Hypericum perforatum</i> L.	-	-	-	-	+	мн.	OgTr (MsTr)	MsKs	SilPr	ScHe
Euphorbiaceae										
<i>Euphorbia humifusa</i> Willd. ex Schlecht.	-	-	-	+	+	од.	MsTr	Ks	StRu	ScHe
Rosaceae										
<i>Geum urbanum</i> L.	-	-	-	-	+	мн.	Og.-MgTr	Ms	RuSil	ScHe
<i>Potentilla argentea</i> L.	+	-	+	-	-	мн.	Og.-MgTr	KsMs	StPr	ScHe
Fabaceae										
<i>Medicago sativa</i> L.	+	-	-	-	-	мн.	MgTr	KsMs	Cul	He
<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall.	-	+	-	-	-	дв.	MsTr	KsMs	StPr	He
<i>Oxytropis pilosa</i> (L.) DC.	+	-	-	-	-	мн.	MgTr	Ks	PtrSt	He
<i>Securigera varia</i> (L.) Lassen	+	+	-	+	+	мн.	MgTr	KsMs	SilPr	ScHe
<i>Trifolium pratense</i> L.	-	-	+	-	-	мн.	MgTr	Ms	Pr	He
<i>Vicia angustifolia</i> Reichard	-	-	-	+	+	од.	MsTr	KsMs	RuPr	He
Rubiaceae										
<i>Galium humifusum</i> M. Bieb.	+	+	+	+	-	мн.	MsTr	Ks	PtrSt	He
Convolvulaceae										
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	+	-	+	+	+	мн.	MsTr	MsKs	Ru	ScHe
Boraginaceae										
<i>Anchusa azurea</i> Mill.	-	+	-	-	-	мн.	MgTr	MsKs	RuSt	He
<i>Echium vulgare</i> L.	-	+	-	-	-	дв.	Og.-MgTr	MsKs	StRu	He
Scrophulariaceae										
<i>Verbascum lychnitis</i> L.	-	-	-	+	-	дв.	Og.-MsTr	MsKs	StRu	ScHe
Plantaginaceae										
<i>Linaria genistifolia</i> (L.) Mill.	-	+	-	-	-	мн.	Og.-MsTr	Ks	PtrPs	He
<i>Plantago urvillei</i> Opiz.	-	+	-	-	-	мн.	MgTr	Ks	St	He
Lamiaceae										
<i>Salvia tesquicola</i> Klokov & Pobed	-	+	-	-	-	мн.	MsTr	Ks	StRu	He
<i>Salvia verticillata</i> L.	-	+	+	-	-	мн.	MsTr	MsKs	StRu	ScHe
<i>Stachys transsilvanica</i> Schur	-	+	-	-	-	мн.	Og.-MsTr	MsKs	StPs	He

Вид	№ пробной площади					Основная биоморфа*	Экоморфы**			
	1	2	3	4	5		трофоморфа	гигроморфа	ценоморфа	гелиоморфа
Asteraceae										
<i>Achillea collina</i> J. Becker ex Rchb. f.	+	-	-	-	-	мн.	MsTr	KsMs	StPr	He
<i>Achillea pannonica</i> Scheele	-	+	+	-	-	мн.	MgTr	Ks	St	He
<i>Artemisia absinthium</i> L.	-	+	-	+	+	мн.	MsTr	KsMs	Ru	He
<i>Artemisia austriaca</i> Jacq.	-	+	-	-	-	мн.	MsTr	Ks	RuSt	He
<i>Carduus crispus</i> L.	+	-	-	-	-	дв.	MsTr	KsMs	SilRu	ScHe
<i>Cichorium intybus</i> L.	+	-	-	-	-	мн.	MsTr	MsKs	Ru	He
<i>Hieracium virosus</i> Pall.	-	+	-	-	+	мн.	MgTr	MsKs	StPtr	ScHe
<i>Phalacrolooma annuum</i> (L.) Dumort. s.l.	-	-	-	+	+	од.	MsTr	MsKs	Ru	ScHe
<i>Senecio vernalis</i> Waldst. et Kit.	-	-	+	-	-	од.	Og.-MsTr	KsMs	Ru	ScHe
<i>Tragopogon major</i> Jacq.	+	-	-	-	-	дв.	MsTr	MsKs	SilSt	ScHe
Poaceae										
<i>Bromopsis inermis</i> (Leyss.) Holub	-	-	-	-	+	мн.	Og.-MgTr	KsMs	PrSt	He
<i>Bromus arvensis</i> L.	-	+	-	-	-	од., дв.	MsTr	KsMs	Ru	He
<i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski	-	+	-	-	+	мн.	MsTr	KsMs	StPrRu	ScHe
<i>Festuca pratensis</i> Huds.	+	+	+	+	-	мн.	MsTr	KsMs	Pr	ScHe
<i>Festuca valesiaca</i> Goud. s.l.	+	-	-	-	-	мн.	MgTr	MsKs	St	He
<i>Melica transsilvanica</i> Schur.	-	+	-	-	+	мн.	MsTr(Ca)	KsMs	SilSt	ScHe
<i>Poa angustifolia</i> L.	-	-	-	+	+	мн.	MsTr	KsMs	StPr	ScHe

Примечания:

1. Основная биоморфа* – од. – однолетник, дв. – двулетник, мн. – многолетник;

2. Экоморфы** – MsTr – мезотроф, MgTr – мегатроф, OgTr – олиготроф, Og.-MgTr – олигомегатроф, Og.-MsTr – олигомезотроф, MsTr(Ca) – мезотроф-кальцефил; Ks – ксерофит, Ms – мезофит, MsKs – мезоксерофит, KsMs – ксеромезофит; Ru – рудерант, Pr – пратант, St – степант, SilPr – сильвант-пратант, StRu – степант-рудерант, Cul – культурант (вид, который культивируется), StPr – степант-пратант, RuSil – рудерант-сильвант, PtrSt – петрофит-степант, RuPr – рудерант-пратант, RuSt – рудерант-степант, PtrPs – петрофит-псамофит, StPs – степант-псамофит, SilRu – сильвант-рудерант, StPtr – степант-петрофит, PrSt – пратант-степант, SilSt – сильвант-степант, StPrRu – степант-пратант-рудерант, He – гелиофит, ScHe – сциофит-гелиофит (в символах вторая часть основная, первая – уточняющая).

Поскольку все пробные площади были заложены в пределах одного геоморфологического элемента, значительных различий в распределении травянистых растений по гигроморфам обнаружено не было. На всех обследованных участках доминируют ксеромезофиты (31–54%) и мезоксерофиты (28–38%). В то же время отмечено некоторое снижение доли ксерофитов. Так, на ПП № 1 доля ксерофитов составляет 15%, на ПП № 2 – 33%, на ПП № 3 – 22%, на ПП № 4 – 20%, на ПП № 5 снижается до 8%. Доля мезофитов на ПП № 3 составляет 11%, на ПП № 5 – 8%, на ПП № 1, 2, 4 мезофитов не было выявлено. Территория обследования, на которой расположены пробные площади, представляет собой открытое, хорошо освещенное пространство, поэтому отмечается явное доминирование светлюбивых видов, где доля гелиофитов достигает 59%, а сциогелиофитов, больше тяготеющих к осветленным условиям – 41%.

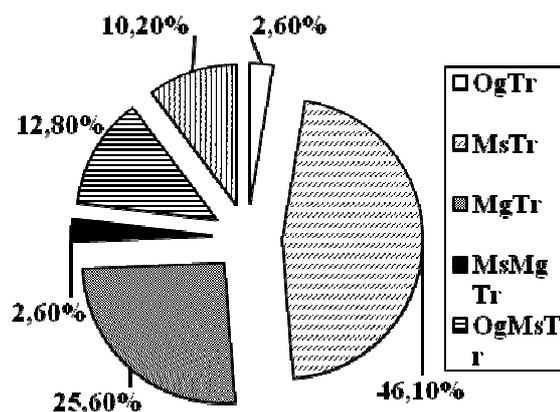


Рис. 1. Экологические спектры флоры на пробных площадях (№ 1–5) пос. Красного (Кировский район г. Донецка): OgTr – олиготроф, MsTr – мезотроф, MgTr – мегатроф, MsMgTr – мезомегатроф, OgMsTr – олигомезотроф, OgMgTr – олигомегатроф

Ценотический анализ обнаруженных травянистых растений показал, что ядро в ценотической структуре на всех пробных площадях составляют рудеральные виды (табл. 4.), на исследованной территории зафиксировано наименьшее участие культурантов и видов-псамофитов (PtrPs, StPs). Доля видов-степантов составляет 7,6–11,1% на ПП № 1, 2, 3; на ПП № 4 и 5 данных видов не отмечено. Преобладание видов-пратантов и степантов-пратантов отмечено на ПП № 3. На ПП № 4 отмечено значительное участие в травостое степантов-рудерантов и пратантов-рудерантов, тяготеющих к сорным растениям. На ПП № 5 отмечено отсутствие пратантов и увеличение долевого участия силвантов-пратантов – 15,4%.

Таблица 4

Соотношение эколого-ценологических групп на пробных площадях пос. Красного (Кировский район г. Донецка)

Цено-морфы	Пробные площадки									
	№ 1		№ 2		№ 3		№ 4		№ 5	
	коли-чество	доля, %	коли-чество	доля, %	коли-чество	доля, %	коли-чество	доля, %	коли-чество	доля, %
Ru	3	23,0	2	11,1	3	33,3	3	30,0	3	23,0
Cul	1	7,6	0	0	0	0	0	0	0	0
St	1	7,6	2	11,1	1	11,1	0	0	0	0
Pr	1	7,6	1	0,6	2	22,2	1	10,0	0	0
StPr	2	15,4	1	0,6	1	11,1	1	10,0	1	7,6
SilRu	1	7,6	0	0	0	0	0	0	0	0
SilPr	1	7,6	1	0,6	0	0	1	10,0	2	15,4
SilSt	1	7,6	1	0,6	0	0	0	0	1	7,6
PtrSt	2	15,4	1	0,6	1	11,1	1	10,0	0	0
RuSt	0	0	2	11,1	0	0	0	0	0	0
StRu	0	0	3	16,7	1	11,1	2	20,0	1	7,6
PtrPs	0	0	1	0,6	0	0	0	0	0	0
StPs	0	0	1	0,6	0	0	0	0	0	0
StPtr	0	0	1	0,6	0	0	0	0	1	7,6
StPrRu	0	0	1	0,6	0	0	0	0	1	7,6
RuPr	0	0	0	0	0	0	1	10,0	1	7,6
RuSil	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7,6
PrSt	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7,6

Примечание. Ценоморфы: Ru – рудерант, Pr – пратант, St – степант, SilPr – сильвант-пратант, StRu – степант-рудерант, Cul – культурант (вид, который культивируется), StPr – степант-пратант, RuSil – рудерант-сильвант, PtrSt – петрофит-степант, RuPr – рудерант-пратант, RuSt – рудерант-степант, PtrPs – петрофит-псамофит, StPs – степант-псамофит, SilRu – сильвант-рудерант, StPtr – степант-петрофит, PrSt – пратант-степант, SilSt – сильвант-степант, StPrRu – степант-пратант-рудерант (в символах вторая часть основная, первая – уточняющая).

Рудеранты и виды, тяготеющие к сорным растениям, преобладают в травостое всех исследуемых площадей. Также значительно участие видов степантов и видов, тяготеющих к степным растениям, на ПП № 1–3, их количество сокращается, либо отмечено их полное отсутствие, на ПП № 4 и 5.

Немаловажное значение для растений, их благоприятного произрастания имеют показатели кислотности и степени засоленности субстрата. По этим показателям почвы пробных площадей благоприятны для произрастания растений: на всех изученных участках pH – близкая к нейтральной, а засоление отсутствует (меньше 0,3 г/100 г почвы) (табл. 5).

Таблица 5

Реакция среды и степень засоленности почвы пробных площадей пос. Красного (Кировский район г. Донецка)

Пробная площадь	Расположение	Реакция среды (pH)	Содержание солей, г/100 г почвы
№ 1	возле пруда Песчаного	6,66	0,08
№ 2		6,52	0,18
№ 3	территория у подножия отвала угольной шахты	6,89	0,16
№ 4	залежь	6,66	0,18
№ 5		6,65	0,08

Содержание аммонийного азота оценено как очень низкое на ПП № 1, 4 и 5, низкое – на ПП № 3 и среднее – на ПП № 2 (табл. 6). Аммонийный азот как наиболее доступная для растений форма расходуется в процессе вегетации, поэтому его содержание незначительно.

Нитритный азот – промежуточная стадия в цепи бактериальных процессов окисления аммония до нитратов. Его наименьшее количество отмечено на ПП № 3, с наименьшим флороценотическим разнообразием, а значит и пониженной деятельностью микроорганизмов. Наибольшее количество нитритного азота было зафиксировано на ПП № 1 и 4.

Доступный для питания растений фосфор находится в почве в форме легкорастворимых фосфатов. Содержание подвижного фосфора варьирует по участкам, от очень высокого – ПП № 1 и 3, до повышенного – ПП № 2 и среднего – ПП № 4 и 5.

Содержание гумуса является наиболее важным показателем плодородия и экологического состояния почвы. Органическое вещество определяет структуру почвы, формирует ее физико-химические и обменные свойства и служит депо питательных элементов [1, 7]. В результате проведенных исследований было установлено, что среднеобеспеченными органическим веществом являются почвы ПП № 1, 3, 4, 5 и малообеспеченными – ПП № 2.

**Характеристика флороценотивов и эдафотопов пробных площадей пос. Красного
(Кировский район г. Донецка)**

Пп	Виды доминанты / субдоминанты	Общее количество видов	Проективное покрытие, %	Содержание элементов минерального питания, мг/100 г в эдафотопе			Содержание гумуса (%) в эдафотопе
				азот		фосфор	
				аммонийный	нитритный		
Возле искусственного водоема							
№ 1	<i>Medicago sativa</i> L.	13	80	2,54	15,24	41,02	4,07
	<i>Festuca valesiaca</i> Gaudin.						
№ 2	<i>Artemisia austriaca</i> Jacq.	18	70	4,94	7,33	12,22	2,44
	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall.						
Территория у подножья отвала							
№ 3	<i>Festuca pratensis</i> Huds.	9	50	3,13	6,28	27,54	4,32
	<i>Salvia verticillata</i> L. <i>Convolvulus arvensis</i> L.						
Залежь (около 30 лет)							
№ 4	<i>Vicia angustifolia</i> Reichard.	10	60	2,35	14,97	7,34	3,53
	<i>Artemisia absinthium</i> L.						
№ 5	<i>Poa angustifolia</i> L.	13	70	2,28	9,97	5,49	3,43
	<i>Vicia angustifolia</i> Reichard.						

Выводы

Фитоценотическая и эдафическая характеристика пробных площадей пос. Красного Кировского района г. Донецка выявила вариабельность ряда показателей, что связано с гетерогенностью самих условий окружающей среды. Травянистый покров исследованной территории пос. Красного является динамическим образованием. Формируется разнотравный покров из степантов и видов, тяготеющих к степным растениям, со значительным участием рудеральных видов – представителей особой жизненной стратегии, устойчивых к антропогенному воздействию.

В результате первичных исследований отмечен дефицит элементов минерального питания и содержания гумуса. В почвенных пробах участков, с доминированием растений из семейства Fabaceae, наблюдали наибольшее количество нитритного азота, высокое содержание подвижного фосфора и среднее обеспечение органическим веществом.

Список литературы

1. Александрова Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. М. : Наука, 1980. 287 с.

2. *Аринушкина Е. В.* Руководство по химическому анализу почв. М. : Изд-во МГУ, 1970. 487 с.
3. *Бельгард А. Л.* Лесная растительность юго-востока УССР. К. : Изд-во Киев. ун-та, 1950. 264 с.
4. *Бурда Р. И.* Антропогенная трансформация флоры. К. : Наук. думка, 1991. 168 с.
5. *Ермакова Е. В.* Изменение видового состава травянистого покрова под влиянием рекреации на участках национального природного парка «Святые горы» // Промышленная ботаника. 2007. Вып. 7. С. 113–118.
6. *Жуйкова Т. В.* Реакция ценопопуляций и травянистых сообществ на химическое загрязнение среды : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Екатеринбург, 2009. 40 с.
7. *Кононова М. М.* Органическое вещество и плодородие почвы // Почвоведение. 1984. № 8. С. 6–20.
8. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под. ред. Д. Г. Звягинцева. М. : Изд-во МГУ, 1991. 304 с.
9. *Мязин Н. Г., Кошелев Ю. А.* Агрохимические показатели чернозема и урожай озимой пшеницы при комплексном агрохимическом окультуривании // Плодородие. 2009. № 1. С. 20–22.
10. Почвоведение / Под ред. И. С. Кауричева. М. : Колос, 1982. 435 с.
11. Практикум по агрохимии / Под ред. В. Г. Минеева. М. : Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
12. Программа и методика биогеоэкологических исследований. М. : Наука, 1966. 331 с.
13. Сосудистые растения юго-востока Украины / В. М. Остапко, А. В. Бойко, С. Л. Мосякин. Донецк : Ноулидж, 2010. 247 с.
14. *Тарасов В. В.* Флора Дніпропетровської та Запорізької областей. Судинні рослини. Біолого-екологічна характеристика видів. Дніпропетровськ, 2005. 276 с.

Kozub-Ptitsa V. V., Agurova I. V. Ecological and cenotic characteristics of herbaceous cover village of Krasny of Kirovsky district of Donetsk. – In the investigated area, 39 species of vascular plants were found. The predominance of representatives of the families Asteraceae, Poaceae, Fabaceae was noted. Among the ecological-cenotic groups, the basis of the herbaceous cover is formed by ruderal species and species gravitating towards steppe plants. Data on the content of elements of mineral nutrition, organic matter in edaphotopes of the studied areas are presented. The edaphotope was evaluated by pH and total salinity. A deficiency of mineral nutrition elements in the soils of areas with a well-formed cover has been established, which is associated with an increase in their consumption by plants during vegetation, flowering, and fruiting.

Key words: herbaceous cover, ecological coenotic analysis, edaphotope, elements of mineral nutrition, humus.

УДК 581.15 : 504.06 : 902.67 (477)

© Н. С. Мирненко

ЦИТОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПЫЛЬЦЕВЫХ ЗЕРЕН *AESCULUS HIPPOCASTANUM* L. В Г. ДОНЕЦКЕ

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: natalya_zaharenkova@mail.ru

Мирненко Н. С. Цитологические исследования пыльцевых зерен *Aesculus hippocastanum* L. в г. Донецке. – Проведены цитологические исследования по определению качественного состояния пыльцы *Aesculus hippocastanum* L. Данные подтверждают влияние антропогенной нагрузки на пыльцевые зерна *A. hippocastanum* в г. Донецке.

Ключевые слова: палинология, фертильность, стерильность, жизнеспособность пыльцы, г. Донецк.

Введение

Пыльца представляет собой скопление пыльцевых зерен семенных растений, которые в своей массе образуют мужской гаметофит. Пыльцевые зерна рассматриваются учеными в качестве носителей информации, поскольку имеют сложные морфологические особенности и длинный цикл онтогенеза. Строение и развитие пыльцевых зерен связано с изменением условий среды, в том числе под воздействием антропогенного фактора [1, 4–6, 13, 15–17].

Пыльцевые зерна распространяются преимущественно аэрофильно и энтомофильно. Распространение зависит от морфологии, легкая и сухая пыльца (*Betula pendula* L. и *Ambrosia artemisifolia* L.) разносится аэрофильно на расстояние от 600 м до 500 км (*Alnus cordata* (Loisel.), а липкая и тяжелая (*Tilia cordata* L.) разносится преимущественно энтомофильно [1, 4]. Легкая и сухая пыльца «выпадает» в количестве 50% на расстоянии до 10 км от продуцируемого вида, остальная часть пыльцы выносится на расстояние до 80 км [1, 8, 11, 18].

Сложное строение и широкое распространение пыльцы позволяет использовать ее как объект для изучения воздействия антропогенных факторов на окружающую среду (палиноиндикация). Наиболее актуальны такие эксперименты как:

- изучение изменений морфологического строения (определение формы, размеров, апертур и их вариаций);
- установление функциональных цитологических изменений (определение стерильности и фертильности пыльцы).

Также стоит отметить, что растения имеют высокую чувствительность к воздействию загрязнителей, которая проявляется морфо-функциональными реакциями [7–12, 18].

На жизнеспособность пыльцы воздействуют изменения природно-климатических условий и погодных особенностей региона в период ее формирования. На качество пыльцы немаловажное воздействие оказывает атмосферное загрязнение, что в условиях городской среды снижает способность пыльцевых зерен к прорастанию, при этом увеличивая число тератных (патологически измененных) пыльцевых трубок, что сказывается на уменьшении количества клеток, содержащих активные пероксидазы [1, 18].

Для исследований был выбран интродуцированный вид – *Aesculus hippocastanum* L., который является одним из малоизученных видов древесных растений по палинологическим данным в условиях интродукции г. Донецка.

Цель работы – установить цитологические особенности пыльцевых зерен *Aesculus hippocastanum* L. в г. Донецке.

Материал и методы исследования

В качестве объекта исследования использовали пыльцу *A. hippocastanum*. Родина данного вида – северная Греция, взрослые особи достигают до 30 метров высоты и в диаметре ствола до 200 см. Произрастает на Балканском полуострове в горах и лиственных

лесах совместно с ольхой, ясенем и кленом на высоте 1000–1200 м. В природе долговечные крупные деревья в благоприятных условиях достигают возраста 200–300 лет [3].

Цветение каштана длится 14–18 дней. Цветки однополые, мелкие, белые или желтоватые с особенным резким запахом. Каштан – хороший пыльценос, он выделяет большое количество пыльцы. Цветет *A. hippocastanum* в мае – июне.

Основные методики обработки палинологического материала представлены в публикациях [1, 2, 6–12, 14, 18]. Микроскопирование, фиксация и окрашивание материала проведены по стандартным методикам [1, 2, 6–12, 14, 18].

Сбор соцветий (с пыльцой) проводили в мае 2020 г. с одновозрастных особей без видимых повреждений. Для оценки качественного состояния была собрана пыльца с 25 особей на 5 пробных площадках г. Донецка: 1) пр-т Ленинский; 2) пр-т Киевский; 3) ул. Артема; 4) пр-т Ильича (Дендрарий ГУ «Донецкий ботанический сад»); 5) бул. Пушкина.

Исследуемые точки сбора были распределены вдоль автомобильных дорог, контрольные точки находились в районах с меньшей транспортной нагрузкой (пр-т Ильича (Дендрарий ГУ «ДБС») и бул. Пушкина).

Живой материал для цитологических исследований отбирали в бумажные конверты с отметкой даты и места сбора. Для микроскопического исследования проводили фиксацию в 70° спирте (микроскоп Primo Star (Carl Zeiss) при увеличении 40x10 и 90x10).

Фертильность определяли методом «подкрашивания» пыльцы ацетокармином. Фертильные зерна устанавливали по яркому окрашиванию, стерильные – его частичному либо полному отсутствию [2, 7, 11]. Пыльники со зрелой пыльцой фиксировали в растворе Карнуа.

Жизнеспособность пыльцы определяли методом проращивания на специальной питательной среде (методом «влажной камеры») в термостате при температуре +26°С. Раствор готовили по следующей схеме – 2% агар, 15% раствор сахарозы с добавлением 0,003% борной кислоты. Пыльцевые зерна, имеющие трубки по длине превышающие диаметр тела пыльцевого зерна, считали как проросшие и жизнеспособные. Наблюдения проводили в течение 7 суток. За период эксперимента устанавливалось количество проросшей пыльцы (каждые сутки ровно в 12:00 часов) [18].

Результаты и обсуждение

Морфологически пыльцевые зерна *A. hippocastanum* представлены трехбороздно-поровной и эллипсоидальной формой, имеющие полярную ось (20,4–25,5 мкм) и экваториальный диаметр (17–21,8 мкм) (рис. 1). Условный полюс дает приблизительно округлую форму проекции, а со стороны экватора пыльцевое зерно эллиптическое. Наружные апертуры представлены бороздами шириной 8,0–9,8 мкм с ровными краями, имеющими остро оттянутые концы. Поры преимущественно округлые с диаметром 6–7 мкм.

Борозды и поры имеют особую мембрану, покрытую шипиками, разной величины, высотой от 0,3 до 1 мкм, носящие редкое расположение и наклон в разные стороны, чаще сгруппированы на порах. Ширина мезокольпиума 10,3–13,7 мкм, диаметр апокольпиума 2,7–3,6 мкм. В центре мезокольпиумов экзина имеет толщину 1,0–1,3 мкм, около борозд – до 2 мкм. Скульптура пыльцевого зерна тонкая, зернисто-струйчатая, цвет желтый или светло-желтый [3].

В результате проведенных цитологических исследований определено качественное состояние пыльцевых зерен *A. hippocastanum* по показателям стерильности и фертильности (табл. 1, рис. 2).

Пыльцевые зерна, которые не окрасились в ходе эксперимента, считались стерильными.

Наибольший процент стерильных пыльцевых зерен отмечен в точке сбора № 3 (ул. Артема). Показатель стерильности равен 46%. Это возможно объяснить воздействием выхлопных газов, вырабатываемых легковыми автомобилями.



Рис. 1. Общий вид пыльцы *Aesculus hippocastanum* L. [3]:
А – вид со стороны полюса; Б – вид со стороны экватора

Таблица 1

Количественный показатель стерильности и фертильности пыльцевых зерен *Aesculus hippocastanum* L. на пробных площадках г. Донецка (2020 г.)

№ пробной площадки	Количество, шт	
	Стерильные пыльцевые зерна	Фертильные пыльцевые зерна
1	65	135
2	86	114
3	92	108
4	40	160
5	43	157

Примечание. Пробные площадки: 1 – пр-т Ленинский, 2 – пр-т Киевский, 3 – ул. Артема, 4 – пр-т Ильича (Дендрарий ГУ «ДБС»), 5 – бул. Пушкина.

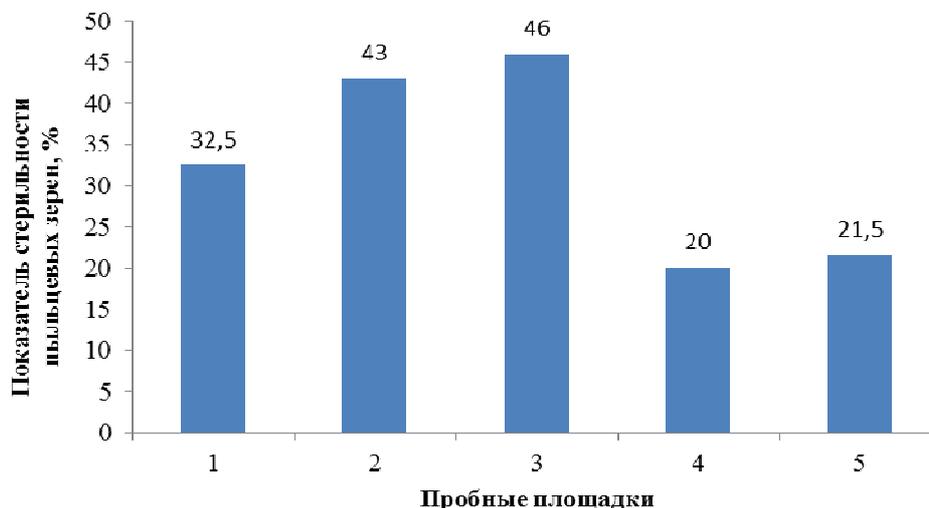


Рис. 2. Процентный показатель стерильности пыльцевых зерен *Aesculus hippocastanum* L. на пробных площадках г. Донецка (2020 г.): 1 – пр-т Ленинский, 2 – пр-т Киевский, 3 – ул. Артема, 4 – пр-т Ильича (Дендрарий ГУ «ДБС»), 5 – бул. Пушкина

На втором месте точка сбора № 2 (пр-т Киевский) – 43%. Также, как и точка № 3, находится вдоль автодороги. Образцы № 4 и 5, взятые в городе на относительно техногенно ненагруженных территориях (пр-т Ильича и бул. Пушкина), имеют показатели 20 и 21,5% соответственно. В образце № 1 (Ленинский проспект) количество стерильных зерен близко к максимальному – 32,5.

Таким образом, в условиях интенсивной нагрузки *A. hippocastanum* проявляет закономерность в цитологии качества пыльцевых зерен. Установлено, что такой параметр, как стерильность пыльцевого зерна у изучаемого вида можно рекомендовать в качестве информативного для проведения экологического мониторинга состояния воздушной среды в городских условиях. Показатель, характеризующий анатомо-морфологическое строение пыльцевого зерна, можно использовать в условиях г. Донецка как дополняющий другие характеристики при выявлении значительного загрязнения окружающей среды.

Проращивание пыльцы *in vitro* на искусственной питательной среде является одним из наиболее точных способов оценки жизнеспособности мужского гаметофита растений. Наличие контролируемых условий (температура, освещение, влажность) позволяет оградить пыльцевые зерна, выдержавшие стрессовое давление, от неблагоприятных воздействий во время прорастания. Однако при экстраполяции лабораторных данных следует учитывать, что в естественных условиях на пыльцу и растущие пыльцевые трубки оказывают непосредственное влияние ткани пестика и окружающая среда. В научной литературе известны многочисленные примеры успешного использования описанного метода в различных исследованиях хвойных, например, для сравнения условий прорастания ели сибирской на разных территориях [1, 18], при изучении влияния болезней на жизнеспособность пыльцы пихты сибирской [1, 18] и др. В табл. 2 представлены показатели жизнеспособности пыльцы *A. hippocastanum* на пробных площадках.

Таблица 2

Показатели жизнеспособности пыльцы *Aesculus hippocastanum* L. на пробных площадках г. Донецка (2020 г.)

№ пробной площадки	Количество пыльцевых зерен			
	проросшие, шт.		не проросшие, шт.	
	шт.	%	шт.	%
1	150	75,0	50	25,0
2	132	66,0	68	44,0
3	115	57,5	85	42,5
4	182	91,0	18	9,0
5	169	84,5	31	15,5
X _{ср.}	149,6 ± 11,0	74,8 ± 5,5	50,4 ± 11,0	27,2 ± 6,4

Примечание. Пробные площадки: 1 – пр-т Ленинский, 2 – пр-т Киевский, 3 – ул. Артема, 4 – пр-т Ильича (Дендрарий ГУ «ДБС»), 5 – бул. Пушкина.

При оценке проросших пыльцевых зерен было установлено, что на питательной среде в термостате жизнеспособность пыльцы имеет колебания от 57,5 до 91,0%, а среднее значение жизнеспособности составляет 74,8%. Наиболее низкое значение данного показателя (57,5%) отмечено на площадке № 3, максимальное (91,0%) – на площадке № 4.

Следовательно, по пролификации пыльцевых зерен *A. hippocastanum* возможно проведение палиноиндикации состояния воздушной среды по параметрам жизнеспособности пыльцы и длины формирующихся пыльцевых трубок.

В рамках проведения эксперимента было установлено, что разрастание тканей пыльцевой трубки (пролификация) проявляется через 15–20 часов после помещения в термостат, а высокая интенсивность прорастания пыльцы приходится на вторые сутки эксперимента (рис. 3). В течение всего эксперимента количество проросшей пыльцы не достигло максимального значения.

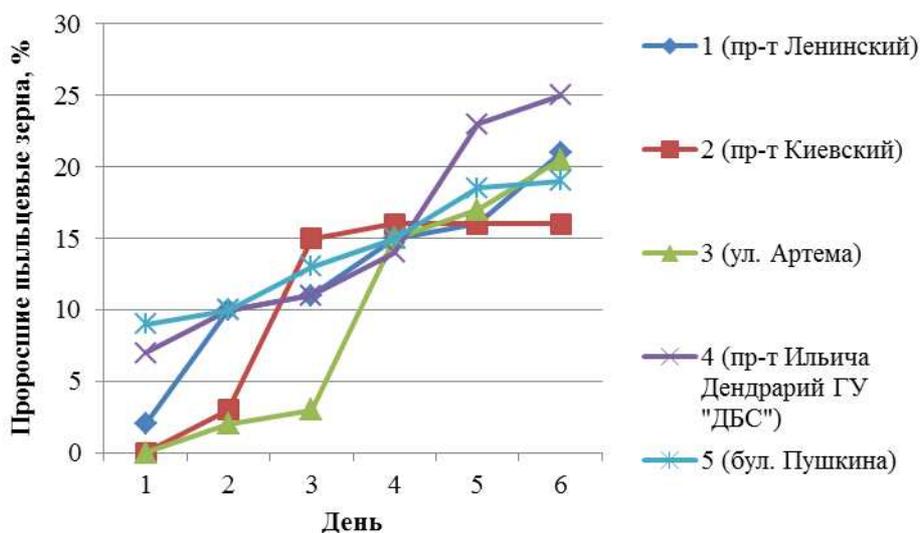


Рис. 3. Динамика прорастания пыльцы *Aesculus hippocastanum* L.

Выводы

В рамках проведенных исследований установлены некоторые цитологические особенности пыльцевых зерен *Aesculus hippocastanum* L. Территория г. Донецка имеет крупный промышленный комплекс и испытывает значительную антропогенную и техногенную нагрузку, что подтверждается формированием большого количества стерильных (не способных к прорастанию) пыльцевых зерен.

Подавление качества мужского гаметофита, отмеченное в образце, взятом по ул. Артема, № 1 (65%), объясняется непосредственной близостью путей сообщения, используемых как легковым, так и грузовым транспортом, а также расположением вблизи Юзовского электрометаллургического завода. Полученные данные подтверждают высокий уровень и непосредственное влияние техногенной и антропогенной нагрузки на атмосферный воздух в г. Донецке.

Список литературы

1. Абрашкина Ю. В. Изучение жизнеспособности пыльцы древесных растений в условиях города Актобе // Наука через призму времени. 2018. № 4 (13). С. 26–30.
2. Барыкина Р. П. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы. М. : Изд-во МГУ, 2004. 312 с.
3. Бурмистров А. Н., Никитина В. А. Медоносные растения и их пыльца : справочник. М. : Росагропромиздат, 1990. 192 с.
4. Бухарина И. Л., Двоеглазова А. А. Биоэкологические особенности травянистых и древесных растений в городских насаждениях. Ижевск : Изд-во Удмуртский университет, 2010. 184 с.
5. Крутских Н. В., Лазарева О. В. Изучение качества пыльцы *Alnus incana* как палиноиндикатора состояния компонентов природной среды // Геология и полезные ископаемые Карелии. 2014. Вып. 17. С. 118–121.
6. Лях В. А., Войтович Е. Н., Дубовая Е. В., Пересыпкина Т. Н. Степень прорастания *in vitro* пыльцы древесных растений как показатель их устойчивости к загрязнению фторидами // Уч. зап. Крымского инж.-пед. ун-та. Биол. науки. 2008. Вып. 15. С. 77–80.
7. Мирненко Н. С. Состояние пыльцевых зерен *Ambrosia artemisiifolia* L. и *Artemisia absinthium* L. в г. Донецке // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2017. № 3–4. С. 12–17.
8. Мирненко Н. С. Диагностика состояния экотопов Донецка по палинологическим данным *Betula pendula* Roth // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018 а. № 1–2. С. 20–24.

9. Мирненко Н. С. Качество пыльцы *Diplotaxis muralis* (L.) DC. в условиях пгт. Новый свет Старобешевского района // Вестн. Донецкого нац. ун-та. Сер. А : Естеств. науки. 2018 б. № 3–4. С. 157–162.

10. Мирненко Н. С. Палинологические исследования в микропопуляциях *Ambrosia artemisiifolia* L. // Донецкие чтения 2020 : образование, наука, инновации, культура и вызовы современности : Мат. V Междунар. научн. конф. (Донецк, 17–18 ноября 2020 г.). Т. 2 : Хим.-биол. науки / Под общ. ред. С. В. Беспаловой. Донецк : Изд-во ДонНУ, 2020 а. С. 222–224.

11. Мирненко Н. С. Фертильность и жизнеспособность пыльцы *Salix alba* L. в условиях г. Донецка // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2020 б. № 1–2. С. 6–12.

12. Ненашева Г. И. Аэропалинологический мониторинг аллергенных растений г. Барнаула // Ин-т водн. и экол. проблем СО РАН. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2013. 132 с.

13. Пронина Р. Д. Фертильность и жизнеспособность пыльцы сосны обыкновенной в условиях городской среды // Ломоносовские чтения на Алтае : фундаментальные проблемы науки и образования : сб. науч. статей Междунар. конф. (Барнаул, 20–24 октября 2015 г.). Барнаул : Изд-во Алтайского ун-та, 2015. С. 1424–1428.

14. Сафонов А. И. Структурная разнокачественность эмбриональных структур фитоиндикаторов в Донбассе // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2016. № 3–4. С. 23–29.

15. Сафонов А. И., Захаренкова Н. С. Диагностика воздуха в г. Донецке по спектру скульптур поверхности пыльцы сорно-рудеральных видов растений // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2016. № 1–2. С. 66–72.

16. Сафонов А. И., Мирненко Н. С. Спорово-пыльцевой метод в Донбассе на основе научных рекомендаций ученых России // Донецкие чтения 2017 : Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса : матер. Междунар. науч. конф. студ. и молодых ученых (Донецк, 17–20 октября 2017 г.). Т. 2 : Хим.-биол. науки / Под общ. ред. С. В. Беспаловой. Донецк : Изд-во ДонНУ, 2017. С. 97–99.

17. Сафонов А. И., Мирненко Н. С. Палинологический скрининг в мониторинговой программе Центрального Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2019. № 3–4. С. 6–11.

18. Хлебова Л. П., Бычкова О. В. Особенности развития мужского гаметофита сосны обыкновенной *Pinus silvestris* L. в условиях городской среды // Біологічний вісник МДПУ. 2016. № 1. С. 390–408.

Mirnenko N. S. Cytological studies of pollen grains of horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) in Donetsk. – Cytological studies were performed to determine the qualitative state of *Aesculus hippocastanum* L. pollen. The data confirm the influence of anthropogenic load on pollen grains of *A. hippocastanum* in Donetsk.

Key words: palynology, fertility, sterility, pollen viability, Donetsk.

УДК 582.296.32 : 632.15(477)

© **Е. И. Морозова, Е. Н. Бондарь****ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ БРИОТЕКИ КАФЕДРЫ БОТАНИКИ И ЭКОЛОГИИ ДОННУ**

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: bondar.liza2015@yandex.ru

Морозова Е. И., Бондарь Е. Н. Инвентаризация бриотеки кафедры ботаники и экологии ДонНУ. – Составлен чек-лист представителей бриобионтов из имеющихся в коллекционном фонде кафедры ботаники и экологии по наличию в единичной таксономической записи при первичной идентификации и регистрации. Доказано, что мохообразные представляют значительную часть природной флоры Донбасса по видовому разнообразию и в общей систематической пропорции.

Ключевые слова: мохообразные, Донбасс, виды Bryobionta, бриотека, коллекция и гербарий кафедры.

Введение

Сбор мохообразных для таксономических и экологических исследований и создания бриотеки в Донецком экономическом регионе был начат в 2015 г., что отражено в первых обзорных публикациях [4, 5, 9]. Система коллекционирования бриобионтов важна как доказательная база нахождения и наличия вида на определенной территории, что в соответствии с опорными определителями [3, 13] позволило опубликовать и региональный атлас мохообразных для территории Донецкой агломерации [11], а также выделять различные научные направления в изучении мохообразных как биоиндикаторов [1, 6, 12] и объектов пристального наблюдения по идентификации раритетности вида в регионе [10]. Учитывая общую специфику фитоиндикационного и мониторингового направления в ботанико-экологических исследованиях [1, 2, 6–8], бриобионты также являются частью реализуемой программы информационно-аналитической оценки трансформированных экотопов.

Цель работы – составить актуальный чек-лист представителей бриобионтов коллекционного фонда кафедры ботаники и экологии ДонНУ. В такого рода инвентаризацию были включены задачи оценки каждого экземпляра по степени сохранности биоматериала в трехбалльной шкале (оценивание от 1 до 3), экотопической приуроченности при разграничении на категории урбанизированных (U), техногенных (T) и природных (N) регистраций, а также с пометкой по возможности использования в программах пассивного (Pm) и активного по формированию трансплантатов (Am) мониторинга.

Материал и методы исследования

Камеральная обработка данных такого целевого назначения относится к категории механической регистрации экземпляров по первой таксономической записи в идентификаторе. Названия растений указаны в соответствии с возможным дальнейшим учетом их синонимических эквивалентов [3] при систематическом анализе бриотеки в алфавитно-видовом отношении [11] или по группам прикладного использования, например, категории мохообразных-аккумуляторов вредных соединений, типично индикаторных элементов флоры в техногенных условиях, редких и исчезающих видов и пр.

Результаты и обсуждение

Все инвентаризированные экземпляры расположены в алфавитном порядке по латинским названиям видов на этикетках и в конвертах с комментариями по степени сохранности при гербаризации, экотопической приуроченности и возможности реализации программ активного и пассивного мониторинга:

Amblystegiella subtilis (Hedw.) Loeske (2-3, UTN, Am, Pm),

Amblystegium chrysophyllum (Brid.) De Not. (2, N, Am),

Amblystegium cuspidatum (Hedw.) Mitt. (1-2, UTN, Am, Pm),

Amblystegium riparium (Hedw.) Schimp. (1-2, UTN, Am, Pm),
Amblystegium serpens (Hedw.) Schimp. (2-3, UTN, Am, Pm),
Amblystegium subtile (Hedw.) Schimp. (3, UTN, Am, Pm),
Anacamptodon splachnoides (Froel. ex Brid.) Brid. (2-3, N, Pm),
Anomodon repens (Brid.) Fürnr. (2-3, UTN, Am, Pm),
Aongstroemia cerviculata (Hedw.) Müll. Hal.,
Argyrobryum argenteum (Hedw.) Kindb. (3, UTN, Am, Pm),
Astomum cuspidatum (Schreb. ex Hedw.) Bayrh. (1-2, UTN, Am, Pm),
Aulacomnium palustre (Hedw.) Schwägr (2-3, UTN, Am, Pm),
Barbula fallax Hedw. (2, UN, Pm),
Barbula mucronifolia (Schwägr.) Garov. (3, UN, Pm),
Barbula muralis (Hedw.) F. Weber & D. Mohr (3, UN, Pm),
Barbula rigidula (Hedw.) Mitt. (2-3, N, Pm),
Barbula unguiculata Hedw. (1-2, UTN, Am, Pm),
Bartramia palustris (Hedw.) P. Beauv. (3, UTN, Am, Pm),
Brachytheciastrum velutinum (Hedw.) Ignatov & Huttunen (2, N, Am),
Brachythecium albicans (Hedw.) Bruch et al. (1, N, Am),
Brachythecium campestre (Müll.Hal.) Bruch et al. (3, UTN, Am, Pm),
Brachythecium lutescens (Hedw.) De Not. (1, N, Am),
Brachythecium mildeanum (Schimp.) Schimp. (2-3, UTN, Am, Pm),
Brachythecium salebrosum (F. Weber & D. Mohr) Bruch et al. (3, UTN, Am, Pm),
Brachythecium velutinum (Hedw.) Schimp. (2, N, Am),
Bruchia repens (Brid.) Hornsch. (2-3, UTN, Am, Pm),
Bryum argenteum Hedw. (2-3, UTN, Am, Pm),
Bryum caespiticium Hedw. (2-3, UTN, Am, Pm),
Bryum canescens (Hedw.) Hoffm. ex With. (2, N, Am),
Bryum capillare Hedw. (2-3, UTN, Am, Pm),
Bryum cerviculatum (Hedw.) Dicks. (2, UN, Pm),
Bryum controversum (Hedw.) P. Beauv. (2-3, UTN, Am, Pm),
Bryum cuspidatum (Hedw.) Crome (3, UN, Pm),
Bryum funckii Schwaegr. (2, N, Am),
Bryum murale (Hedw.) With. (3, UN, Pm),
Bryum pulvinatum (Hedw.) With. (2-3, UTN, Am, Pm),
Bryum pusillum (Hedw.) Dicks. (1, N, Am),
Bryum rigidulum (Hedw.) Dicks. (2-3, N, Pm),
Bryum rurale (Hedw.) With. (3, UN, Pm),
Bryum scoparium (Hedw.) Roucel (1-2, UTN, Am, Pm),
Bryum torquescens Bruch & Schimp. (2-3, N, Pm),
Bryum turbinatum (Hedw.) Turn. (2-3, N, Pm),
Bryum unguiculatum (Hedw.) With. (1-2, UTN, Am, Pm),
Calliargon cuspidatum (Hedw.) Kindb. (1-2, UTN, Am, Pm),
Calliargonella cuspidata (Hedw.) Loeske (1-2, UTN, Am, Pm),
Calliargonella schreberi (Brid.) Grout. (2-3, UTN, Am, Pm),
Camptothecium lutescens (Hedw.) Schimp. (1, N, Am),
Campyliadelphus chrysophyllus (Brid.) R. S. Chopra (2, N, Am),
Campylium chrysophyllum (Brid.) Lange (2, N, Am),
Campylium riparium (Hedw.) Loeske (1-2, UTN, Am, Pm),
Campylopus fulvus (Hook.) Kindb. (2-3, N, Pm),
Campylopus pulvinatus (Hedw.) Brid. (2-3, UTN, Am, Pm),
Ceratodon purpureus (Hedw.) Brid (2-3, UTN, Am, Pm),
Chamberlainia albicans (Hedw.) H. Rob. (1, N, Am),
Chamberlainia campestris (Müll. Hal.) H. Rob. (3, UTN, Am, Pm),

Chamberlainia salebrosa (Hoffm. ex F. Weber & D. Mohr) H. Rob. (3, UTN, Am, Pm),
Chamberlainia velutina (Hedw.) H. Rob. (2, N, Am),
Climacium lucens (Hedw.) Voit ex Hassk. (1, N, Am),
Cupressina cupressiformis (Hedw.) Müll. Hal. (2-3, N, Pm),
Cuspidaria schreberi (Brid.) Müll. Hal. (2-3, UTN, Am, Pm),
Cylindrothecium repens (Brid.) De Not. (2-3, UTN, Am, Pm),
Desmatodon muralis (Hedw.) Jur. (3, UN, Pm),
Dicranella cerviculata (Hedw.) Schimp. (2, UN, Pm),
Dicranodon scoparium (Hedw.) Béhéré (1-2, UTN, Am, Pm),
Dicranum cerviculatum Hedw. (2, UN, Pm),
Dicranum fulvum Hook. (2-3, N, Pm),
Dicranum polysetum Sw. (2-3, N, Pm),
Dicranum scoparium Hedw. (1-2, UTN, Am, Pm),
Didymodon fallax (Hedwig) R. H. Zander (2, UN, Pm),
Didymodon fulvus (Hook.) Schwägr. (2-3, N, Pm),
Didymodon purpureus (Hedw.) Hook. & Taylor (2-3, UTN, Am, Pm),
Didymodon pusillus Hedw. (1, N, Am),
Didymodon rigidulus Hedw. (2-3, N, Pm),
Didymodum pusillum (Hedw.) P. Beauv. (1, N, Am),
Ditrichum pussilum (Hedw.) Hampe. (1, N, Am),
Ditrichum rigidulum (Hedw.) Timm (2-3, N, Pm),
Dorcadion diaphanum (Brid.) Lindb. (2, UN, Pm),
Dorcadion obtusifolium (Brid.) Lindb. (1-2, UTN, Am, Pm),
Dorcadion pallens (Bruch ex Brid.) Lindb. (2-3, UTN, Am, Pm),
Dorcadion pumilum (Sw.) Lindb. (3, UN, Pm),
Dorcadion speciosum (Nees) Lindb. (3, UN, Pm),
Dorcadionella speciosa (Nees) Plášek, Sawicki & Ochyra. (2-3, UTN, Am, Pm),
Drepanium cupressiforme (Hedw.) G. Roth (2-3, N, Pm),
Drepanium incurvatum (Schrad. ex Brid.) G. Roth (1, N, Am),
Entodon repens (Brid.) Grout (2-3, UTN, Am, Pm),
Entodon schreberi (Brid.) Mönk. (2-3, UTN, Am, Pm),
Eurhynchium velutinum (Hedw.) Géneau & Maheu (2, N, Am),
Fabronia splachnoides (Froel. ex Brid.) Müll. Hal. (2-3, N, Pm),
Fissidens pulvinatus Hedw. (2-3, UTN, Am, Pm),
Fontinalis hygrometrica (Hedw.) P. Syd. (1, N, Am),
Funaria hygrometrica Hedw. (1, N, Am),
Geheebia fallax (Hedw.) R. H. Zander (2, UN, Pm),
Gemmabryum caespiticium (Hedw.) J. R. Spence (2-3, UTN, Am, Pm),
Grimmia controversa (Hedw.) F. Weber & D. Mohr (2-3, UTN, Am, Pm),
Grimmia pulvinata (Hedw.) Sm. (2-3, UTN, Am, Pm),
Helicopogon unguiculata (Hedw.) Reimers & O. C. Schmidt (1-2, UTN, Am, Pm),
Homalothecium lutescens (Hedw.) H. Robins. (1, N, Am),
Homomallium incurvatum (Schrad. ex Brid.) Loeske (1, N, Am),
Hylocomium schreberi (Brid.) De Not. (2-3, UTN, Am, Pm),
Hylocomium splendens (Hedw.) Bruch et al. (1-2, UTN, Am, Pm),
Hymenostomum brachycarpum Nees & Hornsch. (2-3, N, Pm),
Hymenostomum microstomum var. *brachycarpum* (Nees & Hornsch.) Huebener (2-3, N, Pm),
Hypnum albicans Hedw. (1, N, Am),
Hypnum argenteum (Hedw.) F. Weber & D. Mohr (3, UTN, Am, Pm),
Hypnum caespiticium (Hedw.) F. Weber & D. Mohr (2-3, UTN, Am, Pm),
Hypnum campestre (Müll. Hal.) Mitt. (2-3, UTN, Am, Pm),
Hypnum capillare (Hedw.) F. Weber & D. Mohr (2-3, UTN, Am, Pm),

Hypnum chrysophyllum Brid. (2, N, Am),
Hypnum cupressiforme Hedw. (2-3, N, Pm),,
Hypnum cuspidatum (Hedw.) F. Weber & D. Mohr (3, UN, Pm),
Hypnum cuspidatum Hedw. (1-2, UTN, Am, Pm),
Hypnum incurvatum Schrad. ex Brid. (1, N, Am),
Hypnum lutescens Hedw. (1, N, Am),
Hypnum palustre (Hedw.) F. Weber & D. Mohr (2-3, UTN, Am, Pm),
Hypnum polyanthum (Hedw.) Dicks. (1-2, UTN, Am, Pm),
Hypnum polycarpon (Hedw.) Hoffm. ex Müll. Hal. (2-3, UTN, Am, Pm)
Hypnum riparium Hedw. (1-2, UTN, Am, Pm),
Hypnum salebrosum Hoffm. ex F. Weber & D. Mohr (3, UTN, Am, Pm),
Hypnum salebrosum var. *mildeanum* (Schimp.) Husn. (3, UTN, Am, Pm),
Hypnum serpens Hedw. (2-3, UTN, Am, Pm),
Hypnum splendens Hedw. (1-2, UTN, Am, Pm),
Hypnum turbinatum (Hedw.) F. Weber & D. Mohr (2-3, N, Pm),
Hypnum velutinum Hedw. (2, N, Am),
Jungermannia polymorpha (L.) Hook. f. & Taylor (1, N, Am),
Koehltreutera hygrometrica (Hedw.) Grindel (1, N, Am),
Leptodictyum riparium (Hedw.) Warnst. (1-2, UTN, Am, Pm),
Leptotrichum cerviculatum (Hedw.) Mitt. (2, UN, Pm),
Leptotrichum pusillum (Hedw.) Hampe (1, N, Am),
Leskea polyantha Hedw. (1-2, UTN, Am, Pm),
Leskea polycarpa Hedw. (2-3, UTN, Am, Pm) (2-3, UTN, Am, Pm),
Leskea subtilis Hedw. (3, UTN, Am, Pm),
Lewinskya speciosa (Nees) F. Lara, Garilleti & Goffinet (2-3, UTN, Am, Pm),
Marchantia polymorpha L. (1, N, Am),
Mnium argenteum (Hedw.) Hoffm. ex P. Beauv. (3, UTN, Am, Pm)
Mnium caespiticium (Hedw.) With. (2-3, UTN, Am, Pm),
Mnium capillare (Hedw.) With. (2-3, UTN, Am, Pm),
Mnium hygrometricum (Hedw.) With. (1, N, Am),
Mnium palustre Hedw. (3, UTN, Am, Pm) (3, UTN, Am, Pm),
Mnium purpureum (Hedw.) With. (2-3, UTN, Am, Pm),
Mnium scoparium (Hedw.) With. (1-2, UTN, Am, Pm),
Mnium turbinatum Hedw. (2-3, N, Pm),
Neckera splachnoides (Froel. ex Brid.) Schwägr. (2-3, N, Pm),
Niphotrichum canescens (Hedw.) Bednarek-Ochyra & Ochyra (2, N, Am),
Nyholmiella obtusifolia (Brid.) Holmen & E. Warncke (1-2, UTN, Am, Pm),
Orthodicranum fulvum (Hook.) G. Roth (2-3, N, Pm),
Orthomnion cuspidatum (Hedw.) T. J. Kop. & Yu Sun (3, UN, Pm),
Orthopyxis palustris (Hedw.) P. Beauv. (2-3, UTN, Am, Pm),
Orthotrichum diaphanum Brid. (2, UN, Pm),
Orthotrichum obtusifolium Brid. (1-2, UTN, Am, Pm),
Orthotrichum pallens Bruch ex Brid. (2-3, UTN, Am, Pm),
Orthotrichum pumilum Sw. (2-3, UTN, Am, Pm) (3, UN, Pm),
Orthotrichum speciosum Nees (3, UN, Pm),
Pancovia albicans (Hedw.) J. Kickx f. (1, N, Am),
Phascum acuminatum (Lindb.) Hartm. (1, N, Am),
Phascum cuspidatum Schreb. ex Hedw. (1-2, UTN, Am, Pm),
Plagiobryum capillare (Hedw.) N. Pedersen (2-3, UTN, Am, Pm),
Plagiomnium cuspidatum (Hedw.) T. Kop. (3, UN, Pm),
Plagiothecium incurvatum (Schrad. ex Brid.) De Not. (1, N, Am),
Platygyrium repens (Brid.) Schimp. (2-3, UTN, Am, Pm),

Pleurozium acuminatum Lindb. (1, N, Am),
Pleurozium schreberi (Willd. ex Brid.) Mitt (2-3, UTN, Am, Pm),
Pleurozium splendens (Hedw.) Mitt. (1-2, UTN, Am, Pm),
Polytrichum commune Hedw. (2-3, N, Pm),
Polytrichum juniperinum Hedw. (2-3, UTN, Am, Pm),
Pottia cuspidata (Schreb. ex Hedw.) Mitt. (1-2, UTN, Am, Pm),
Pseudoamblystegium subtile (Hedw.) Vanderp. & Hedenäs (2-3, UTN, Am, Pm),
Pterogonium polyanthum (Hedw.) Muhl. (1-2, UTN, Am, Pm),
Ptychostomum funkii (Schwägr.) J. R. Spence (2, N, Am),
Ptychostomum torquescens (Bruch & Schimp.) Ros & Mazimpaka (2-3, N, Pm),
Pylaisia polyantha (Hedw.) Schimp. (1-2, UTN, Am, Pm),
Pylaisiella polyantha (Hedw.) Grout (1-2, UTN, Am, Pm),
Racomitrium canescens (Hedw.) Brid. (2, N, Am),
Sphaerocephalus palustris (Hedw.) Lindb. (2-3, UTN, Am, Pm),
Stereodon serpens (Hedw.) Brid. (2-3, UTN, Am, Pm),
Syntrichia mucronifolia (Schwägr.) Brid. (3, UN, Pm),
Syntrichia muralis (Hedw.) Raab (3, UN, Pm),
Tortula fallax (Hedw.) Schrad. ex Turner (2, UN, Pm),
Tortula mucronifolia Schwaegr. (3, UN, Pm),
Tortula muralis Hedw. (3, UN, Pm),
Tortula rigidula (Hedw.) Lindb. (2-3, N, Pm),
Tortula ruralis (Hedw.) G. Gaertn., B. Mey. & Scherb. (3, UN, Pm),
Tortula unguiculata (Hedw.) P. Beauv. (1-2, UTN, Am, Pm) ,
Trichostomum canescens Hedw. (2, N, Am),
Trichostomum purpureum (Hedw.) De Not. (2-3, UTN, Am, Pm),
Weissia brachycarpa (Nees & Hornschuch) Juratzka (2-3, N, Pm),
Weissia controversa Hedw. (2-3, UTN, Am, Pm),
Weissia diaphana (Brid.) Roth ex Reben. (2, UN, Pm).

Дальнейшие манипуляции с гербарной коллекцией бриобионтов заключаются в привязке каждого образца к геолокалитету, – удобнее по координатным данным с максимально возможной точностью. Также важно обработать данные по годам и сезонам сборов мохообразных, указать для экземпляров ученых, которые собрали образцы и подготовили их для сохранности в лаборатории. Дальнейшая таксономическая спецификация гербарной коллекции, готовой к экспонированию и научному пользованию, заключается в группировке экземпляров по семействам и объединению синонимических названий видов (и) или родов по последним требуемым номенклатурным спискам. Для составленного чек-листа на перспективу нужно иметь записанную экземплярность каждого указанного вида, однако эту процедуру логичнее провести после синонимического объединения видов.

Все собранные экземпляры также были проанализированы по комплексным эколого-ценотическим характеристикам – широте экологической амплитуды, которая косвенно позволяет определить степень потенциальной востребованности видов в биодиагностических программах.

Виды с широкой экологической амплитудой: *B. caespiticium*, *B. argenteum*, *C. purpureus*, *T. muralis*, *P. schreberi*, *B. campestre*, *B. capillare*, *A. serpens*, *O. pumilum*, *B. mildeanum*, *A. subtile*, *O. pallens*, *P. repens*, *A. palustre*, *B. salebrosum*, *S. ruralis*, *P. juniperinum*, *O. speciosum*, *G. pulvinata*, *P. cuspidatum*, *L. polycarpa*, *W. controversa* регистрируются во всех категориях изучаемых экотопов, что позволяет их рассматривать как перспективные для пассивного экологического мониторинга по сбору биоматериала и его аналитического камерального анализа.

Виды с узкой экологической амплитудой (категория уязвимых видов): *B. albicans*, *H. lutescens*, *B. velutinum*, *M. polymorpha*, *H. velutinum*, *F. hygrometrica*, *O. diaphanum*, *H. incurvatum*, *B. funkii*, *C. chrysophyllus*, *P. acuminatum*, *D. cerviculata*, *D. fallax*, *D. pussilum*,

D. pusillus, *N. canescens* важны для рекомендации их к охранным мероприятиям и официальной регистрации в сводках (списках) охраняемых видов на региональном уровне.

Виды, рекомендованные для проведения мероприятий по экологическому мониторингу в Северном Приазовье (как информативные индикаторы): *B. caespitium*, *S. ruralis*, *B. argenteum*, *P. cuspidatum*, *H. splendens*, *D. scoparium*, *D. cerviculata*, *C. purpureus*, *P. schreberi*, *G. pulvinata*, *B. unguiculata*, *C. cuspidata*, *C. chrysophyllus*, *B. torquescens*, *L. polycarpa*, *W. brachycarpa*, *H. velutinum*, *P. polyantha*, *D. fulvum*, *L. riparium*, *B. capillare*, *A. serpens*, *O. pumilum*, *B. mildeanum*, *O. pallens*, *P. repens*, *P. acuminatum*, *D. pusillus*.

Выводы

На сегодняшний день бриотека кафедры ботаники и экологии ДонНУ состоит из более 1500 экз. отдельных этикетированных сборов, каждый из которых прошел первичную таксономическую верификацию на 187 видовых названий в окончательном списке.

За полных шесть лет над коллекцией работали 13 студентов-бакалавров, магистры, научные и педагогические сотрудники кафедры, что позволило провести актуальную инвентаризационную работу такого масштаба.

Учитывая общую флористическую емкость территории современного Центрального Донбасса с индустриальными комплексами и природно-охраняемыми территориями, бриобионты по таксономическому разнообразию соответствуют 7–9% от всего списка высших растений местной флоры, среди которых по эколого-ценотическим характеристикам есть виды-убиквисты с полноценной регистрацией во всех изученных экотопах, а также узколокальные виды, нуждающиеся в охране на государственном уровне.

Целевое использование коллекции предусматривает возможную реализацию фундаментальных (генетико-эволюционные процессы, определение межвидовых различий и степени родства по молекулярным маркерам) и прикладных (экологический мониторинг, экспертиза, фитодиагностика степени нарушенности природных биотопов, ресурсные технологии, фармакологические испытания) научных программ в регионе.

Работа является частью комплексного исследования кафедры ботаники и экологии ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет» в рамках научных тем: «Функциональная ботаника: экологический мониторинг, ресурсные технологии, фитодизайн» № 0117D000192 и «Диагностика природных и трансформированных экотопов по состоянию фитокомпонентов» № 0118 D 000017.

Список литературы

1. Алемасова А. С., Сафонов А. И., Сергеева А. С. Накопление тяжелых металлов мохообразными в различных экотопах Донбасса // Трансформация экосистем под воздействием природных и антропогенных факторов : Матер. Междунар. научн. конф. (Киров, 16–18 апреля 2019 г.). Киров : ВятГУ, 2019. С. 60–65.
2. Глухов А. З., Сафонов А. И. Экосистемное нормирование по данным фитоиндикационного мониторинга // Донецкие чтения 2016 : Образование, наука и вызовы современности : матер. I Междунар. науч. конф. (Донецк, 16–18 мая 2016 г.). Донецк : Изд-во ЮФУ, 2016. Т. 1. С. 311–312.
3. Игнатов М. С., Игнатова Е. А. Флора мхов средней части европейской России. М. : КМК, 2003. Т. 1. 608 с.; М. : КМК, 2004. Т. 2. С. 608–994.
4. Морозова Е. И., Сафонов А. И. Мониторинг в условиях промышленных экотопов с помощью мохообразных // Донецкие чтения 2016 : Образование, наука и вызовы современности : матер. I Междунар. науч. конф. (Донецк, 16–18 мая 2016 г.). Т. 1. Физ.-мат., техн. науки и экол. Донецк : Изд-во ЮФУ, 2016. С. 317–318.
5. Морозова Е. И., Сафонов А. И. Видовой состав, особенности произрастания и морфометрическая характеристика мхов-индикаторов г. Макеевки // Донецкие чтения 2017 : Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса : матер. Междунар. науч. конф. студ. и молодых ученых (Донецк, 17–20 октября 2017 г.). Т. 2. Хим.-биол. науки. Донецк : Изд-во ДонНУ, 2017. С. 100–102.

6. Сафонов А. И. Экспертиза промышленных предприятий Донбасса по состоянию фитокомпонентов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2019. № 1–2. С. 35–43.

7. Сафонов А. И. Динамика фитомониторинговых показателей антропогенеза в Донбассе (2000–2019 гг.) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2020. № 1–2. С. 31–36.

8. Сафонов А. И., Глухов А. З. Методологические аспекты фитомониторинга в техногенно трансформированной среде // Донецкие чтения 2020 : образование, наука, инновации, культура и вызовы современности : Матер. V Междунар. науч. конф. (Донецк, 17–18 ноября 2020 г.). Донецк : Изд-во ДонНУ, 2020. Т. 2. С. 254–257.

9. Сафонов А. И., Морозова Е. И. Видовое разнообразие мохообразных Донецко-Макеевской промышленной агломерации // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2017. № 3–4. С. 24–32.

10. Сафонов А. И., Морозова Е. И. Редкие виды мохообразных Донецко-Макеевской промышленной агломерации // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018 а. № 1–2. С. 33–43.

11. Сафонов А. И., Морозова Е. И. Мохообразные Донецкой агломерации : иллюстрированный атлас и бриоиндикация. Донецк : ДонНУ, 2018 б. 128 с.

12. Сергеева А. С., Алмасова А. С., Сафонов А. И. Накопление тяжелых металлов гаметофитами мохообразных в экотопах промышленного Донбасса // Донецкие чтения 2018 : Образование, наука, инновации, культура и вызовы современности : матер. III Междунар. науч. конф. (Донецк, 25 октября 2018 г.). Т. 2. Хим.-биол. науки. Донецк : Изд-во ДонНУ, 2018. С. 217–218.

13. Ignatov M. S., Afonina O. M., Ignatova E. A. Check-list of mosses of East Europe and North Asia // *Arctoa*. 2006. Vol. 15. P. 1–130.

Morozova E. I., Bondar E. N. Inventory of the bryoteca of the Department of Botany and Ecology of Donetsk National University. – A checklist of representatives of bryobionts was compiled from those available in the collection fund of the Department of Botany and Ecology according to their presence in a single taxonomic record during initial identification and registration. It has been proven that bryophytes represent a significant part of the natural flora of Donbass in terms of species diversity and in general systematic proportion.

Key words: bryophytes, Donbass, Bryobionta species, bryoteca, collection and herbarium of the Department.

УДК 58.035.3 : 581.454 : 635.52

© А. В. Николаева, Р. А. Загуменный, И. И. Стрельников
**ДИНАМИКА МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛИСТЬЕВ
ПРИ РАЗЛИЧНОМ УРОВНЕ ОСВЕЩЕННОСТИ УКОРЕНЕННЫХ ЧЕРЕНКОВ
*LAURUS NOBILIS L.***

ГУ «Донецкий ботанический сад»

283059, г. Донецк, пр. Ильича, 110

e-mail: nikolaeva-alexandra@yandex.ru, zoksnic@mail.ru, ivanstrel87@gmail.com

Николаева А. В., Загуменный Р. А., Стрельников И. И. Динамика морфометрических показателей листьев при различном уровне освещенности укорененных черенков *Laurus nobilis L.* – Приведены результаты сравнительного анализа показателей линейных параметров листьев, их массы и площади листовой поверхности укорененных черенков *Laurus nobilis L.*, в зависимости от уровня освещенности в условиях закрытого грунта Донецкого ботанического сада. Выявлено, что при снижении уровня освещенности в среднем до 5000 лк, наблюдаются достоверно более высокие значения показателей линейных параметров листьев и их массы.

Ключевые слова: *Laurus nobilis L.*, уровень освещенности, морфометрические показатели листьев.

Введение

Одной из главных проблем культивирования растений в условиях защищенного грунта является значительное отклонение световых характеристик смоделированной среды от желаемого оптимума и почти полная их зависимость от климатической ситуации данной местности. Решением данной проблемы является подбор параметров светового режима при культивировании различных видов растений в искусственно созданных условиях, с учетом их видовых и онтогенетических потребностей. Несмотря на значительный опыт выращивания растений в искусственных условиях, в настоящее время нет единого взгляда на оптимальные уровни светового излучения в ростовой зоне, применительно к определенным видам растений [1, 2, 6]. Практически в каждом случае при разработке технологий круглогодичного культивирования того или иного вида, требуется создание оригинальной системы освещения, в наибольшей степени отвечающей физиологическим потребностям выращиваемых растений.

Лавр благородный (*Laurus nobilis L.*) – древесный вечнозеленый кальцефильный мезофит с сочетанием как мезоморфных, так и ксероморфных черт строения, сформированных под воздействием субаридных условий [4, 7, 11]. По мнению многих авторов для него генетически детерминирована широкая норма реакции на изменение факторов внешней среды, обуславливающая наличие высокого адаптивного потенциала у этого вида [4, 7, 8]. Листья *L. nobilis* накапливают эфирное и жирное масла, благодаря чему данный вид широко применяются в кулинарии (как пряное) и медицине [4, 10]. Данный вид находит все более широкое применение в фитонцидотерапии, являясь неотъемлемой составляющей фитокомпозиций направленного фитотерапевтического воздействия, так как его летучие выделения формируют фитонцидное поле, оказывающие антимикробное действие на воздушную микрофлору, тем самым существенно улучшая микроэкологические условия в помещениях [12]. Помимо этого, *L. nobilis* отличается своими декоративными качествами, имеющими важное значение при оформлении как жилых, так и производственных помещений [9]. Данный вид давно известен в комнатном цветоводстве как ценная, обладающая полезными свойствами культура, но используется редко из-за недостатка посадочного материала, обусловленного отсутствием полноты данных о параметрах экологических факторов, в частности, светового, в условиях закрытого грунта, необходимых для его массового получения.

Целью данных исследований являлось установление динамики прироста показателей линейных параметров листьев, их массы и площади листовой поверхности при различном уровне освещенности у укорененных черенков *L. nobilis*.

Материал и методы исследования

Изучение влияния уровней интенсивности освещения на особенности развития укорененных черенков *L. nobilis* проводили в фондовых оранжереях Донецкого ботанического сада в период с января по август 2020 г. Развитие молодых растений происходило в пластиковых контейнерах, размещенных в установке с различной степенью притенения участков внутри нее. Субстратом для роста молодых растений являлась почвосмесь, состоящая из торфа, дерновой земли и песка в соотношении 6 : 2 : 2 с добавлением 1,5 г аммиачной селитры, 2 г суперфосфата и 1,5 г сульфата калия на 10 л почвосмеси [4]. В исследованиях было задействовано 133 растения. Снижение интенсивности света до необходимого уровня обеспечивалось путем применения экранирующего полотна, не удаляющего избирательно какие-либо участки спектра с определенной длиной волн. Для этого использовали укрывной полимерный материал «Агроспан». Уровень освещенности внутри участков измеряли на протяжении всего периода укоренения в 12.00 часов. Интенсивность освещения была представлена в трех градациях: с легким притенением (что соответствовало приблизительно 25% от полного уровня нормальной освещенности, $6830,83 \pm 204,51$ лк); со средним уровнем притенения (приблизительно 50% от полного уровня нормальной освещенности, $4828,48 \pm 170,35$ лк); с сильным притенением (приблизительно 75% от полного уровня нормальной освещенности, $2665,13 \pm 95,72$ лк).

Показатели длины и ширины листьев были получены путем измерения исследуемых листьев на протяжении всего периода их роста, а показатели массы листьев были получены их взвешиванием на электронных весах «WPS51dc/2» после окончания роста. Площадь листовой поверхности была определена с помощью метода цифрового сканирования с использованием программы Paint NET (версия 3.5.11), с разрешениями в 300 DPI. Для установления различий средних значений массы и площади листьев, определения степени влияния фактора между группами с различной степенью притенения, был использован двухфакторный дисперсионный анализ. Для детализации результатов дисперсионного анализа и оценки различий между средними значениями в группах использован постериорный анализ с применением теста Тьюки [3, 5].

Результаты и обсуждение

Сравнительный анализ показателей линейных параметров листьев укорененных черенков *L. nobilis*, произрастающих при трех градациях уровня освещенности, показал наличие достоверных различий показателя «длина и ширина листа» между 50% притенением и крайними уровнями (рис. 1). При среднем уровне освещенности (5000 лк), соответствующем 50% притенению, наблюдаются достоверно более высокие значения показателей линейных параметров листьев *L. nobilis*.

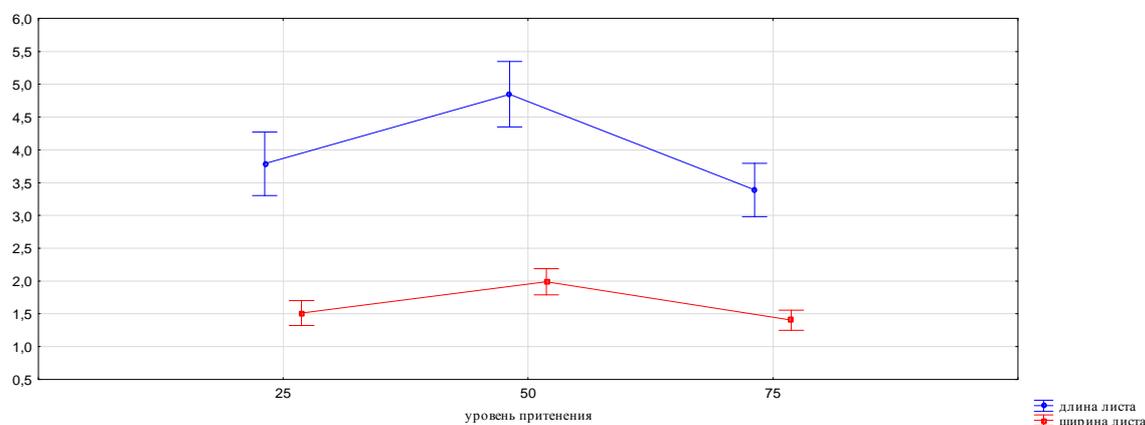


Рис. 1. Показатели линейных параметров листьев *Laurus nobilis* L. в зависимости от режима освещенности до начала фазы активного прироста в условиях закрытого грунта Донецкого ботанического сада

На следующем этапе исследований были проведены еще 4 замера показателей линейных параметров листьев на протяжении летних месяцев до фиксации окончания фазы активного прироста.

Наиболее высокие показатели разницы прироста линейных параметров листа отмечались в июне – на начальных его этапах, резкое ее снижение происходило в конце июля и продолжалось вплоть до окончания роста листьев.

Причем с конца июля до начала августа – в заключительный период роста, отмечается более плавное снижение разницы прироста, что, вероятно, могло быть связано с изменением температурного режима (повышением дневных температур до $+40^{\circ}\text{C}$) (рис. 2).

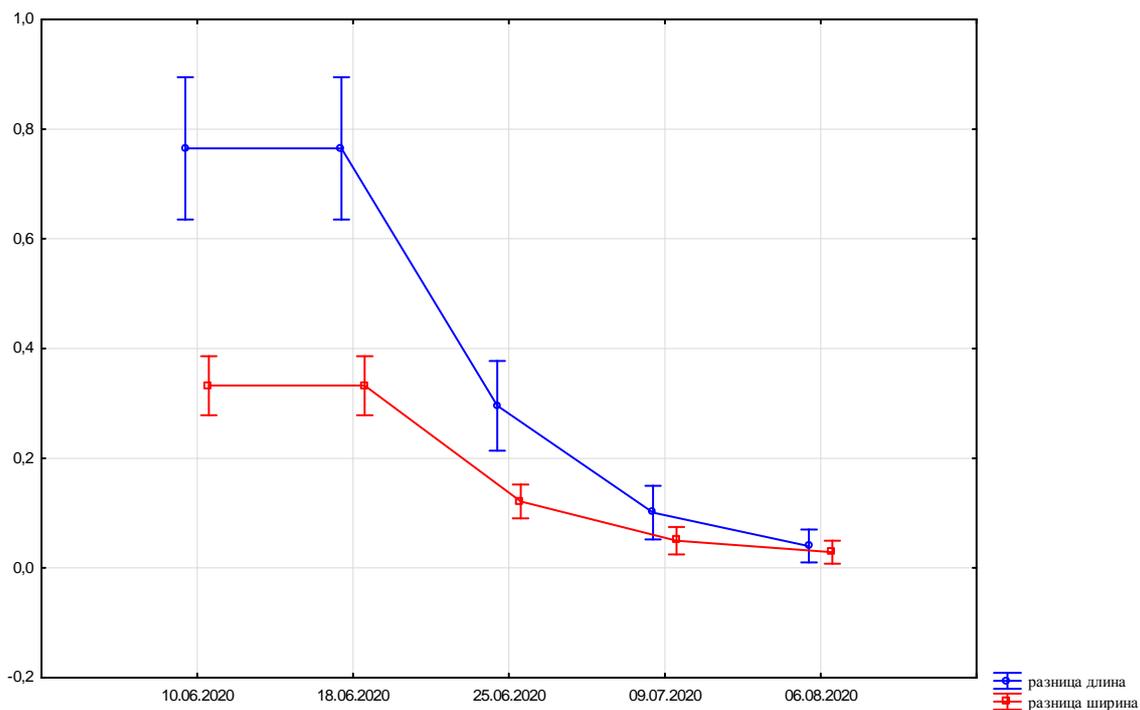
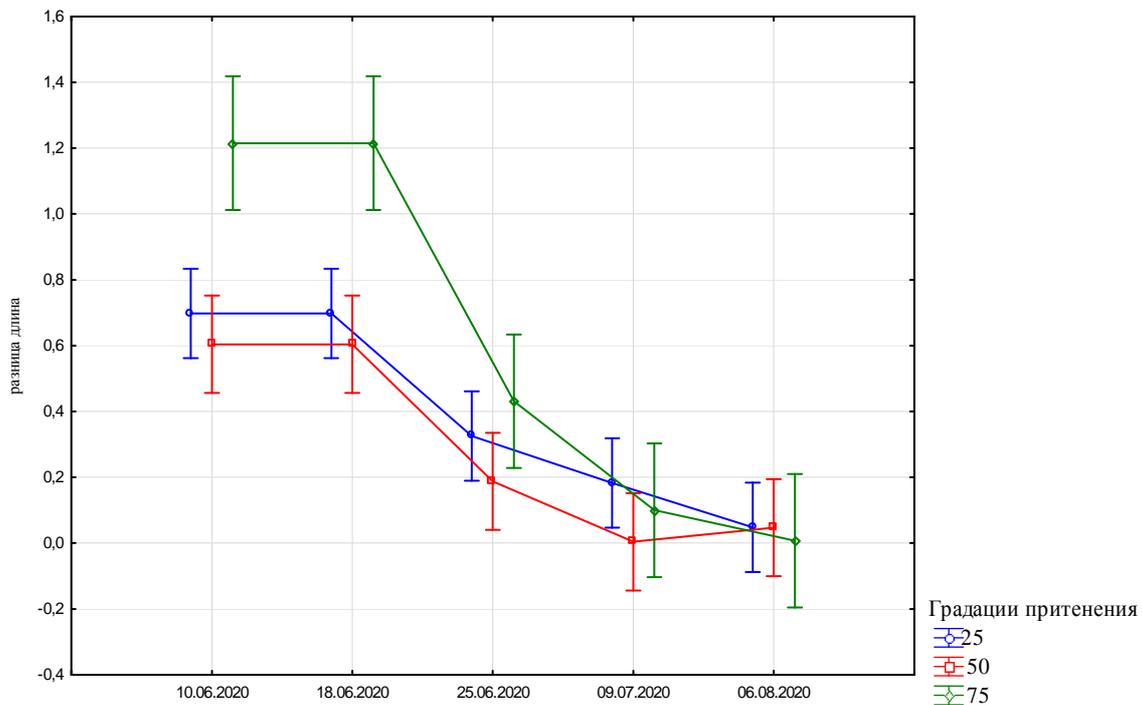


Рис. 2. Динамика прироста показателей линейных параметров листьев *Laurus nobilis* L. в условиях закрытого грунта Донецкого ботанического сада

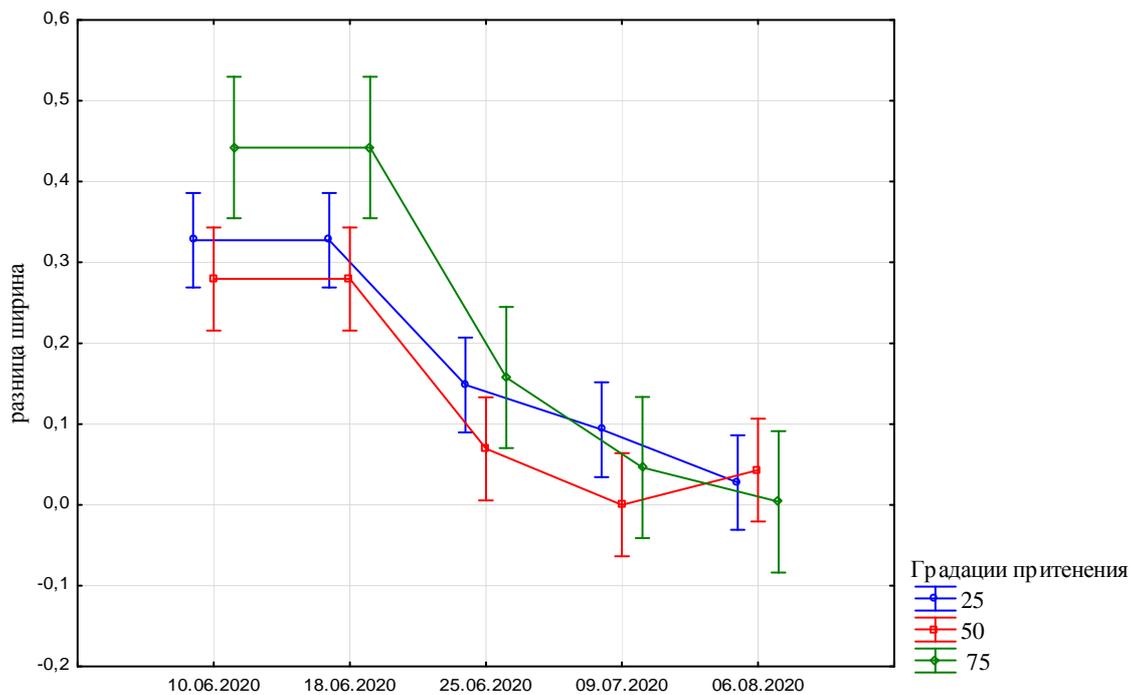
Многофакторный дисперсионный анализ показал достоверное влияние как на прирост листьев в разное время замеров, так и при разных уровнях притенения. Установлено статистически достоверное различие в разнице прироста длины листа между выборкой с максимальным притенением (75%, 2665 лк), легким и средним в период активного прироста в июне. При дальнейшем исследовании, с июля по август, показатели исследуемых параметров не отличаются (рис. 3 А).

Прирост ширины листьев также демонстрирует более высокие значения показателей при сильном притенении в период активного роста, но не значимо отличающиеся (рис. 3 Б).

Результаты последнего замера, после завершения фазы активного прироста растений, демонстрируют изменение в тенденциях реакции на уровень освещенности линейных параметров листьев по сравнению с показателями замеров в начале фазы активного роста, когда показатели и длины и ширины листьев достоверно выше при среднем уровне притенения. Это объясняется тем, что при уровне освещенности в 2665 лк (75% притенения), происходит наибольший прирост длины листьев в раннелетний период, что подтверждается достоверно значимыми отличиями значений исследуемого параметра этой выборки от выборок с 25 и 50% притенением. При этом между собой эти выборки достоверно не отличаются. Что касается показателя «ширина листа», то прирост в раннелетний период при 75% притенении не привел к существенным отличиям от первоначальных показателей.



А



Б

**Рис. 3. Динамика прироста длины и ширины листьев *Laurus nobilis* L. в зависимости от разного уровня освещенности в условиях закрытого грунта Донецкого ботанического сада:
А – прирост длины листьев, Б – прирост ширины листьев**

Поэтому при окончательных замерах наблюдается ожидаемая достоверная разница между показателями ширины листа в выборке с 50% притенением от крайних (25 и 75%), а по показателям параметра длины листа зафиксировано достоверное отличие только между 50 и 25% уровнем притенения (рис. 4). При этом предыдущие исследования показали, что для достижения оптимальных показателей уровня укореняемости и ризогенеза стеблевых черенков *L. nobilis* в условиях закрытого грунта желательное снижение уровня освещенности в среднем до 5000 лк (50% притенения).

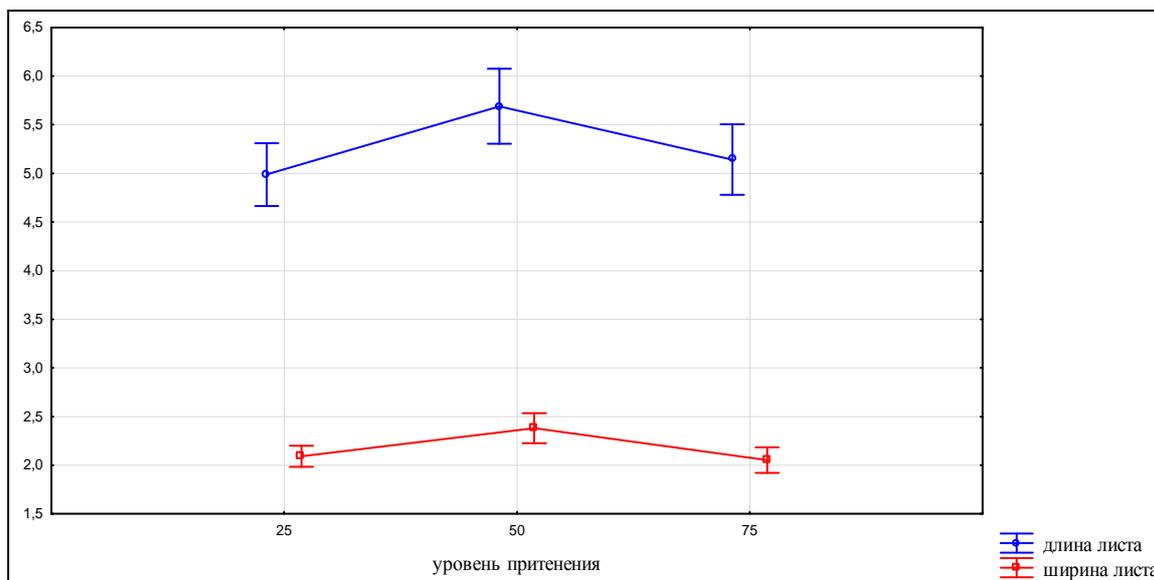


Рис. 4. Показатели линейных параметров листьев *Laurus nobilis* L. в зависимости от режима освещенности после завершения фазы активного прироста в условиях закрытого грунта Донецкого ботанического сада

Данные результаты могут быть объяснены наличием различий в пороговых показателях освещенности, необходимых исследуемому объекту на разных этапах его онтогенеза. Так, сеянцы и молодые экземпляры *L. nobilis* в дикой природе произрастают под пологом густой кроны взрослых растений при значительно более низких уровнях освещенности, чем взрослые растения. Поэтому, вероятно, молодым экземплярам лавра благородного, формирующимся из укорененных черенков, необходим иной световой режим для нормального развития, чем взрослым экземплярам.

В связи с неоднозначными результатами сравнения линейных параметров листьев при последнем замере была также рассчитана площадь листовой пластинки у укорененных черенков трех исследуемых выборок. Результаты дисперсионного анализа не показали достоверной связи между уровнем освещенности и площадью листовой поверхности после завершения фазы активного прироста растений *L. nobilis*, хотя и наблюдаются более высокие средние значения в выборке с 50% притенением (рис. 5).

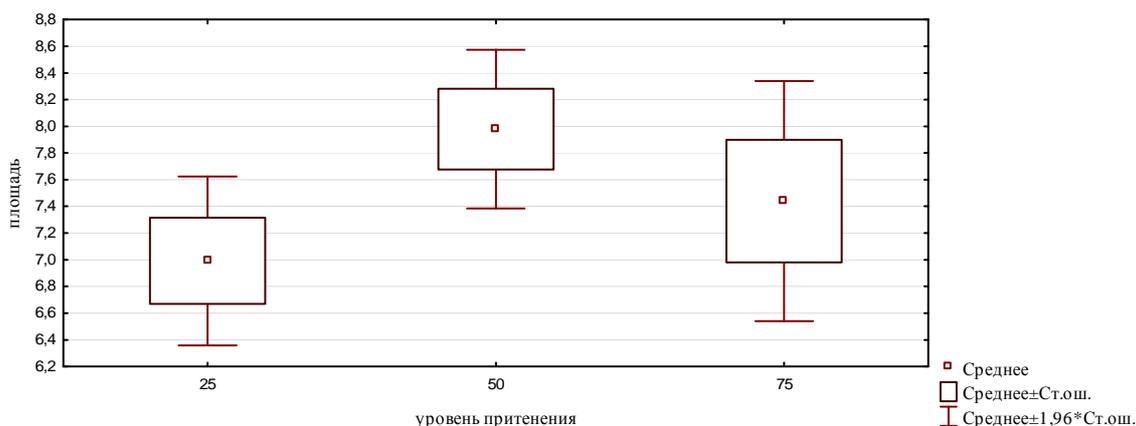


Рис. 5. Показатели площади листовой поверхности *Laurus nobilis* L. в зависимости от режима освещенности после завершения фазы активного прироста в условиях закрытого грунта Донецкого ботанического сада

Важным показателем продуктивности растений в условиях разных уровней освещенности является параметр «масса листьев». Результаты дисперсионного анализа показали достоверное влияние уровня освещенности на показатели массы листьев *L. nobilis*. Детализация результатов дисперсионного анализа и оценки различий между средними значениями показателей массы листьев с использованием теста Тьюки показал наличие статистически значимых различий между группами 50% – 75% притенения. Между остальными исследуемыми группами статистически значимых различий не установлено. При этом наиболее высокие показатели параметра «масса листьев» отмечаются у листьев, сформированных при 50%-ном уровне притенения, что соответствует уровню освещенности 4828 лк (рис. 6).

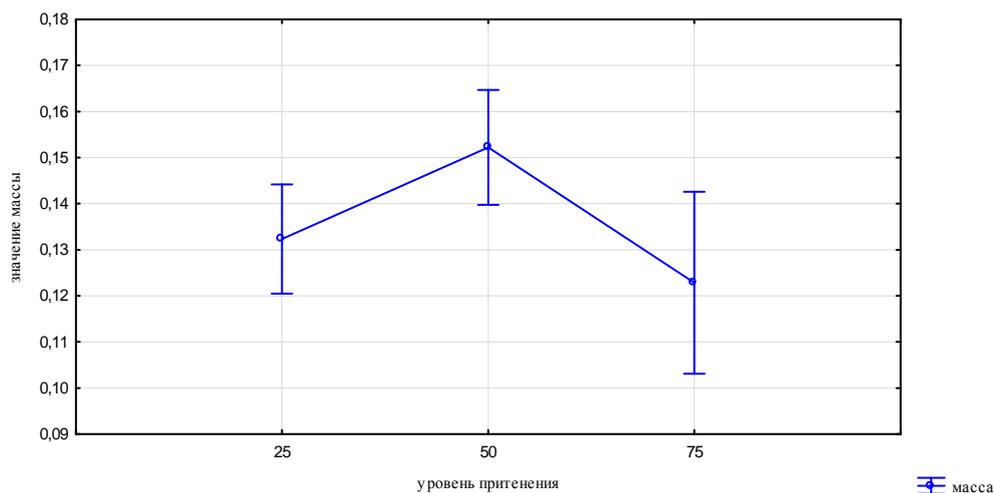


Рис. 6. Показатели массы листьев *Laurus nobilis* L. в зависимости от режима освещенности после завершения фазы активного прироста в условиях закрытого грунта Донецкого ботанического сада

Выводы

Исследования показателей линейных параметров листьев, их массы и площади листовой поверхности у укорененных черенков *L. nobilis* в зависимости от уровня освещенности в условиях закрытого грунта показали, что при снижении уровня освещенности в среднем до 5000 лк наблюдаются достоверно более высокие значения показателей линейных параметров листьев и их массы. Результаты дисперсионного анализа показали отсутствие связи между площадью листовой поверхности и уровнем освещенности после завершения фазы активного прироста растений. Изучение показателей разницы прироста линейных параметров листа показало, что наиболее высокие значения отмечались в июне – на начальных этапах активного роста, резкое ее снижение происходило в конце июля и продолжалось вплоть до окончания роста листьев в августе. Установлено статистически достоверное различие в разнице прироста длины листа между выборкой с максимальным затенением (75%, 2665 лк), легким и средним в период активного прироста в июне. При дальнейшем исследовании с июля по август показатели исследуемых параметров не отличаются.

Список литературы

1. Абиян М. В., Гинь Р. А., Подушин Ю. В. Влияние периода искусственного освещения на формирование рассады салата // Научный журнал КубГАУ. 2014. № 101 (07). С. 1–2.
2. Ахтямова Г. А. Регуляция фотосинтеза, транспорта ассимилятов и продуктивности растений в условиях разной освещенности. Участие апопластной инвертазы : Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Казань, 2013. 24 с.
3. Боровиков В. П. Популярное введение в современный анализ данных в системе STATISTICA : уч. пос. для вузов. М. : Горячая линия – Телеком, 2013. 288 с.

4. Воронцов В. В. Биологические основы возделывания благородного лавра. Сочи : Типография издательства «Калининградская правда», 1980. 254 с.
5. Гашев Н. С., Бетляева Ф. Х., Лупинос М. Ю. Математические методы в биологии : анализ биологических данных в системе STATISTICA : уч. пос. Тюмень : Изд-во Тюменского гос. ун-та, 2014. 208 с.
6. Глухов А. З., Шпакова О. Г. Ускоренное размножение хвойных в условиях Юго-Востока Украины. Донецк : «Норд-Пресс», 2006. 136 с.
7. Горницкая И. П. Интродукция тропических и субтропических растений, ее теоретические и практические аспекты. Донецк : Донеччина, 1995. 304 с.
8. Ильницкий О. А. Зависимость интенсивности фотосинтеза *Nerium oleander* L. и *Laurus nobilis* L. от факторов внешней среды (ТВ, I-ФАР, ДВОЗ), температуры листьев, транспирации и их изменение в ходе вегетации в условиях ЮБК // Бюллетень ГНБС. 2017. Вып. 125. С. 109–113.
9. Ножненко В. Ю., Бойко Л. Г., Юдина Г. Г. О целесообразности использования комнатных растений в учебных и научных лабораториях // Інженерні та освітні технології в електротехнічних і комп'ютерних системах. 2013. № 2. С. 103–111.
10. Сулейманова З. Н. Вегетативное размножение некоторых видов семейства лавровых (Lauraceae Juss.) в условиях оранжереи // Известия Уфимского научного центра РАН. 2017. № 1. С. 68–71.
11. Харченко А. Л. Морфолого-анатомические особенности листа *Laurus nobilis* L. в условиях южного берега Крыма // Бюллетень Никитского ботанического сада. 2008. Вып. 97. С. 28–31.
12. Цыбуля Н. В., Фершалова Т. Д. Экологические основы фитодизайна : уч.-метод. пос. Новосибирск : СГГА, 2013. 94 с.

Nikolaeva A. V., Zagumenny R. A., Strelnikov I. I. Dynamics of morphometric parameters of leaves at different levels of illumination of rooted cuttings of *Laurus nobilis* L. – The results of a comparative analysis of indicators of linear parameters of leaves, their mass and leaf surface area in rooted cuttings of *Laurus nobilis* L., depending on the level of illumination in the greenhouses conditions of the Donetsk Botanical Garden. It's presented that revealed with a decrease in the illumination level to an average of 5000 lux.

Key words: *Laurus nobilis* L., light level, morphometric indicators of leaves.

УДК 581.15 : 581.5 : 574 (477.60)

© А. И. Сафонов

БОТАНИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ КВАНТИФИКАЦИИ ПРИРОДНЫХ СРЕД В ДОНБАССЕ*ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: andrey_safonov@mail.ru*

Сафонов А. И. Ботанико-экологические маркеры квантификации природных сред в Донбассе. – В спектре ботанико-экологических исследований промышленного Донбасса выделены группы признаков растений для проведения актуальной фитоколичественной дифференцированно по природным средам: воздушной (приземной), водной (осадочной), почвенной (эдафической в горизонте корнеобитания). Биомаркеры фитодиагностического направления актуализируются в рамках проводимого экологического мониторинга антропогенно трансформированной среды Донбасса.

Ключевые слова: экологический фитомониторинг, биомаркеры, фитоиндикация, Донбасс, антропогенно трансформированная среда.

Введение

Индикационная ботаника в системе изучения открытых экосистем промышленного региона подразумевает выявление признаков растительных организмов в связи с гетерогенностью среды преимущественно по геохимическим характеристикам. Функционально все ботанические исследования в экологически напряженных регионах [6, 12, 16, 17, 20] предусматривают проведение прикладных индикационных работ с целью оценки экотопов [1, 5, 7, 15, 18] или с теоретико-фундаментальных позиций определения устойчивости и констатации эволюционного адаптационного генеза [2, 7, 13, 14, 18]. Накопленный фактический материал по фитодиагностике природных и антропогенно трансформированных систем Донбасса [3, 4, 8–11, 19] требует систематизации результатов в аспекте дифференциации индикационных признаков разных растений по отношению к квантифицируемым субстратам (в микролокальных оценках) или средам (в геолокалитете на ландшафтном уровне).

Цель работы – из числа выявленных индикационных ботанико-экологических признаков выбрать соответствующие маркерные параметры и показатели для разных природных сред в экотопах Центрального Донбасса.

Материал и методы исследования

Эксперимент реализован в рамках мониторинговой программы фитоиндикационного назначения в Донецком экономическом регионе [4, 8, 10, 19]. Методически для всей фиксируемой совокупности структурно-дробных признаков растительных организмов были проведены процедуры составления экологических шкал, на основании которых исследуемые экотопы были оценены для дальнейшего корреляционного анализа в бинарной системе «индикатор-биомаркер – индикат-среда». В актуальной схеме фитоиндикационных разработок базовое значение имеют признаки с многолетне подтвержденной индикационной значимостью для мониторинговых исследований [4, 9, 10] и новые характеристики, выявленные за два последних вегетационных сезона.

Результаты и обсуждение

Биомаркеры являются информационным продуктом в результате проводимой фитоиндикации на региональном уровне для видов, адаптированных и проявленных по фенотипической разнице и пластичности к новым геохимически контрастным условиям промышленной и (или) антропогенно трансформированной среды.

Результаты рекомендованных к использованию биомаркеров по природно-диагностируемым агрегатным состояниям (аэрофитогоризонт, водная среда по осадкам и почвенный слой по корнеобитаемому горизонту) представлены в таблицах 1–3.

Фитомаркеры индикационной значимости в диагностике аэрофитогоризонтов

Виды	Признаки, характеристики	Достоверность сопряженной информации	Вероятность связи с другими природными средами
<i>Fumaria schleicheri</i> Soy.-Willem	дефектность зрелых пыльцевых зерен по орнаментации экзины	75-81	почвенная (28-32)
<i>Berteroa incana</i> (L.) DC.	деградация дерматокалптрогена по прозенхимному типу	66-70	почвенная (25-34)
<i>Nigella arvensis</i> L.	дефектность пыльцы, пролиферация гинецея, опушение листовой пластинки	72-84	почвенная (25-35)
<i>Alsine media</i> L.	скульптура пыльцевых зерен, опушение листовой пластинки по ретортообразному типу	62-70	водная (20-35)
<i>Gypsophila paniculata</i> L.	выявление признаков полимеризации в вегетативных органах	55-58	водная (28-32)
<i>Glaucium corniculatum</i> (L.) Rudolph	стадии специализации трихом нитчатого типа на нижней стороне листа	59-65	водная (25-30)
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	разрастание ткани, гомологичной гиалиновой оболочке, деградация тканей коневого чехлика	74-78	почвенная (18-23)
<i>Portulaca oleracea</i> L.	гетерогенность воскового налета на листовых пластинках, кутинизация листовой и побеговой части	51-55	почвенная (40-42)
<i>Stellaria subulata</i> Boeber ex Schlecht.	деструкция зародышевых элементов, ювенилизация пыльцы (ранняя продукция)	68-71	почвенная (15-22)
<i>Atriplex mircantha</i> C. A. Mey.	пыльцевые зерна с атипичными лакунами, кутинизация листа	60-74	водная (20-30), почвенная (15-30)
<i>Dianthus campestris</i> M. Bieb	вариабельность пыльцы по форме (стереометрия)	53-60	водная (25-30), почвенная (20-26)
<i>Senecio vulgaris</i> L., <i>Agrostis stolonifera</i> L.	отсутствие гиалиновых оболочек и кутикулярного слоя в зародышевых структурах	62-68	водная (20-25)
<i>Achillea collina</i> J. Becker ex Rchb., <i>Centaurea diffusa</i> Lam.	структурная деградация элементов внешнего слоя эндосперма, синфлория апикальной части генерации	85-91	–
<i>Amaranthus albus</i> L., <i>Erucastrum armoracioides</i> (Czern. ex Turcz.)	дерматоген деградирован по прозенхимному типу лизигенный характер, тератность пыльцевого материала	81-90	–

**Фитомаркеры индикационной значимости в диагностике водной среды
(фракция выпадения осадков)**

Виды	Признаки, характеристики	Достоверность сопряженной информации	Вероятность связи с другими природными средами
<i>Alsine media</i> L.	феноритмика вторичной вегетации, тератогенность побега	58-61	воздушная (32-46)
<i>Glaucium corniculatum</i> (L.) Rudolph	система архитектоники побеговой части, фенo-варианты оттенков околоцветника	52-60	воздушная (35-45)
<i>Sagina procumbens</i> L.	феноритмика ревитализации, абортивность зародышевых структур	66-75	почвенная (20-25)
<i>Dianthus campestris</i> M. Bieb	тератообразование цветка, махровость околоцветника	52-59	воздушная (22-26), почвенная (20-24)
<i>Atriplex mircantha</i> C. A. Mey.	архитектоника ветвления, синкотилия, дистопия в строении цветка	50-60	воздушная (15-21), почвенная (22-25)
<i>Gypsophila paniculata</i> L.	матрикарная гетероспермия, атипичное строение побега	50-70	воздушная (30-39)
<i>Senecio vulgaris</i> L.	атипичное строение конформационных тканей стебля у основания	62-66	воздушная (32-35)
<i>Moehringia trinervia</i> (L.) Clairv.	нетипичное строение корневой системы, тератологическая синкотилия	80-84	почвенная (25-29)
<i>Diploaxis muralis</i> (L.) DC., <i>Capsella orientalis</i> Klokov, <i>Agrostis stolonifera</i> L., <i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle	элиминация тканей, идентифицированных при окрашивании как протодермальные образования с разных сторон зародыша	88-91	почвенная (25-29)
<i>Atriplex hortensis</i> L.	укорочение флоральной оси при скученности соцветий, позеленение (нетипичное) для цветка, фрагментарный альбинизм цветка	75-80	–
<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth	гиперфункция генеративной части побега, фасциации побеговых структур, нетипичное строение устьичного аппарата и околоустьичных клеток	68-71	–
<i>Cyclachaena xanthiifolia</i> (Nutt.) Fresen.	дистопия соцветий, специализация трихом листового аппарата, гипогенезия листа	55-63	–

**Фитомаркеры индикационной значимости в диагностике почвенной среды
(эдафическая фракция в горизонте корнеобитания)**

Виды	Признаки, характеристики	Достоверность сопряженной информации	Вероятность связи с другими природными средами
<i>Fumaria schleicheri</i> Soy.-Willem	опушение стебля по специализации трихом, деформация нижней побеговой части	50-57	воздушная (35-45), водная (22-36)
<i>Berteroa incana</i> (L.) DC.	деградация гиалиновых и кутикулярных тканей в зародышевом аппарате	86-90	воздушная (35-40)
<i>Nigella arvensis</i> L.	фено-варианты окраски околоцветника	64-80	воздушная (30-40)
<i>Atriplex mircantha</i> C. A. Mey.	изменение побега, точечный хлороз листового аппарата	62-70	воздушная (25-33), водная (20-30)
<i>Moehringia trinervia</i> (L.) Clairv.	варианты деформации побега и атипичность строения листового аппарата	66-70	водная (40-48)
<i>Stellaria subulata</i> Boeber ex Schlecht	архитектоника надземной части растения, матрикальная гетерокарпия	75-78	воздушная (15-27)
<i>Fumaria schleicheri</i> Soy.-Willem	тератные формы тичинок, частая петализация, атипичность строения околоцветника	83-85	воздушная (35-45)
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	матрикальная гетерогенность семязачатков, тератогенность элементов цветка	73-76	воздушная (15-19)
<i>Portulaca oleracea</i> L.	тератообразование цветка, синкотилия, гетерокарпия	70-76	воздушная (31-33)
<i>Dianthus campestris</i> M. Bieb	фено-отличия по окраске околоцветника, синкотилия	61-66	воздушная (30-35), водная (20-30)
<i>Sagina procumbens</i> L.	матрикальная гетерокарпия, устьичный индекс, нарушения ветвления	74-80	водная (40-48)
<i>Cynoglossum officinale</i> L.	нарушение цикличности частей цветка, прерывистость листорасположения, петалоидность листового аппарата, бесхлорофилльные листья, гетероспермия	52-56	–
<i>Persicaria maculosa</i> Gray	дистопические проявления в архитектонике побега, синкотилия по тератному типу, деформация зародышевых структур, абортивность в недоразвитии	51-53	–

Группа фитомаркеров для анализа аэрофитогоризонта (см. табл. 1) логическим образом объединяет признаки, связанные со строением растительных организмов в контакте поверхностных тканей с содержимым в приземном слое атмосферы, поэтому наиболее частыми являются характеристики: 1) опушенности листовой пластинки по степени выраженности трихом отдельного типа у *N. arvensis*, *A. media* или дифференцированным отложениям кутикулярного слоя *P. oleracea*; 2) строения и функционального состояния пыльцевых зерен *F. schleicheri*, *N. arvensis*, *A. media*, *A. mircantha*, *D. campestris*, *A. albus*, *E. armoracioides* как в зрелом статусе в пыльниках, так и свободно контактирующих в воздушных потоках; 3) некоторые признаки эмбрионального строения растений, например, у *B. incana*, *C. arvense*, *S. subulata*, *S. vulgaris*, *A. stolonifera*, *A. collina*, *C. diffusa*, *A. albus*, *E. armoracioides*. Наибольшую информацию по степени достоверности для квантификации воздушного компонента экотопа можно получить, используя маркерные признаки в строении *F. schleicheri*, *C. arvense*, *A. collina*, *C. diffusa*, *A. albus* L., *E. armoracioides*, причем четыре последних указанных вида по диагностическим признакам не имеют средства (менее 12 из 100 корреляционных единиц) с природными средами других агрегатных состояний, что важно для чистоты фитоиндикационного эксперимента. Диапазон сопряженности по связи с другими природными средами, как правило, варьировал в пределах 20–30(35) значимых единиц, а для *A. mircantha* и *D. campestris* установлена возможность использования всего спектра изучаемых средообразующих условий.

По маркерным характеристикам (см. табл. 2) выделены виды, исключительно характерные для индикационной экспертизы водной среды по фракции выпадения осадков и формирования растворов непосредственного контакта с растительными организмами: *A. hortensis*, *C. epigeios*, *C. xanthiifolia*. Это нетипичная констатация факта, поскольку в фитоиндикационном мониторинге такое наблюдение не было ранее доказано статистически, что позволяет устранить ошибки в интерпретации экологического состояния экотопов, испытывающих долгосрочный период полевой засухи, как, например, это было в июле – сентябре 2020 г. Наиболее значимые виды в микролокальном гидротестировании: *S. procumbens*, *M. trinervia*, *D. muralis*, *C. orientalis*, *A. stolonifera*, *A. altissima*, *A. hortensis*. Индикационная значимость для всех изучаемых сопряженных сред в функциональном развитии установлена для вида *A. mircantha*, что с одной стороны нивелирует дифференцированный средовой анализ, а с другой стороны позволяет осуществлять широкую экспресс-диагностику всех изучаемых субстратов техногенных, урбанизированных и квазиприродных экотопов. Группы индикационной значимости по структурным показателям в обозначенном средовом эквиваленте установлены следующим образом: 1) нарушение феноритмики в развитии растительного организма; 2) атипичное (тератное) строение цветка и его отдельных частей; 3) изменение побеговой архитектоники нижней наземной части растения; 4) эмбриональные признаки и гетероспермия. Для большинства апробированных видов установлена связь по признакам с другими сопряженными природными средами.

Ранее осуществляемый мониторинг в связи с почвенными загрязнениями [9, 10, 19] требовал уточнения средовой принадлежности для каждой конкретной диагностической характеристики. Истинно почвенными признаками являются биомаркерные показатели указанных видов растений, среди которых самые высокие корреляционные связи установлены для *B. incana*, *N. arvensis*, *S. subulata*, *F. schleicheri*, *C. arvense*, *P. oleracea* и *S. procumbens* именно тех признаков, которые указаны в табл. 3. Статистическое сродство биомаркеров с гетерогенностью и конкретными характеристиками превышения нормы геохимического воздействия на корнеобитаемый слой почвы принципиально формирует следующие группы признаков: 1) тератность семядольного аппарата фитоиндикаторов; 2) окраска околоцветника; 3) нарушение побегообразования на ранних стадиях развития особи; 4) отклонения в строении эмбрионального и листового аппаратов видов, имеющих индикационное значение в осуществляемом экологическом мониторинге промышленной среды. Выделены виды, поливариантные для средовой квантификации: *F. schleicheri*,

A. mircantha и *D. campestris* – важны для экспресс-оценки при полевом уровне обследования локальных экосистем.

Комплексно-сопряженными средовыми характеристиками являются специфические данные по фитоквантификации экотопов с помощью мохообразных, поскольку физиологически все продукты промышленной контаминации попадают через воздушную среду, однако преимущественно с влажными осадками; кроме этого по наличию того или иного бриобионта можно устанавливать степень механической нарушенности почвенного горизонта, что также представляет интерес в фитодиагностике. Из полевых сборов и лабораторных анализов предварительная средовая дифференциация для мохообразных представлена следующим образом: по диагностике водной среды с осадками наиболее информативно использование видов *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid, *Leskea polycarpa* Hedw., *Bryum caespiticium* Hedw., *Syntrichia ruralis* (Hedw.) F. Weber & Mohr, *Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwägr., *Orthotrichum obtusifolium* Brid., *Pylaisia polyantha* (Hedw.) Schimp., *Orthotrichum speciosum* Nees, *Grimmia pulvinata* (Hedw.) Sm., *Amblystegium serpens* (Hedw.) Schimp., *Plagiomnium cuspidatum* (Hedw.) T. Kop.; по изучению особенностей воздушной среды наиболее информативны *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt, *Tortula muralis* Hedw., *Dicranum fulvum* Hook., *Bryum argenteum* Hedw., *Tortula mucronifolia* Schwaegr., *Platygyrium repens* (Brid.) Schimp., *Bryum capillare* Hedw., *Brachythecium campestre* (Müll. Hal.) Bruch et al., *Phascum cuspidatum* Schreb. ex Hedw., *Weissia controversa* Hedw., *Amblystegium subtile* (Hedw.) Schimp., *Homalothecium lutescens* (Hedw.) H. Robins.; если судить о степени механической нарушенности или нестабильности почвенного покрова, то рекомендованы к учету *Didymodon fallax* (Hedwig) R. H. Zander, *Brachythecium mildeanum* (Schimp.) Schimp., *Orthotrichum diaphanum* Brid., *Pleuridium acuminatum* Lindb., *Ditrichum pussilum* (Hedw.) Hampe., *Polytrichum juniperinum* Hedw., *Homomallium incurvatum* (Schrad. ex Brid) Loeske, *Funaria hygrometrica* Hedw.

Из биомаркерных признаков в строении растений наиболее важными в квантификации являются следующие: степень дефектности пыльцевых зерен, степень и характер опушения листовых пластинок и проявления процессов кутинизации, архитектурные проявления в побеговой системе как правило нижних частей вегетативных надземных органов, что указывает на уязвимость растительных организмов в первые сроки вегетации на ювенильных стадиях. Отдельной группой фитомаркерных характеристик выделены атипичные проявления в строении растений, которые морфологически соответствуют тератным состояниям, например, синкотилия, синфлория, нарушение цикличности в строении цветка, фенотипизация при окрашивании отдельных частей цветка, деформация побега, олигомеризация отдельных вегетативных структур. Для фитотестирования важными являются признаки, выявить которые можно на начальных этапах прорастания семени в контакте с водной и почвенной средой, например, по зародышевым структурам на тканевом уровне: деградация элементов эндосперма и дерматокалиптрогена по прозенхимному типу, деформация зародышевых структур, абортивность в их недоразвитии, разрастание ткани, гомологичной гиалиновой оболочке, деградация тканей корневого чехлика, деградация гиалиновых и кутикулярных тканей в зародышевом аппарате.

Выводы

В практике экологического нормирования и фитомониторинга промышленно напряженного региона важным является как экспресс-анализ при рекогносцировочных работах (полевая диагностика), так и дробная дифференцированная квантификация степени нарушенности и устойчивости экотопа в неблагоприятных экологических условиях.

Оценивать общее состояние природной системы важно, однако многие целевые программы требуют дифференцированного средового подхода при рассмотрении конкретной агрегатной емкости, имеющей большую степень сродства в структурно-функциональном отношении с фитоиндикаторами. Выделить эти взаимосвязи позволяет эмпирически установленная статистическая достоверность между показателями строения растений

(маркерных значений) и характеристиками конкретных природных сред в контакте с растением-индикатором.

Следовательно, впервые в Донбассе проведен статистический учет и дифференцированы признаки отдельных видов для диагностики различных компонентов среды по их агрегатному состоянию в условном разграничении на воздушную, водную и почвенную систему средообразующего воздействия на растительный организм.

Выявленные ботанико-экологические маркеры фитоквантификации природных сред в Донбассе затрагивают позиции в строении генеративных и вегетативных органов (семена, плода, побега, листового аппарата, строения цветка и дискретных признаков продукции мужского гаметофита) на всех стадиях развития (от периода покоя плода и начальных этапов развития проростка до сенильной особи).

Работа выполнена в рамках научной темы «Функциональная ботаника: экологический мониторинг, ресурсные технологии, фитодизайн» № 0117D000192 кафедры ботаники и экологии ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет».

Список литературы

1. Безель В. С., Жуйкова Т. В., Дуля О. В., Балыбердина Н. С. Внутривидовая изменчивость металлоустойчивости семенного потомства *Taraxacum officinale* Wigg. s. l. : анализ на основе зависимостей «доза – эффект» // Экология. 2019. № 4. С. 263–269.
2. Васильев А. Г. Эволюционная экология в XXI веке : новые концепции и перспективы развития // Экология. 2019. № 2. С. 88–100.
3. Гермонова Е. А., Сафонов А. И. Визуализация микроклиматических изменений индикаторных признаков в локальных популяциях растений г. Донецка // Глобальные климатические изменения : региональные эффекты, модели, прогнозы : матер. Междунар. науч.-практ. конф. (Воронеж, 3–5 октября 2019 г.). Воронеж : Изд-во «Цифровая полиграфия», 2019. Т. 2. С. 39–40.
4. Глухов А. З., Сафонов А. И. Экосистемное нормирование по данным фитоиндикационного мониторинга // Донецкие чтения 2016 : Образование, наука и вызовы современности : матер. I Междунар. науч. конф. (Донецк, 16–18 мая 2016 г.). Донецк : Изд-во ЮФУ, 2016. Т. 1. С. 311–312.
5. Зыкова Ю. Н., Скугорева С. Г., Товстик Е. В., Ашихмина Т. Я. Подходы к оценке состояния городских почв методами биотестирования с использованием организмов различной систематической принадлежности и данных химического анализа // Теоретическая и прикладная экология. 2017. № 3. С. 38–46.
6. Ибрагимова Э. Э. Мониторинг состояния окружающей среды методами фитоиндикации техногенного химического загрязнения // Человек – Природа – Общество : Теория и практика безопасности жизнедеятельности, экологии и валеологии. 2018. № 4 (11). С. 57–61.
7. Лянгузова И. В. Динамические тренды содержания тяжелых металлов в растениях и почвах при разном режиме аэротехногенной нагрузки // Экология. 2017. № 4. С. 250–260.
8. Сафонов А. И. Фитоквантификация как информационный ресурс экологического мониторинга Донбасса // Донецкие чтения 2018 : Образование, наука, инновации, культура и вызовы современности : матер. III Междунар. науч. конф. (Донецк, 25 октября 2018 г.). Т. 2 : Хим.-биол. науки. Донецк : Изд-во ДонНУ, 2018. С. 216–217.
9. Сафонов А. И. Тератогенез растений-индикаторов промышленного Донбасса // Разнообразие растительного мира. 2019. № 1 (1). С. 4–16. DOI : 10.22281/2686-9713-2019-1-4-16
10. Сафонов А. И. Динамика фитомониторинговых показателей антропогенеза в Донбассе (2000–2019 гг.) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2020. № 1–2. С. 31–36.
11. Сафонов А. И., Глухов А. З. Методологические аспекты фитомониторинга в техногенно трансформированной среде // Донецкие чтения 2020 : образование, наука,

инновации, культура и вызовы современности : матер. V Междунар. науч. конф. (Донецк, 17–18 ноября 2020 г.). Донецк : Изд-во ДонНУ, 2020. Т. 2. С. 254–257.

12. *Тамахина А. Я., Ахкубекова А. А.* Мониторинг состава растительных сообществ на отвалах из отходов обогащения цветных металлов // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 2. С. 61–67.

13. *Burggren W.* Epigenetic inheritance and its role in evolutionary biology : re-evaluation and new perspectives // *Biology*. 2016. Vol. 5, N 24. P. 2–22.

14. *Ernst W. H. O.* Evolution of metal tolerance in higher plants // *For. Snow Landsc. Res.* 2006. Vol. 80, N 3. P. 251–274.

15. *Hiremath R. B., Balachandra P., Kumar B., Bansode S. S., Murali J.* Indicator-based urban sustainability. A review // *Energy for Sustainable Development*. 2013. Vol. 17, N 6. P. 555–563.

16. *Meena M. K.* Impact of arsenic-polluted groundwater on soil and produce quality : a food chain study // *Environmental Monitoring and Assessment*. 2020. Vol. 192, N 12. P. 785.

17. *Nedjimi B.* Germination characteristics of *Peganum harmala* L. subjected to heavy metals : implications for the use in polluted dryland restoration // *International journal of Environmental Science and Technology*. 2020. Vol. 17, N 4. P. 2113–2122.

18. *Panidi E., Trofimetz L., Sokolova J.* Application of phyto-indication and radiocesium indicative methods for microrelief mapping // *IOP Conf. Series : Earth and Environmental Science*. 2016. N 34. P. 12–29.

19. *Safonov A. I.* Phyto-qualimetry of toxic pressure and the degree of ecotopes transformation in Donetsk region // *Problems of ecology and nature protection of technogenic region*. 2013. № 1 (13). С. 52–59.

20. *White P. J., Brown P. H.* Plant nutrition for sustainable development and global health // *Annals of Botany*. 2010. Vol. 105. P. 1073–1080.

Safonov A. I. Botanical and ecological markers of natural environment quantification in Donbass. – In the spectrum of botanical and ecological studies of industrial Donbass, groups of plant traits have been identified for carrying out actual phytoquantification differentiated by natural environments: air (surface), water (sedimentary), soil (edaphic in the root horizon). Phytodiagnostic biomarkers are being updated within the framework of ongoing environmental monitoring of the anthropogenically transformed environment of Donbass.

Key words: ecological phytomonitoring, biomarkers, phytoindication, Donbass, anthropogenically transformed environment.

УДК 58.02 : 581.4 : 581.5 : 581.45 : 58.051

© Ю. А. Штирц

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОСНОВАНИЯ ЛИСТОВОЙ ПЛАСТИНКИ *POLYGONUM MONSPELIENSE* THIEBAUT EX PERS. ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА ПОЧВЕННЫХ ОБРАЗЦАХ С РАЗЛИЧНЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ АКТУАЛЬНОЙ КИСЛОТНОСТИ

ГУ «Донецкий ботанический сад»

283059, г. Донецк, пр. Ильича, 110; e-mail: strelkova-shtirts@mail.ru

Штирц Ю. А. Изменчивость основания листовой пластинки *Polygonum monspeliense* Thiébaud ex Pers. при выращивании на почвенных образцах с различными показателями актуальной кислотности. – Проведена оценка изменчивости основания листовой пластинки *P. monspeliense* при выращивании в лабораторных условиях на почвенных образцах с различными показателями актуальной кислотности. Показатель коэффициента формы основания листовой пластинки *P. monspeliense* анализируемых выборок варьирует в пределах от 0,34 до 0,91, коэффициента асимметрии формы – от 0,001 до 0,488. Выявлена сильная положительная корреляция с показателями актуальной кислотности почв значений коэффициента формы и умеренная отрицательная корреляция коэффициента асимметрии формы основания. Отмечено последовательное возрастание коэффициента формы основания при возрастании значений актуальной кислотности почв. Данный морфологический параметр может выступать в качестве индикатора указанного почвенного показателя.

Ключевые слова: *Polygonum monspeliense*, листовая пластинка, актуальная кислотность почв, биотестирование, биоиндикация.

Введение

Наиболее целесообразным методом интегральной оценки почвенных условий является биотестирование, в основе которого лежит определение реакции живых организмов на уровень техногенного воздействия и содержание загрязняющих веществ в субстрате. Кроме того, биотестирование дает возможность получать объективную информацию о состоянии почвы при минимальных материальных и физических затратах, без использования сложных и дорогостоящих аналитических методов [2, 8].

Основу метода фитотестирования составляет способность растений реагировать на изменение условий среды, что позволяет оценивать токсичность или биоактивность различных объектов [10, 15].

Чувствительность растений к внешним воздействиям проявляется в изменении биохимических реакций и отражается в морфологических параметрах роста и развития [9].

Фитотестирование как метод оценки почв давно используется для определения плодородия почв сельхозугодий, и относительно недавно – в природоохранной сфере для оценки экологического качества природных сред (воды, почвы). Фитотесты можно объединить в три группы методов: лабораторные, вегетационные и микроделяночные. Особую актуальность в экологической оценке приобретают лабораторные методы, как наиболее экспрессные и экономичные [7].

По мнению ряда исследователей [7, 14–16], адекватную оценку качества почв обеспечивает субстратное, или контактное биотестирование. Этот способ обеспечивает непосредственный контакт тест-организма с исследуемым образцом и, таким образом, позволяет установить уровень воздействия почвенных характеристик.

В настоящее время используется диагностика состава почв с использованием морфометрических показателей тест-культур [3, 4, 6, 9].

В целях оценки возможности фитотестирования и фитоиндикации состояния почв с использованием показателей морфологической изменчивости листовой пластинки осуществлена высадка экспериментальных растений в образцы почв с различной актуальной кислотностью. В качестве модельного вида для выращивания на почвенных образцах был выбран *Polygonum monspeliense* Thiébaud ex Pers. Данный вид встречается в самых разнообразных биотопах, что дает возможность использовать его в качестве индикатора состояния почв и экосистем в целом.

Целью работы была оценка изменчивости основания листовой пластинки *P. monspeliense* при выращивании на почвенных образцах с различными показателями актуальной кислотности.

Материал и методика исследования

Высадка *P. monspeliense* осуществлялась в апреле 2019 г. в емкости из пищевого пластика объемом 460 мл, заполненные образцами почвы. Местами для отбора почвенных образцов послужил ряд территорий с различной степенью антропогенной трансформации в пределах Донецко-Макеевской городской агломерации: отвал бывшей шахты № 12 «Наклонная» (Пролетарский район г. Донецка); территория, прилегающая к южной части отвала шахты № 12 «Наклонная»; выведенный из эксплуатации карьер по добыче строительного камня (балка Калиновая, г. Макеевка); территория ГУ «Донецкий ботанический сад»; территория, прилегающая к реке Богодуховая, загрязненная строительными отходами. Отбор образцов проводился в поверхностном слое почвы в вегетационные периоды 2018–2019 гг. Опытные экземпляры растений были пересажены с незначительного по площади локального участка на территории Донецкого ботанического сада, что позволило в определенной степени снизить генетическую разнородность опытных экземпляров. К моменту пересадки исследуемые растения имели 3–5 сформированных листовых пластинок, которые были помечены и в дальнейшем анализе не подвергались. В одну емкость высаживали по 7–8 растений. Густота посадки соответствовала плотности популяции *P. monspeliense*, из которой были взяты экспериментальные экземпляры. Дальнейший рост растений происходил в лабораторных условиях. Полив осуществлялся дистиллированной водой, периодичность полива варьировала в зависимости от степени подсыхания поверхностного слоя. С периодичностью один раз в два дня осуществлялся поворот емкостей на 180° вокруг оси с целью более равномерного освещения экспериментальных растений. Сбор листовых пластинок осуществлялся в начале второй декады июля. Учитывая то, что видовой особенностью *P. monspeliense* является значительное отличие листьев, сформировавшихся на побегах первого и второго порядков [11], анализу подвергались листовые пластинки, собранные с побегов первого порядка.

Объем каждой из выборок листовых пластинок *P. monspeliense*, выращенных на исследуемых почвенных образцах, составил 150 листьев. Листовые пластинки были отсканированы при помощи сканера Epson Perfection V33. Оценка изменчивости основания листовой пластинки проведена с использованием двух показателей: коэффициента формы основания и коэффициента асимметрии формы основания. Методика расчета коэффициента формы основания приведена в работе Т. Н. Гендельс, Л. Ю. Буданцева [5]. Принимая во внимание присутствие асимметрии, расчет коэффициентов проведен с левой и правой сторон листовой пластинки, затем проведено вычисление среднего арифметического. Коэффициент асимметрии формы основания листовой пластинки вычисляли согласно предложенному ранее подходу [17]. Измерения линейных и угловых параметров листовой пластинки осуществляли в программе TPSDig 2.10.

Определение актуальной кислотности почвенных образцов проводили потенциометрическим методом согласно общепринятым методам [1, 12].

Для оценки связи изменчивости параметров формы основания листовой пластинки *P. monspeliense* с показателем актуальной кислотности почв проведен корреляционный анализ. С целью оптимального выбора коэффициента корреляции был проведен анализ распределения значений исследуемых морфологических параметров листовой пластинки и значений актуальной кислотности почв. Анализ соответствия распределения признаков закону нормального распределения проведен с использованием критериев Колмогорова-Смирнова, Лиллиефорса, Шапиро-Уилка. Интерпретация результатов проведена в соответствии с методическими подходами, изложенными в работе О. Ю. Ребровой [13]. Статистическая обработка проведена с использованием пакета прикладных программ STATISTICA 6.0.

Результаты и обсуждение

Минимальное значение коэффициента формы основания из числа проанализированных составляет 0,34, максимальное – 0,91; минимальное значение коэффициента асимметрии формы основания – 0,001, максимальное значение – 0,488. Показатель актуальной кислотности почвенных образцов, на которых проводилось выращивание экземпляров *P. monspeliense*, варьировал от 4,30 до 8,30.

Значения параметров, характеризующих основание листовой пластинки *P. monspeliense*, выращенных на почвенных образцах с различными показателями актуальной кислотности, отражены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры основания листовой пластинки *Polygonum monspeliense* Thiebaut ex Pers., выращенных на почвенных образцах с различными показателями актуальной кислотности (указан доверительный интервал для $P = 0,05$)

Значение актуальной кислотности почвы	Коэффициент формы основания	Коэффициент асимметрии формы основания
6,39	$0,55 \pm 0,043$	$0,131 \pm 0,0112$
4,30	$0,54 \pm 0,034$	$0,071 \pm 0,0061$
8,30	$0,60 \pm 0,043$	$0,045 \pm 0,0034$
7,02	$0,58 \pm 0,036$	$0,066 \pm 0,0049$
7,66	$0,59 \pm 0,031$	$0,051 \pm 0,0035$

Статистические критерии, указанные в табл. 2 и 3, свидетельствуют о нормальном распределении значений анализируемых параметров листовой пластинки *P. monspeliense* и показателя актуальной кислотности почв, что позволяет применять для оценки корреляции параметрические критерии.

Таблица 2

Статистический анализ нормальности распределения анализируемых морфологических параметров листовой пластинки *Polygonum monspeliense* Thiebaut ex Pers.

Параметр листовой пластинки	Статистические критерии				
	Колмогорова-Смирнова		Шапиро-Уилка		Лиллиефорса
	d	p	W	p	p
Коэффициент формы основания	0,22	> 0,20	0,92	0,50	> 0,2
Коэффициент асимметрии формы основания	0,32	> 0,20	0,86	0,22	< 0,10

Примечание. d и W – значения соответствующих статистических критериев, p – уровень статистической значимости.

Таблица 3

Статистический анализ нормальности распределения значений актуальной кислотности почвенных образцов

Статистические критерии				
Колмогорова-Смирнова		Шапиро-Уилка		Лиллиефорса
d	p	W	p	p
0,21	> 0,20	0,93	0,62	> 0,2

Примечание. d и W – значения соответствующих статистических критериев, p – уровень статистической значимости.

Последующая оценка корреляции проведена с использованием коэффициента Пирсона. Согласно проведенному анализу, значения коэффициента корреляции рассматриваемых параметров листовой пластинки *P. monspeliense* с показателями актуальной кислотности почвенных образцов составляет 0,93 для коэффициента формы основания и –0,39 для коэффициента асимметрии формы основания.

В соответствии со шкалой оценки силы корреляции, приведенной в работе О. Ю. Ребровой [13], значение коэффициента корреляции не менее 0,75 свидетельствует о сильной корреляции, более 0,25 и менее 0,75 – об умеренной. Таким образом, можно сделать вывод о сильной положительной корреляции с показателями актуальной кислотности почв коэффициента формы основания и умеренной отрицательной корреляции коэффициента асимметрии формы основания.

По нашему мнению, в качестве морфологических параметров листовой пластинки, потенциально информативных с позиций диагностики и биотестирования почв, можно рассматривать показатели, для которых, с одной стороны, отмечено последовательное снижение или увеличение среднего значения по градиенту рассматриваемого фактора, и, с другой стороны, выявлено высокое значение коэффициента корреляции с почвенными характеристиками.

Согласно данным табл. 1, отмечено последовательное возрастание коэффициента формы основания при увеличении значений актуальной кислотности почв. Коэффициент асимметрии формы основания не характеризуется последовательным изменением по градиенту рассматриваемого почвенного показателя.

Существенная зависимость коэффициента формы основания листовой пластинки *P. monspeliense* от актуальной кислотности почвы дает возможность использовать его в качестве индикатора данного почвенного параметра и делает его неинформативным как индикатор других показателей среды и оценки антропогенного прессинга в целом.

Выводы

Показатель коэффициента формы основания листовой пластинки *P. monspeliense* анализируемых выборок варьирует в пределах от 0,34 до 0,91, коэффициента асимметрии формы основания – от 0,001 до 0,488.

Выявлена сильная положительная корреляция с показателем актуальной кислотности почв коэффициента формы основания и умеренная отрицательная корреляция коэффициента асимметрии формы основания.

Отмечено последовательное возрастание коэффициента формы основания при увеличении значений актуальной кислотности почв. Данный морфологический параметр может выступать в качестве индикатора указанного почвенного показателя.

Список литературы

1. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М. : Изд-во МГУ, 1970. 487 с.
2. Бардина Т. В., Чугунова М. В., Бардина В. И. Изучение экотоксичности урбаноземов методами биотестирования // Живые и биокосные системы. 2013. Вып. 5. URL : <http://www.jbks.ru/archive/issue5/article-8.pdf> (дата обращения : 13.02.2018).
3. Галактионова Л. В., Губайдуллина И. З. Использование морфометрических и биохимических показателей тест-культур для оценки токсичности наночастиц меди // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 3 (65). С. 196–198.
4. Галактионова Л. В., Суздалева А. В. Экологическая оценка почвенного покрова урбанизированных территорий методами биодиагностики // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 4. URL : <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=26560> (дата обращения : 07.12.2020).

5. Гендельс Т. В., Буданцев Л. Ю. Изучение изменчивости формы листовой пластинки *Populus deltoides* (Salicaceae) с помощью числового индекса // Ботанический журнал. 1991. Т. 76, № 5. С. 747–752.
6. Еськова Е. Н., Коротченко И. С. Влияние гумата натрия на морфометрические показатели тест-культуры в условиях загрязнения почв тяжелыми металлами // Вестник КрасГАУ. 2014. № 3. С. 99–104.
7. Лисовицкая О. В., Терехова В. А. Фитотестирование: основные подходы, проблемы лабораторного метода и современные решения // Доклады по экологическому почвоведению. 2010. № 1 (13). С. 1–18.
8. Мелехова О. П., Сарapultьцева Е. И., Евсеева Т. И. Биологический контроль окружающей среды : биоиндикация и биотестирование : уч. пос. М. : «Академия», 2008. 228 с.
9. Митракова Н. В. Оценка биологической активности и токсичности почв и техногенных поверхностных образований в Пермском Прикамье : Автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.08. Пермь, 2019. 18 с.
10. Николаева О. В., Терехова В. А. Совершенствование лабораторного фитотестирования для экотоксикологической оценки почв // Почвоведение. 2017. № 9. С. 1141–1152.
11. Определитель высших растений Украины / Доброчаева Д. Н., Котов М. И., Прокудин Ю. Н. и др. К. : Наук. думка, 1987. 548 с.
12. Практикум по агрохимии / Под ред. В. Г. Минеева. М. : Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
13. Реброва О. Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA. М. : Медиа Сфера, 2002. 312 с.
14. Селивановская С. Ю., Галицкая П. Ю. Оценка токсичности почв с использованием контактного метода биотестирования // Токсикологический вестник. 2006. № 4. С. 12–15.
15. Терехова В. А. Биотестирование почв : подходы и проблемы // Почвоведение. 2011. № 2. С. 190–198.
16. Фомин Г. С., Фомин А. Г. Почва. Контроль качества и экологической безопасности по международным стандартам : справ. М. : «Протектор», 2001. 304 с.
17. Glukhov A. Z., Shtirts Yu. A. Characteristics of the shape asymmetry of leaf tip and base in *Populus nigra* L. under industrial dump conditions // Applied ecology and environmental research. 2015. N 13 (3). P. 819–831. DOI : 10.15666/AEER/1303_819831_

Shtirts Yu. A. Variability of leaf blade base of *Polygonum monspeliense* Thiebaut ex Pers. when grown on soil substrates with different indices of actual acidity. – An assessment of the variability of leaf blade base of *P. monspeliense* when grown under laboratory conditions on soil substrates with different indices of actual acidity was carried out. The numerical coefficient of the shape of leaf blade base of *P. monspeliense* in the analyzed samples varies from 0,34 to 0,91, the coefficient of shape asymmetry – from 0,001 to 0,488. A strong positive correlation with the indices of the actual soil acidity of the numerical coefficient of the shape and a moderate negative correlation of the asymmetry coefficient of the base shape were revealed. A consistent increase in the numerical coefficient of the base shape was noted with an increase in the values of the actual acidity of soils. This morphological parameter can act as an indicator of the specified soil parameter.

Key words: *Polygonum monspeliense*, leaf blade, actual soil acidity, biotesting, bioindication.

УДК 595.799 : 591.5 : (292.471)

© А. В. Амолин¹, Н. Н. Кузичева²

К ИЗУЧЕНИЮ ЭКОЛОГИИ И БРАЧНОГО ПОВЕДЕНИЯ ПЧЕЛЫ
***OSMIA CORNUTA* (LATREILLE, 1805)**
(HYMENOPTERA: MEGACHILIDAE) В ДОНБАССЕ

¹ ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
 283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: a.amolin@mail.ru

² ГОУ ВПО «Донбасская аграрная академия»
 286157, г. Макеевка, ул. Островского, 16; e-mail: nadua.kuzisheva@mail.ru

*Амолин А. В., Кузичева Н. Н. К изучению экологии и брачного поведения пчелы *Osmia cornuta* (Latreille, 1805) (Hymenoptera: Megachilidae) в Донбассе.* – В статье приведены новые сведения о брачном поведении, сезонной и суточной активности пчелы *Osmia cornuta* в Донбассе. Установлено и подтверждено, что *O. cornuta* является весенним моновольтинным видом, зимующим в фазе имаго в коконах, сделанных взрослыми личинками. Период лёта самцов и самок в сумме составляет не менее 40–45 дней, при этом лёт самок более продолжителен и составляет в среднем 33–35 дней (апрель и первая декада мая), а самцов – 24 дня (с конца марта до середины апреля). Максимальный лёт имаго в Донбассе отмечен в апреле. Самцы вылетают всегда раньше самок обычно на 6–9 дней. Важнейшими абиотическими факторами, лимитирующими сезонную и суточную активность имаго *O. cornuta*, являются освещенность, температура и влажность воздуха. Брачный лёт самцов проходит в первой половине апреля и длится 4–5 дней. Самки спариваются несколько раз с разными самцами. Спаривание происходит как возле гнезд (мест выплода), так и на кормовых растениях.

Ключевые слова: пчела *O. cornuta*, суточная и сезонная активность, брачное поведение.

Введение

Пчела *Osmia cornuta* (Latreille, 1805) имеет относительно обширный ареал обитания, включающий Южную, Центральную, Юго-Восточную Европу, Северную Африку, Малую Азию, Закавказье (Азербайджан), Иран, Туркменистан, Казахстан [14, 16, 19]. В Восточной Европе этот вид распространен по всему югу Русской равнины [21].

В Донбассе широко распространенный малочисленный вид, в селитебных городских и сельских ландшафтах Донецкого края более многочислен [1, 3, 4].

O. cornuta является одним из перспективных опылителей многих плодовых и ягодных культур [6, 15, 17, 18, 20]. В отдельных странах Европы этот вид специально разводят для опыления фруктовых садов и некоторых тепличных культур, а после интродукции в Северную Америку эта пчела активно используется там как опылитель плодовых и ягодных культур [23]. На приусадебных участках г. Донецка этот вид, наряду с некоторыми другими видами пчел, является одним из основных опылителей плодовых розоцветных деревьев (черешня, слива, яблоня) [1, 3] и может образовывать долгоживущие субпопуляции, особенно при искусственном разведении [3].

Сведения по экологии *O. cornuta* включающие сезонную динамику лёта, строение гнезд, гнездостроительную активность, трофические связи, имеются в целом ряде работ, среди которых важно отметить работы J.-N. Tasei [21, 22], С. П. Иванова [7, 8], В. Н. Олифера [13], С. П. Иванова с соавт. [9–12], а также диссертацию А. М. А. Гауля [5], в которой отражены некоторые аспекты биологии и экологии гнездования *O. cornuta* в Крыму.

На территории Донбасса специальные исследования экологии *O. cornuta* были начаты авторами в 2017 г. в рамках инициативной темы по искусственному разведению этого вида для опыления плодово-ягодных и тепличных культур. Кроме того, первым соавтором были получены сведения по различным вопросам экологии и биологии этого вида в ходе многолетних наблюдений на приусадебных участках г. Донецка.

Основной **целью** данной работы было представить сведения по фенологии, сезонной и суточной динамике лёта *O. cornuta* в Центральном Донбассе, а также показать отдельные аспекты брачного поведения рогатой осмии.

Результаты данной работы могут быть использованы при планировании мероприятий по искусственному разведению *O. cornuta* в целях опыления плодово-ягодных и тепличных культур.

Материал и методы исследования

Исследования фенологии, сезонной и суточной динамики лёта *O. cornuta* проводили на приусадебных участках в г. Донецке и г. Харцызске методом многолетних (2006–2020 гг.), визуальных систематических наблюдений с регистрацией полученных данных в полевом дневнике, а также применением фото и видео регистрации брачного поведения при помощи цифровой камеры Canon Power Shot A495. Суточную активность изучали на основе солнечного времени. Период исследований в г. Харцызске включал 2015–2020 гг. Кроме того, в г. Донецке исследования проводили также в Донецком ботаническом саду на коллекционно-экспозиционном участке эфирно-масличных, пряно-ароматических и редких овощных растений в период с 2015 по 2020 гг. Общий период ежегодных фенологических наблюдений составил 14 лет. В течение данного времени на пяти стационарных приусадебных участках при помощи искусственных гнездовых конструкций была увеличена численность изучаемого вида, что дало возможность без затруднений проводить систематические наблюдения по интересующим вопросам. В качестве искусственных гнездовых конструкций, предложенных для заселения пчелам данного вида, нами были использованы ульи Фабра на основе одно- и двуканальных тростниковых пучков, а также деревянные бруски с просверленными вдоль волокон каналами длиной 100–110 мм и диаметром 8–9 мм. Кроме того, сведения по экологии данного вида, включая вопросы, рассматриваемые в данной статье, первым соавтором собирались в период с 1998 по 2020 гг. на территории различных природных ландшафтов Донбасса в ходе ежегодных экскурсионных выездов.

Результаты и обсуждение

O. cornuta на территории Донбасса является широко распространенным, малочисленным видом, отмеченным большей частью в селитебных городских и сельских ландшафтах. При искусственном разведении может быть локально многочисленным видом. В результате исследований нами было подтверждено, что *O. cornuta* является весенним моновольтинным видом, зимующим в фазе имаго в коконах, сделанных взрослыми личинками.

Фенология и жизненный цикл

Установлено, что развитие преимагинальных фаз (яйцо–куколка) *O. cornuta* длится в Донбассе не менее 115 дней (около 4 месяцев) с конца апреля до конца первой декады августа (табл. 1). При этом в 2020 г. некоторые самки начали откладывать яйца уже в начале апреля, а имаго сформировалось уже в первой декаде августа. Обычно массовая откладка яиц на исследуемой территории наблюдается с конца второй декады апреля до начала мая. При этом к концу августа все гнезда, независимо от начала их строительства, содержат полностью сформированные имаго в коконах. Для сравнения укажем, что в лесостепной зоне Украины, по данным В. Н. Олифера [13], формирование имаго у этого вида происходит в конце сентября – начале октября. Всю осень, зиму и большую часть марта будущего года имаго в коконах находится в состоянии гибернации (осенне-зимней диапаузы). В апреле и первой половине мая проходит активная фаза жизненного цикла, включающая спаривание, строительство самками гнезд, откладка яиц и запасание цветочной пыльцы для развития личинок. Именно в весенний период вид представлен тремя фазами развития (яйцо, личинки младших возрастов, имаго) (см. табл. 1). Таким образом, большую часть календарного года (8,5 месяцев) этот вид пребывает в стадии имаго, при этом осенне-зимняя диапауза длится 6–7 месяцев.

**Фенограмма развития пчелы *O. cornuta* в Центральном Донбассе
(по среднемноголетним данным)**

Март			Апрель			Май			Июнь			Июль			Август			Сентябрь – Февраль
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
[♀,♂]	♂	♂	♂	♂	♂													
			♀	♀	♀	♀	♀											
				О	О	О	О											
					Л	Л	Л	Л										
								П	П	П								
								(П)	(П)	(П)		(П)						
													К	К	К			
															[♀,♂]	[♀,♂]	[♀,♂]	

Примечание. ♂ – имаго (самец); ♀ – имаго (самка); О – яйцо; Л – личинки младших возрастов (питающиеся личинки); П – взрослая личинка (предкуколка); (П) – взрослая личинка в коконе; К – куколка; [♀, ♂] – имаго в коконе.

Сезонная активность имаго

Летная активность имаго *O. cornuta* по среднемноголетним данным на исследуемой территории длится с конца марта до середины мая. Максимальный лёт имаго отмечен в апреле. Самцы вылетают всегда раньше самок обычно на 6–9 дней. В 2020 г. вылет самцов на одном из стационарных пунктов наблюдений (приусадебный участок в г. Донецке) был отмечен 9 марта, а самок – 28 марта, при этом разрыв между вылетом самок и самцов составил 19 дней, что является нехарактерным, исключительным случаем. Фенологическими маркерами начала лёта самцов и самок рогой осмии в Донбассе являются начало цветения чистяка весеннего (*Ficaria verna* Huds. – для самцов) и начало цветения абрикоса (*Prunus armeniaca* L. – для самок). Период лёта самцов и самок в сумме составляет не менее 40–45 дней, при этом лёт самок более продолжителен и составляет в среднем 33–35 дней (апрель и первая декада мая), а самцов – 24 дня (с конца марта до середины апреля). Исключением стал 2020 г., в котором общий период лёта имаго составил 63 дня (41 день – ♂ и 43 дня – ♀). На рис. 1 приведен график сезонной динамики численности *O. cornuta*, показывающий важное значение влияния температуры воздуха на лётную активность имаго (резкий спад активности лёта с 21.04 по 24.04 во время похолодания). На графике также показаны синхронные пики роста численности самцов и самок в апреле во время брачного поведения, а также общий рост численности самок в конце апреля – начале мая, соответствующий максимальной активности самок во время строительства гнезд.

Важно отметить наличие асинхронности лёта имаго, выраженной в появлении имаго в разное время в зависимости от условий зимовки. По нашим наблюдениям, выход имаго пчел из гнезд, отстроенных в тростниковых трубках и находящихся в зимний период при относительно постоянной температуре (от -2°C до +1°C), отмечен в более ранний период, чем из таких же гнезд, которые в зимнее время подвергались резким колебаниям температуры воздуха (от -15°C до 0°C). Из-за наличия асинхронности лёта, присущей популяции *O. cornuta* в Донбассе, на графике период лёта самок завершается в начале третьей декады мая (21.05), а самцов – в конце апреля (28.04).

Суточная активность самцов

Активность самцов включает две важных составляющих их поведения: питание нектаром на цветках и брачное поведение, которое включает также миграции в поисках неродственных самок для последующего спаривания. Суточная активность самцов во время брачного поведения до появления из гнезд самок приведена на рис. 2.

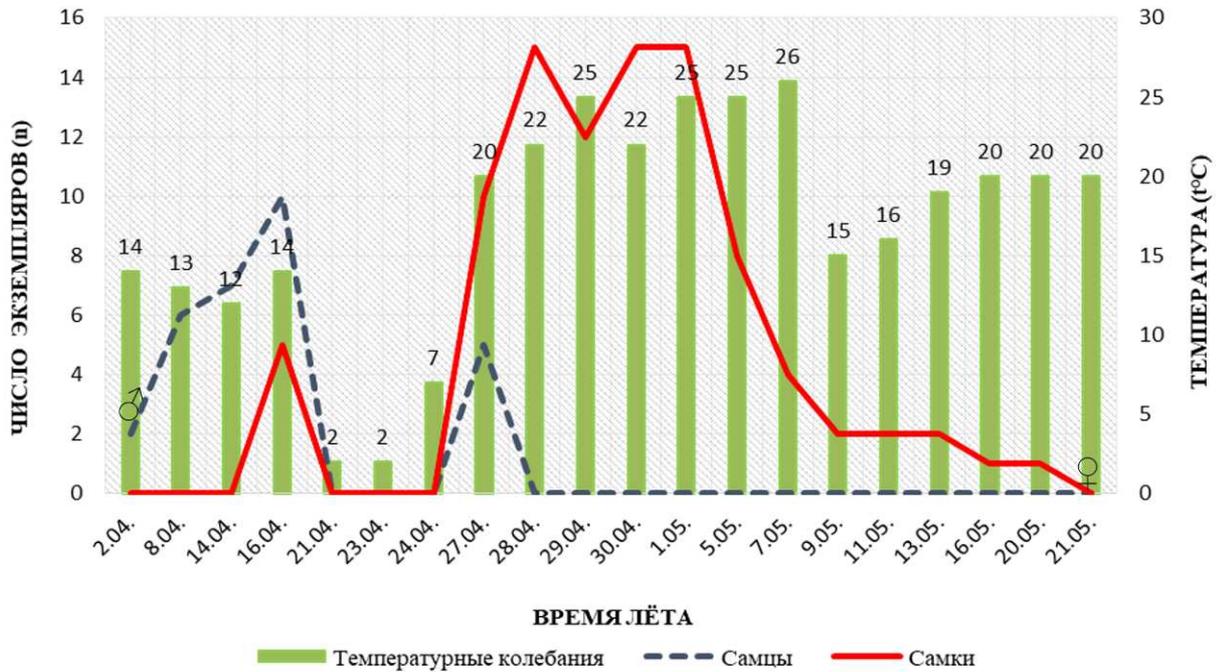


Рис. 1. Сезонная динамика численности *O. cornuta* в Центральном Донбассе (2017 г.)

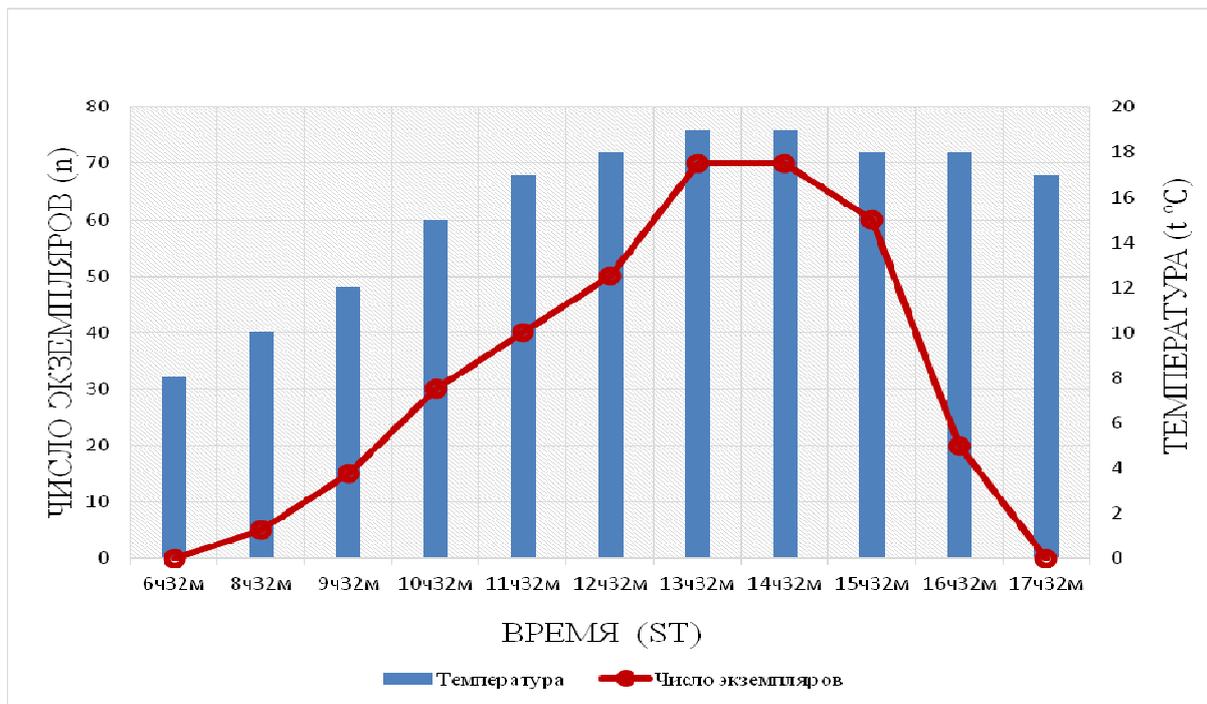


Рис. 2. Суточная активность самцов *O. cornuta* в г. Донецке (28.03.2020)

Из рис. 2 видно, что активность представляет одновершинную кривую, ход которой лимитируется длиной светового дня и температурой воздуха, при этом первый фактор является главенствующим (при заходе солнца активность самцов прекращается, несмотря на высокую температуру воздуха).

В тоже время в утренние часы (с восходом солнца) лёт самцов увеличивается постепенно с ростом температуры воздуха. Например, при +10°C, как видно из рис. 2, лёт очень слабый (3–4 экз.), большинство особей при такой температуре не активны (сидят на трубках).

Пик активности отмечен в полуденные часы, когда температура воздуха достигает максимальных значений в течение суток. Следует отметить, что максимальную активность самцов отмечали при 16–24°C. При ухудшении погодных условий в течение дневной части

суток (дождь) активность полностью прекращается и восстанавливается вновь только после прекращения дождя. Таким образом, освещенность, температура и влажность воздуха являются важнейшими, тесно связанными между собой экологическими факторами, лимитирующими физическую активность самцов *O. cornuta*. Кроме этих факторов большое значение имеет наличие или отсутствие ветра. Ветреная погода снижает лётную активность самцов.

Суточная активность самок

Суточная активность самок во время строительства гнезд показана на рис. 3. Динамика суточной активности самок, также как и у самцов, представлена одновершинной кривой (при благоприятных погодных условиях) с плавным восхождением в первой половине дня и максимумом в полуденные часы. Однако в отличие от самцов, самки менее метеозависимы. В частности, во второй половине дня, как видно из рис. 3, резкое снижение температуры воздуха до $+15^{\circ}\text{C}$ (вследствие облачности) не привело к синхронному снижению численности активных самок, так как самки в это время уже активно строили гнезда. Следует отметить, что фуражировочную активность самок наблюдали также в пасмурную погоду, при слабом дожде. Общая продолжительность лёта самок в течение суток определяется длиной светового дня и составляет в период гнездостроительной активности (вторая половина апреля) не менее 12,5 часов (52,8% суточного времени). Следует отметить, что длина светового дня во время лёта имаго *O. cornuta*, с каждым днем возрастает. При этом после захода солнца отдельные самки могут еще непродолжительное время фуражировать свои гнезда и работать внутри своих гнезд (уплотняя пыльцевые хлебцы в недостроенных ячейках).

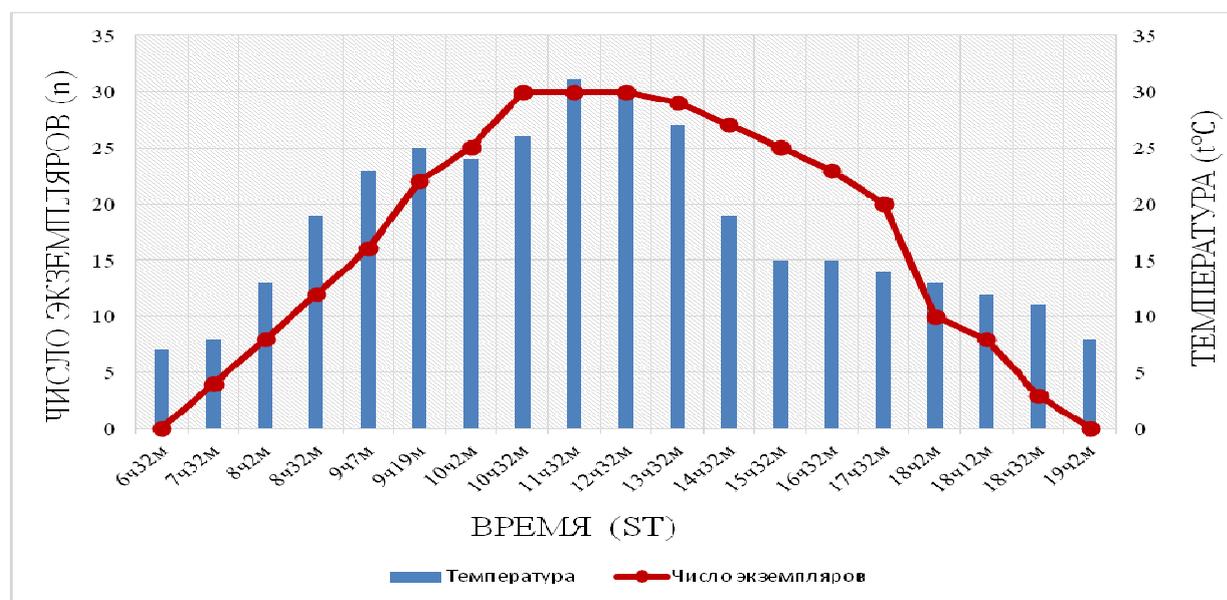


Рис. 3. Суточная активность самок *O. cornuta* в г. Харцызске (18.04.2020)

В целом высокую лётную активность самок отмечали в интервале температуры воздуха $18\text{--}28^{\circ}\text{C}$, при этом при температуре воздуха ниже $10\text{--}11^{\circ}\text{C}$ лёт сильно ослабевает.

Брачное поведение

Брачное поведение у *O. cornuta* включает несколько этапов: выход из гнезд самцов и установление иерархии за право спариться с самкой, псевдоспаривание самцов, выход самок и спаривание их с самцами, разлёт самцов в поисках неплодотворенных самок.

Самцы выходят из коконов раньше, чем самки, и после освобождения кишечника, питания цветочным нектаром, активно летают возле гнезд в ожидании выхода самок (рис. 4, Б). Во время брачного лёта между самцами часто отмечали стычки за место возле гнезда, при этом опушение среднеспинки и верхней части брюшка самцов через несколько дней становится очень редким или вовсе отсутствует из-за царапаний друг друга коготками лапок

во время стычек. В процессе борьбы между самцами устанавливается иерархия, в результате которой наиболее сильный или несколько сильных самцов контролируют вход в гнездо, из которого должны выходить самки. В этом отношении брачное поведение самцов *O. cornuta* сходно с описанным поведением *Lithurgus cornutus* (Fabricius, 1787) [2]. В тоже время отмечены также многочисленные случаи псевдоспариваний самцов друг с другом, которые являются, по-видимому, следствием иерархической стратегии. После выхода самок происходит спаривание, обычно возле гнезд, при этом перед спариванием всегда формируется предкопуляционный клубок из нескольких самцов (до 6 экз.) и одной самки (рис. 4, А).

Время спаривания для 8 отмеченных случаев длится всего 4–8 секунд и отмечено в пасмурную или солнечную погоду при температуре воздуха +14–24°C (наиболее часто при +18°C). Характерной особенностью брачного поведения *O. cornuta* является относительно длительное удерживание самцом самки («катание»). При этом самец прочно прикрепляется передними и средними ногами сверху к телу самки и находится на ней, оставаясь длительное время в недействительном состоянии. Самка пешком движется по направлению от гнезда, на расстояние 2–3 м, и может подниматься на стволы деревьев и стены зданий. Иногда отмечали несколько конкурентных самцов (до 4 экз.) сидящих на одной самке сверху, в виде стопки, друг на друге (рис. 4, Г). Такое «катание» может длиться относительно долго (от 20 минут до 1,5 часа) и всегда заканчивается спариванием сидящего сверху самца с катающей его самкой. При этом, в некоторых случаях отмечали спаривание сначала второго конкурентного самца с самкой, а затем первого (сидящего сверху на ней) (рис. 4, В). Таким образом, нами установлено, что самка обычно спаривается с несколькими самцами. Брачный лёт самцов по среднесезонным данным проходит 4–5 дней, в первой половине апреля. Во время ухудшения погодных условий брачный лёт прерывается на время ненастья и возобновляется при улучшении погоды. При этом общий период брачного лёта может увеличиваться до 10 дней. После спаривания самки приступают к питанию цветочным нектаром и поиску мест гнездования. Самцы, по-видимому, разлетаются в поисках неоплодотворенных самок. Спаривание отмечали также на цветках кормовых растений (см. рис. 4, А). В условиях концентрации гнезд (в ульях Фабра), часто происходит близкородственное скрещивание, что в целом негативно влияет на состояние популяции пчел. Поэтому при искусственном разведении *O. cornuta* необходимо пресекать инбридинг, проводя замену самцов перед их вылетом.

Выводы

В результате исследований установлено и подтверждено, что вид *O. cornuta* является моновольтинным весенним видом. Развитие преимагинальных фаз (яйцо–куколка) *O. cornuta* длится в Донбассе не менее 115 дней (около 4 месяцев) с конца апреля до конца первой декады августа.

Сезонная активность имаго на исследуемой территории длится с конца марта до середины мая. При этом лёт самцов начинается в конце марта, на 6–9 дней раньше самок и длится 24 дня (с конца марта до середины апреля).

Период лёта самок составляет в среднем 33–35 дней (апрель и первая декада мая). Максимальный лёт имаго самцов отмечен в первой половине апреля, самок – во второй половине апреля и приурочен к цветению плодовых деревьев.

Суточная активность самцов и самок лимитируется длиной светового дня, температурой и влажностью воздуха. Общая продолжительность лёта самок в течение суток составляет в период гнездостроительной активности (вторая половина апреля) не менее 12,5 часов (52,8% суточного времени).

Наиболее оптимальной температурой воздуха, определяющей высокую лётную активность самок, является температура 18–28°C, при температуре воздуха ниже 10–11°C лёт самок и самцов сильно ослабевает.

Брачный лёт самцов проходит 4–5 дней, в первой половине апреля. Самки спариваются несколько раз с разными самцами. Спаривание происходит как возле гнезд (мест выплода), так и на кормовых растениях.

При искусственном разведении *O. cornuta* во избежание близкородственного скрещивания в пределах одной субпопуляции, необходимо проводить обмен коконов или гнезд между малородственными субпопуляциями.



Рис. 4. Брачное поведение *O. cornuta*: А – предкопуляционный клубок на соцветии *Muscari neglectum* Guss. (фото И. Н. Оголя); Б – самцы в ожидании выхода самки из гнезда; В – копуляция самки с конкурентным самцом; Г – ползущая вверх по отвесной стене здания самка с тремя конкурентными самцами

Благодарности

Авторы выражают глубокую благодарность доктору биол. наук, проф. С. П. Иванову (Таврическая академия ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», г. Симферополь) и канд. биол. наук Т. В. Левченко (Государственный Дарвиновский музей, г. Москва) за переданные литературные источники, а также аспиранту кафедры зоологии и экологии Донецкого национального университета И. Н. Оголю за предоставленные фотографии пчел.

Список литературы

1. Амолин А. В. К изучению пчел-опылителей плодово-ягодных культур на приусадебных участках г. Донецка // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2016. № 3–4. С. 66–77.
2. Амолин А. В. К изучению экологии и брачного поведения четырех гнездостроящих видов пчел (Hymenoptera : Apoidea : Ariformes) в Донбассе // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018. № 1–2. С. 51–62.
3. Амолин А. В. Пчелы-опылители (Hymenoptera : Apoidea) энтомофильных сельскохозяйственных культур Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018. № 3–4. С. 78–89.
4. Амолин А. В., Кузичева Н. Н., Соболева А. А. Пчелы (Hymenoptera : Apoidea : Ariformes) приусадебных участков Центрального Донбасса (на примере г. Донецка, г. Харцызска, г. Горловки) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2019. № 1–2. С. 44–52.
5. Гауль А. М. А. Экология гнездования дикой пчелы *Osmia cornuta* (Hymenoptera, Apoidea, Megachilidae) : Автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.08. Ялта, 2019. 27 с.
6. Зинченко Б. С., Гукало В. Н. О domestикации диких одиночных пчел – опылителей плодово-ягодных и тепличных культур // VI съезд Укр. общ-ва генетиков и селекционеров им. В. И. Вавилова (Полтава, 1992 г.) : тез. докл. К. : НАНУ, 1992. Ч. 1. С. 168–169.
7. Иванов С. П. Влияние условий отрождения пчел *Osmia cornuta* (Latreille, 1805) (Hymenoptera : Megachilidae) на заселение ульев Фабра // Изв. Харьков. энтомол. общ-ва. 2005 (2006). Т. XIII, вып. 1–2. С. 93–96.
8. Иванов С. П. Структура трофических связей диких пчел *Osmia cornuta* и *Osmia rufa* (Hymenoptera : Apoidea : Megachilidae) в Крыму // Экосистемы Крыма, их оптимизация и охрана : сб. науч. тр. Симферополь : ТНУ, 2006. Вып. 16. С. 136–146.
9. Иванов С. П., Мензатова Э. А. Методика изучения структуры трофических связей диких пчел-мегахилид (Hymenoptera, Megachilidae) по результатам анализа состава пыльцы из ячеек гнезд и скопы самок // Экосистемы. 2016. Вып. 5. С. 66–86.
10. Иванов С. П., Жидков В. Ю., Гауль А. М. А. Влияние конструктивных особенностей ульев Фабра на их привлекательность для пчел-осмий *Osmia bicornis* (L.) и *O. cornuta* (Latr.) (Apoidea, Megachilidae). Сообщение I. Устройство лицевой стороны улья // Экосистемы. 2018. Вып. 13. С. 68–79.
11. Иванов С. П., Жидков В. Ю., Гауль А. М. А. Влияние конструктивных особенностей ульев Фабра на их привлекательность для пчел-осмий *Osmia bicornis* (L.) и *O. cornuta* (Latr.) (Apoidea, Megachilidae). Сообщение II. Ориентация в пространстве и затенение гнездовых полостей // Экосистемы. 2018. Вып. 16. С. 99–109.
12. Иванов С. П., Гауль А. М. А. Особенности экологии пчелы *Osmia cornuta* (Apoidea, Megachilidae) в Крыму. Сообщение I. Распространение, численность, биотопическое распределение // Экосистемы. 2019. Вып. 17. С. 55–61.
13. Олифер В. Н. Разведение и содержание диких пчел. Донецк : АСТ-СТАЛКЕР, 2005. 138 с.
14. Banaszak J., Romasenko L. Megachilid bees of Europe. Bydgoszcz, 2001. 240 p.

15. Bosch J., Kemp W. P. Effect of pre-wintering and wintering temperature regimes on weight loss, survival, and emergence time in the mason bee *Osmia cornuta* (Hymenoptera : Megachilidae) // Apidologie. 2004. Vol. 35. P. 469–479.
16. Fateryga A. V., Ivanov S. P., Filatov M. A. Megachilid-bees (Hymenoptera : Megachilidae) of the Crimean Peninsula // Entomofauna. 2018. 31/1. H. 11. S. 235–283.
17. Maccagnani B., Ladurner E., Santi F., Burgio G. *Osmia cornuta* (Hymenoptera : Megachilidae) as a pollinator of pear (*Pyrus communis*) : fruit- and seed-set // Apidologie. 2003. Vol. 34. P. 207–216.
18. Monzón V. H., Bosch J., Retana J. Foraging behavior and pollinating effectiveness of *Osmia cornuta* (Hymenoptera : Megachilidae) and *Apis mellifera* (Hymenoptera : Apidae) on «Comice» pear // Apidologie. 2004. Vol. 35. P. 535–585.
19. Peters D. S. Systematik und Zoogeographie der west-paläarktischen Arten von *Osmia* Panzer, 1806 s. str., *Monosmia* Tkalcu, 1974 und *Orientosmia* n. subgen. (Insecta : Hymenoptera : Megachilidae) // Senckenbergiana Biol. 1978. 58 (5/6). S. 287–346.
20. Pinzauti M., Lazzarini D., Felicioli A. Preliminary investigation of *Osmia cornuta* Latr. (Hymenoptera : Megachilidae) as a potencial pollinator for blackberry (*Rubus fruticosus* L.) under confined environment // Acta Horticult. (Wageningen). 1997. N 437. P. 329–333.
21. Proshchalykin M. Yu., Fateryga A. V. Family Megachilidae / Annotated Catalogue of the Hymenoptera of Russia. Vol. I. Symphita and Apocrita : Aculeata / Edit. by S. A. Belokobylskij, A. S. Lelej. Saint-Peterburg, 2017. Suppl. № 6. 299 p.
21. Tasei J.-N. Le comportement de nidification chez *Osmia* (*Osmia*) *cornuta* Latr. et *Osmia* (*Osmia*) *rufa* L. (Hymenoptera : Megachilidae) // Apidologie. 1973. Vol. 4, № 3. P. 195–225.
22. Tasei J.-N. Observations sur le development d'*Osmia cornuta* Latr. et *Osmia rufa* L. (Hymenoptera : Megachilidae) // Apidologie. 1973. Vol. 4, № 4. P. 295–315.
23. Torchio P. F., Asensio E. The introduction of the European bee, *Osmia cornuta* Latr., into the U.S. as a potential pollinator of orchard crops, and a comparison of its manageability with *Osmia lignaria propinqua* Cresson (Hymenoptera, Megachilidae) // Journal Kansas Entomol. Soc. 1985. Vol. 58, № 1. P. 42–52.

Amolin A. V., Kuzicheva N. N. On the study of ecology and mating behavior of the bee *Osmia cornuta* (Latreille, 1805) (Hymenoptera: Megachilidae) in the Donbass. – The article provides new information about the mating behavior, seasonal and daily activity of the *Osmia cornuta* bee in the Donbas. It has been established and confirmed that *O. cornuta* is a spring monovoltine species that overwinters in the imago phase in cocoons made by adult larvae. The summer period of males and females in total is at least 40–45 days, while the years of females are longer and average 33–35 days (April and the first decade of may), and males – 24 days (from late March to mid-April). The maximum age of imago in the Donbas was recorded in April. Males always fly out earlier than females, usually by 6–9 days. The most important abiotic factors limiting the seasonal and daily activity of *O. cornuta* adults are illumination, temperature and humidity. The mating season of males takes 4–5 days, in the first half of April. Females mate several times with different males. Mating occurs both near nests (breeding sites) and on forage plants.

Key words: *O. cornuta* bee, daily and seasonal activity, mating behavior.

УДК 595.771

© М. В. Рева¹, Р. Д. Семушин²

МОШКИ РОДА *CNEPHIA* ENDERLEIN, 1921 ДОНБАССА

¹ ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: mvreva@mail.ru

² ГОУ ВПО «Донбасская аграрная академия»

286157, г. Макеевка, ул. Островского, 16

Рева М. В., Семушин Р. Д. Мошки рода *Cnephia* Enderlein, 1921 Донбасса. – Приведены сведения о видовом составе и биологии мошек рода *Cnephia* Enderlein, 1921 Донбасса.

Ключевые слова: мошки, фауна, биология.

Введение

Мошки (Diptera, Simuliidae) – важнейший компонент гнуса. Самки большинства видов являются кровососами и имеют важное практическое значение [1, 2]. Некровососущие же виды симулиид играют большую роль в природных сообществах как компонент наземных и водных экосистем, входят в состав пищевых цепей и принимают активное участие в процессах биологического самоочищения водоемов.

Цель работы – изучение мошек рода *Cnephia* Enderlein, 1921 Донбасса.

В задачи исследования входило установление видового состава мошек рода *Cnephia* Enderlein, 1921 Донбасса и изучение их биологии.

Материал и методы исследования

Материалом для работы послужили собственные сборы и наблюдения за мошками Донбасса в период с 1996 г. по настоящее время, а также коллекционный материал кафедры зоологии и экологии Донецкого национального университета. В работе использованы общепринятые методики [3, 4]. Рисунки видов выполнены в лаборатории кафедры зоологии и экологии Донецкого национального университета.

Результаты и обсуждение

Ниже приводим описание рода *Cnephia* Enderlein, 1921, определительные таблицы и описания его отдельных видов.

Род *Cnephia* Enderlein, 1921

Enderlein, 1930: 88 (*Astega*); Edwards, 1931. Dipt. Patagon. A. South Chile: 121; Рубцов, 1940: 316 [*Simulium* (*Astega*)]; Smart, 1945: 483; Рубцов, 1947: 58–59 (*Eusimulium*); Рубцов, 1951: 744 [*Eusimulium* (*Astega*)]; Рубцов, 1956: 277–279; Усова, 1961: 67; Янковский, 2002: 190.

Тип рода: *Simulium pallipes* Fries.

Имаго: костальная жилка крыльев несет на себе волоски и шипики; р2 – не разветвлена, покрыта волосками. Окраска тела коричневатая, серебристые пятна на спинке и брюшке отсутствуют.

Самка: коготки с крупным шипом у основания. Вилочка с длинным стержнем и широкими короткими лопастями.

Самец: половые придатки – с крупными гонокситами и маленькими коническими гоностилиями. Гоностерн пластинчатый, его крючья толстые и короткие. Парамеры с многими разновеликими шипами.

Личинка: антенна 4-хчлениковая; 1-й членик в 3–4 раза короче 2-го. Внутренние зубцы мандибулы крупные; из них передние равны длине заднего предвершинного зубца.

Покровные щетинки мандибул длинные. Субментум сильно сужен на переднем крае и расширен у основания, с очень мелкими зубцами. Ректальные придатки простые.

Куколка: количество дыхательных нитей изменчиво в пределах рода (от 10 до 150). Задний конец брюшка имеет 2 крупных роговидных выроста. Кокон сапожковидный, с воротничком или мешкообразный.

Преимагинальные фазы развиваются в реках и ручьях с устойчивым температурным режимом (нередко холодных).

Распространение: Голарктика.

Определительные таблицы видов рода *Cnephia* Enderlein, 1921

Самки

1 (2). Глоточный склерит прямоугольный, с тонкими выростами на переднем крае. Вилочка с длинным стебельком (в 2,5 раза превышает высоту ветвей) и широкими, но короткими ветвями, широко расставленными между собою (120°), на нижнем крае которых имеется отросток. Анальные пластинки с двумя длинными отростками и опушены в передней части очень мелкими волосками, в задней – редкими и длинными *C. pallipes* (Fries, 1824) (рис. 1).

2(1). Глоточный склерит квадратной формы с толстыми боковыми выростами. Вилочка с более тонким и коротким стебельком (чуть больше высоты ветвей) и широкими длинными ветвями, расходящимися почти под прямым углом, на верхнем крае ветвей имеется отросток. Анальные пластинки в передней части голые *C. andrei* Usova et Reva, 2008 (рис. 2).

Самцы

1 (2). Лицевой киль широкий, высоко-колбовидный, по всей поверхности опушен редкими длинными волосками. Гоностерн с валикообразным опушением. Гонофурка с двумя крупными и одним мелким шипами по бокам задней части гонофурки *C. pallipes* (Fries, 1824) (рис. 1).

2 (1). Лицевой киль низко-колбовидный, голый в срединной части. Гоностерн с пирамидальным опушением. Гонофурка с тремя крупными шипами по бокам задней части *C. andrei* Usova et Reva, 2008 (рис. 2).

Личинки

1 (2). Голова светлая, с отчетливым крестообразным рисунком. Лобный склерит более или менее прямоугольный. Вершинный зубец мандибулы короткий, почти на одном уровне с передним предвершинным зубцом *C. pallipes* (Fries, 1824) (рис. 1).

2 (1). Голова темнее – коричневато-желтая, крестообразный рисунок окружен темноватым облачком. Лобный склерит слегка расширен у основания. Вершинный зубец мандибулы длиннее переднего предвершинного зубца *C. andrei* Usova et Reva, 2008 (рис. 2).

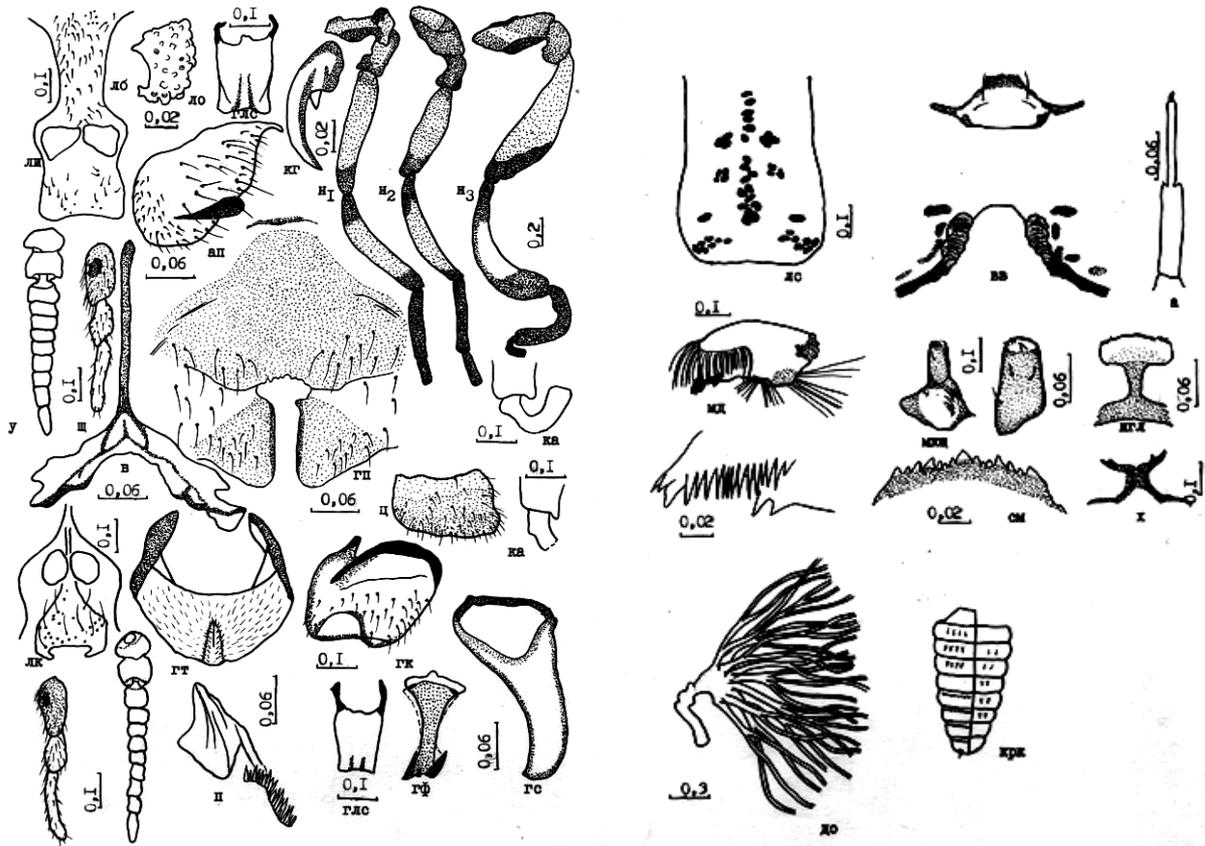
Куколки

1 (2). Дыхательных нитей – 30; они расположены на относительно коротких стебельках и сближены друг с другом. На дорзальной стороне брюшка полные ряды треугольных шипиков, расположенных на VI–IX-м сегментах *C. pallipes* (Fries, 1824) (рис. 1).

2 (1). Дыхательных нитей более 34–36; они расположены на очень длинных разновеликих стебельках и рыхло расположены между собою. Полные ряды шипиков расположены дорзально на V–VIII-м сегментах *C. andrei* Usova et Reva, 2008 (рис. 2).

Cnephia pallipes (Fries, 1824) (рис. 1)

Fries, 1824; Enderlein, 1921, Sitzungsber. Ges. Naturf. Freunde Berlin: 213 (*Astega*); Enderlein, 1930: 88 (*Astega*); Рубцов, 1940: 316–317 [*Simulium* (*Astega*)], Рубцов, 1949: 511–513 (*Eusimulium*); Рубцов, 1950: 16–22 (*Eusimulium*); Рубцов, 1954: 59; Рубцов, 1956: 285–289; Усова, 1961: 68–72; Янковский, 2002: 190, 195 (*Cnephia pallipes* (Fries, 1824)).

Рис. 1. *Cnephia pallipes* (Fries, 1824)

Условные обозначения: а – антенна личинки; ап – анальные пластинки; бс – базистернум самки; в – вилочка самки; вв – вентральный вырез личинки; глс – глоточный склерит; гк – гонококсит; го – голень; гп – генитальные пластинки самки; гс – гоностиль; гт – гоностерн; гф – гонофурка; до – дыхательный орган; зм – зубцы мандибулы; ка – кальципала; кг – коготок; крк – крючки на брюшке куколки; лб – лоб самки; ло – лаутерборнов орган; лс – лобный склерит личинки; мд – мандибула; мк – максилла; мкщ – максиллярный щупик; н – нога; нгл – надглоточник; п – парамеры; см – субментум; у – усик; ц – церки; щ – щупики

Самка. Длина тела – 3,5–4 мм.

Голова. Лоб высокий (0,20 мм), в 3 раза превосходит наименьшую ширину, немного расширяется к вершине, неравномерно опушен короткими волосками. Лицо округло-квадратное, опушено редкими волосками. Усики и щупики ржаво-коричневые. Длина усиков – 0,48 мм; 3-й членик примерно равен 4-му. Щупик с коротким (0,20–0,22 мм) 4-м члеником, который меньше длины 2-го и 3-го члеников вместе взятых (0,24 мм). Лаутерборнов орган небольшой (длина – 0,05 мм, ширина – 0,02 мм), занимает приблизительно $\frac{1}{4}$ объема членика. Мандибула расширена на дистальном конце и, как и максилла, имеет по бокам слабые щетинки. Глоточный склерит длинный, прямоугольный (длина – 0,22 мм, в 2 раза больше ширины), с небольшими тонкими выростами по бокам переднего края.

Грудь. Спинка серо-коричневая с короткими волосками.

Ноги желтоватые; 4-й и 5-й членики лапок коричневые. 1-й членик задней лапки параллельнокрайний, по своей длине в 6 раз превосходит ширину. Кальципала маленькая (длина – 0,015 мм; ширина – 0,02 мм), занимает чуть меньше $\frac{1}{5}$ ширины членика на дистальном конце. Педисулькус с неглубокой выемкой, которая занимает $\frac{1}{3}$ ширины членика. Коготок небольшой, с зубцом у основания.

Брюшко. Вилочка с длинным (0,22 мм) стебельком; ветви широкие, но короткие, с крупными утолщениями на нижнем крае, расходятся под углом 100–120°. Базистернум однородно окрашен. Генитальные пластинки прямоугольные, языковидно вытянутые,

опушены короткими волосками по заднему краю. Анальные пластинки полукруглые (длина – 0,11 мм, ширина – 0,23 мм), опушены разновеликими волосками, внутренний задний край анальной пластинки вытянут.

Самец. Длина тела – 2,8–3,5 мм.

Голова. Лицевой киль широкий колбовидный, равномерно опушен редкими длинными волосками. Усики и щупики темные, усик (0,55 мм) длиннее щупика. 3-й членик усиков в 1,5 раза длиннее 4-го. 4-й членик щупика короткий (0,17 мм), меньше двух предыдущих вместе взятых.

Грудь. Спинка с коричнево-серым умеренно густым опушением.

Ноги светло-ржаво-коричневые, с темно-коричневыми длинными волосками. Кальципала маленькая (0,01 мм), занимает приблизительно 1/5 ширины членика на дистальном конце. Педисулькус с неглубокой выемкой, занимающей 1/5 ширины членика.

Брюшко. Гоностерн пластинчатый, овально-прямоугольный (длина – 0,09 мм, примерно в 2 раза меньше ширины), с валикообразным опушением и длинными (0,09 мм) широкими крючьями. Гонокситы трапециевидной формы, немного сужены у основания (длина – 0,17 мм, ширина у вершины – 0,17 мм, у основания – 0,10 мм), латеральный вырост короткий. Гоностили длинные (длина – 0,26 мм, ширина – 0,16 мм), конусовидные, на конце с небольшим шипиком. Гонофурка крупная (длина – 0,12 мм, ширина – 0,04 мм), более или менее прямоугольная с двумя крупными и одним мелким шипом, расширена на дистальном конце. Парамеры состоят из множества мелких разновеликих шипов и крупного, почти квадратной формы (длина и ширина – 0,10 мм), гоноплеврита.

Личинка. Длина тела – 6–7 мм. Окраска тела серовато-желтая.

Голова светлая. Рисунок на лбу головной капсулы позитивный, крестообразный. Антенна короткая, ее длина – 0,18–0,20 мм. В большом веере 50–54 луча. Мандибула (длина – 0,25 мм, ширина – 0,12 мм) с коротким вершинным зубцом, средний предвершинный зубец короче переднего и заднего. Внутренних зубцов 10–11. Передний краевой зубец крупнее заднего. Максилла с небольшим толстым щупиком (длина – 0,08 мм, ширина – 0,03 мм). Субментум округлый (длина – 0,12 мм, ширина – 0,06 мм), несет по бокам по 3–4 щетинки. Срединный зубец чуть выше уровня боковых; из промежуточных зубцов внутренний короче остальных. Вентральный вырез головной капсулы округло-прямоугольный, достигает почти половины длины щечных склеритов.

Брюшко. Хитиновая рама маленькая. Ее нижние ветви достигают 13-го ряда крючьев заднего прикрепительного органа, который состоит из 60–64 рядов крючьев по 10–12 крючьев в ряду.

Куколка. Длина тела – 4–5 мм. Кокон не покрывает куколку целиком, передний край кокона неровный, плетение неплотное рыхлое. Дыхательных нитей – 30, расположены приблизительно на одинаковой длины стебельках. На VI–VIII-х тергитах брюшка находятся полные ряды мелких шипиков, на IX-м – неполный ряд мелких шипов. Каудальные шипы хорошо развиты.

Систематические замечания. При сравнении наших форм с описаниями И. А. Рубцова [3] и А. В. Янковского [4] обнаружили, что имеются незначительные отличия в строении личинок, в частности, в количестве рядов крючьев в заднем прикрепительном органе и количестве крючьев в каждом ряду.

Б и о л о г и я. Обитает в чистых реках и ручьях с прозрачной водой, вытекающих из прудов, а также из заросших тростником заболоченностей. В реках Деркул, Камышная и Красная встречались лишь единичные личинки и куколки, а в р. Нитриус и в ручьях – до 80 шт./дм². Личинки и куколки концентрируются на перекатах и участках с быстрым каскадным течением. Предпочитают водотоки с илесто-песчаным или каменистым дном, избегают сильного заиления (рис. 2). Мы находили личинок и куколок исключительно на верхней поверхности листьев осок, тростника и на ветвях ивы. Личинки заселяют равномерно всю поверхность листа, а куколки – пазухи листьев и их вершины, располагаясь группами, нередко в 2–3 яруса. Предпочтительно заселяют затененные участки русла.



Рис. 2. Места выплода мошек рода *Cnephia*: р. Деркул

Зимуют яйца. Отрождение личинок происходит в мае при температуре 6–9°C. Развитие личинок продолжается 2–3 недели при температуре воды 7–11°C, куколок – 3–4 суток при температуре 11–14°C. Последние куколки и пустые домики встречались в мае при температуре воды около 15°C. В ручьях, вытекающих из прудов и заболоченностей, температура воды повышается быстрее, чем в реках и поэтому развитие водных фаз заканчивается в них на неделю раньше. Так, 14 мая 2013 г. в р. Нитриус при температуре воды 6–8°C встречались лишь личинки младших возрастов. В это же время в ручьях, вытекающих из прудов, при температуре воды 12–14°C заканчивается вылет имаго. Лишь через неделю (23 мая 2013 г.) произошел вылет в р. Нитриус при температуре воды 13–14°C. Сроки вылета зависят от погодных условий. В годы с ранней и теплой весной вылет *C. pallipes* происходит в начале мая, в годы с затяжной и холодной весной – в последней декаде мая.

В году развивается одно поколение. Самцы вылетают на 1–2 суток раньше, чем самки. Самки отрождаются с развитыми половыми продуктами. Сформировавшиеся яйца просматриваются через покровы куколок. Взрослые мошки разлетаются по пойме, укрываясь в травянистой растительности пониженных участков рельефа. Самки и самцы приступали к спариванию через 20–30 минут после вылета. Спаривание происходило попарно или по несколько особей в группе, причем активность к спариванию проявляли только самцы. Спаривание продолжалось от 5–6 до 20 минут. В первые сутки после вылета самки спаривались беспрепятственно. На вторые сутки они избегали самцов. Самки повторно не спаривались. Через 18–30 часов после вылета самки приступали к откладке яиц.

Места обнаружения: водотоки Донецкого Плато и левые притоки р. Северский Донец.

Общее распространение. Европейская часть СНГ, Фенноскандия.

Cnephia andrei Usova et Reva, 2008 (рис. 2)

Самка. Длина тела – 3,5–3,8 мм.

Голова. Лоб невысокий (0,17 мм), немного расширяется к вершине (минимальная ширина – 0,12 мм, максимальная ширина – 0,17 мм), неравномерно опушен короткими волосками. Лицо прямоугольное, с легкой вогнутостью по бокам (длина – 0,20 мм, равна ширине), сплошь опушено редкими волосками. Усики и щупики коричневые.

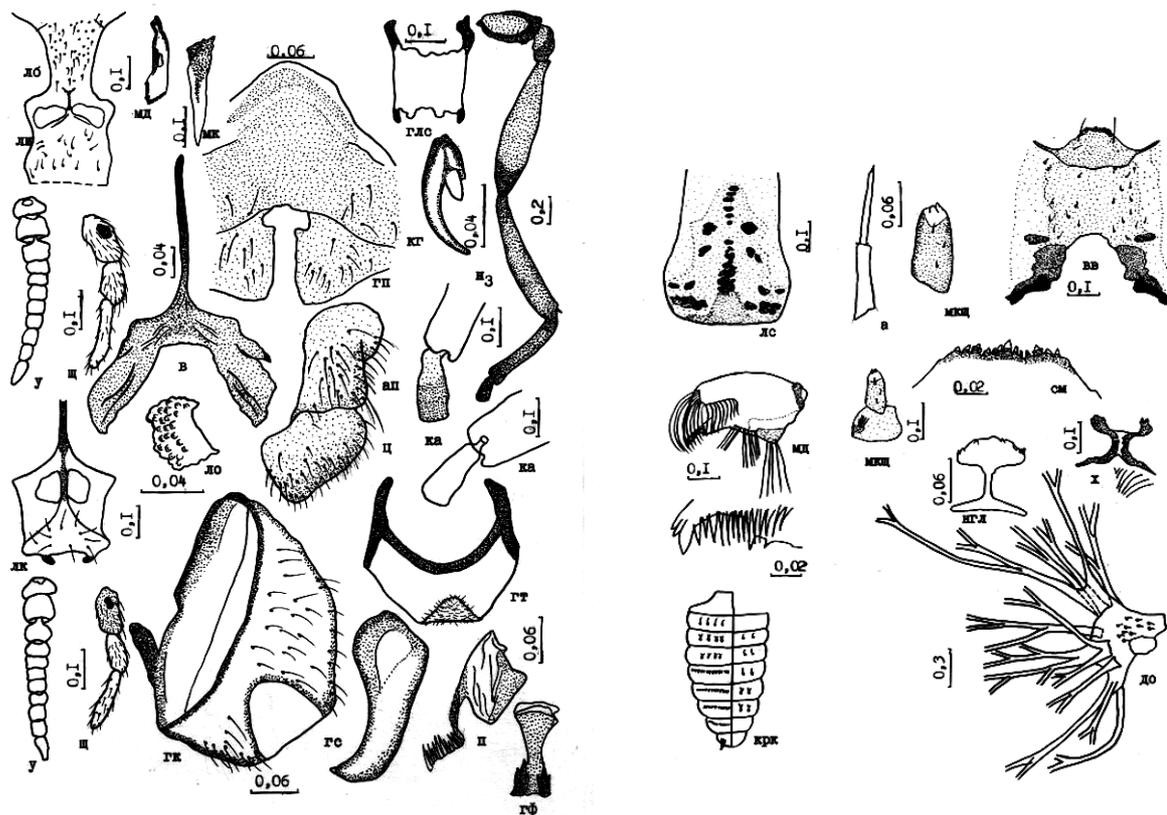


Рис. 2. *Snephia andrei* Usova et Reva, 2008 (условные обозначения – см. рис. 1)

Длина усиков – 0,35 мм, 3-й членик примерно в 1,5 раза превышает по длине 4-й. Щупик с коротким (0,13 мм) 4-м члеником, который меньше длины 2-го и 3-го члеников вместе взятых (0,20 мм). Лаутерборнов орган небольшой (длина – 0,04 мм, ширина – 0,03 мм), занимает приблизительно $\frac{1}{4}$ объема членика. Мандибула расширена на дистальном конце, неравномерно скошена, зубцы мандибулы не развиты. Максилла клиновидная, зубцы не развиты. Глоточный склерит почти квадратный, с толстыми (0,05 мм) выростами по бокам и неровным передним и задним краем.

Грудь. Спинка серо-коричневая с короткими волосками.

Ноги желтоватые; 4-й и 5-й членики лапок коричневые. 1-й членик задней лапки параллельнокрайний, по своей длине в 6 раз превосходит ширину. Кальципала короткая (длина – 0,01 мм, ширина – 0,02 мм), занимает чуть меньше $\frac{1}{4}$ ширины членика на дистальном конце. Педисулькус не развит, почти без выемки. Коготок с зубцом у основания.

Брюшко. Вилочка с тонким коротким (0,16 мм) стебельком; ветви широкие, длинные, почти П-образные, с крупными утолщениями на верхнем крае, высота ветвей почти равна высоте вилочки, расходятся под углом 75° . Базистернум выпуклый по переднему краю, однородно окрашен. Генитальные пластинки почти прямоугольные, равномерно опушены волосками по заднему краю. Анальные пластинки прямоугольные, с вогнутостью у основания, их длина – 0,08 мм, ширина – 0,06 мм, опушены длинными волосками. Церки прямоугольной формы, длина примерно вдвое меньше ширины, голые в передней части, опушены длинными волосками по заднему краю.

Самец. Длина тела – 2,8–3,5 мм.

Голова. Лицевой киль треугольно-низкоколбовидный, опушен неравномерно длинными волосками, в центре – неопушенное пятно. Усики и щупики темные, усик (0,35 мм) длиннее щупика. 3-й членик усиков чуть короче 2-го. 4-й членик щупика короткий (0,12 мм), меньше двух предыдущих вместе взятых (0,19 мм).

Грудь. Спинка коричнево-серая, с умеренным густым опушением.

Ноги светлоржаво-коричневые, с темно-коричневыми длинными волосками. Кальципала маленькая (0,01 мм), занимает приблизительно 1/5 ширины членика на дистальном конце. Педисулькус отсутствует.

Брюшко. Гоностерн пластинчатый, овально-прямоугольный (длина – 0,12 мм, примерно в 2 раза меньше ширины), с пирамидальным опушением и длинными (0,06 мм) крючьями, которые интенсивно окрашены по переднему краю. Гонококситы трапециевидной формы (длина – 0,24 мм, ширина у вершины – 0,30 мм, у основания – 0,12 мм), сужены к основанию, латеральный вырост относительно короткий (0,06 мм). Гоностили удлиненные, с выемкой по внутреннему краю, на конце с небольшим шипиком. Гонофурка крупная (длина – 0,12 мм, ширина – 0,04 мм), суженная посередине, с тремя крупными шипами. Парамеры состоят из множества мелких шипиков и квадратной формы гоноплеврита.

Личинка. Длина тела – 6–7 мм. Окраска тела серовато-желтая.

Голова коричневато-желтая. Рисунок на лбу головной капсулы позитивный, крестообразный, отчетливый, как бы окружен темноватым «облачком». Антенна короткая (длина – 0,18 мм). В большом веере 50–54 луча. Мандибула (длина – 0,25 мм, ширина – 0,12 мм) с длинным, широким вершинным зубцом. Средний предвершинный зубец короче переднего и заднего. Внутренних зубцов – 11. Передний краевой зубец немного крупнее заднего. Максилла с небольшим толстым щупиком (длина – 0,08 мм, ширина – 0,05 мм). Субментум округлый (длина – 0,10 мм, ширина – 0,04 мм), несет по бокам по 3–4 щетинки. Срединный зубец выше уровня боковых. Из промежуточных зубцов внутренний крупнее остальных. Вентральный вырез головной капсулы округлый, менее половины длины щечных склеритов.

Брюшко. Хитиновая рамка маленькая. Ее нижние ветви достигают 10-го ряда крючьев заднего прикрепительного органа, который состоит из 58–62 рядов крючьев по 9–11 крючьев в ряду.

Куколка. Длина тела – 4–5 мм. Передний край кокона неровный, плетение неплотное. Дыхательных нитей – 34–36, они расположены на относительно длинных разновеликих стебельках. На V–VIII-х тергитах брюшка находятся полные ряды мелких шипиков; на IX-м – каудальные шипы хорошо развиты.

Систематические замечания. Вид *C. andrei* Usova et Reva, 2008 близок к виду *C. pallipes* (Fries, 1824), однако отличается от него во всех фазах развития: самки – формой лба, строением вилочки, анальных пластинок; самцы – формой лицевого кия, строением гонококсита и гоностерна; личинка – особенностями рисунка на лбу головной капсулы, строением зубцов мандибулы и субментума, количеством рядов крючьев в заднем прикрепительном органе; куколки – количеством дыхательных нитей, особенностями вооружения брюшка шипиками.

Б и о л о г и я. Обитает в чистых реках. Личинки и куколки концентрируются на перекатах и участках с быстрым каскадным течением. Встречаются на верхней поверхности листьев осок, тростника и на ветвях ивы. Личинки заселяют равномерно всю поверхность листа, а куколки – пазухи листьев и их вершины, располагаясь группами, нередко в 2–3 яруса. Зимуют яйца. Отрождение личинок происходит в мае при температуре 6–10°C. Развитие личинок продолжается около двух недель при температуре воды 7–13°C, куколок – 3–4 суток при температуре 13–14°C. Последние куколки и пустые домики встречались в мае при температуре воды около 15°C. В году развивается одно поколение. Взрослые мошки разлетаются по пойме, укрываясь в травянистой растительности пониженных участков рельефа. Вид не кровосос, ротовой аппарат растительноядного типа.

Места обнаружения: левые притоки р. Северский Донец.

Выводы

В водотоках Донбасса обнаружено два вида мошек рода *Cnephia*: *C. pallipes* (Fries, 1824) и *C. andrei* Usova et Reva, 2008.

Виды рода *Cnephia* обитают в водоемах с чистой прозрачной водой. Личинки и куколки концентрируются на перекатах и участках с быстрым каскадным течением. Зимуют в фазе яйца. Отрождение личинок происходит в мае при температуре 6–10°C. Развитие личинок продолжается 2–3 недели при температуре воды 7–11°C, куколок – 3–4 суток при температуре 11–14°C. В году развивается одно поколение.

Виды рода *Cnephia* – не кровососы, ротовой аппарат растительноядного типа.

Список литературы

1. Рева М. В., Усова З. В., Семушин Р. Д. Фауна и биология мошек (Diptera, Simuliidae) рода *Odagmia* Enderlein, 1921 юго-востока Украины // Проблемы экологии и охраны техногенного региона. 2013. № 1 (13). С. 134–163.

2. Рева М. В., Усова З. В., Семушин Р. Д., Гринь В. И. Мошки (Diptera, Simuliidae) рода *Odagmia* Enderlein, 1921 юго-востока Украины // Проблемы экологии и охраны техногенного региона. 2012. № 1 (12). С. 154–168.

3. Рубцов И. А. Мошки (сем. Simuliidae). Фауна СССР. Двукрылые насекомые. М., Л. : Изд-во АН СССР, 1956. Т. 6, вып. 6. 860 с.

4. Янковский А. В. Определитель мошек (Diptera, Simuliidae) России и сопредельных территорий (бывшего СССР). СПб. : Изд-во РАН, 2002. 570 с.

Reva M. V., Semuschin R. D. Black-flies of genius *Cnephia* Enderlein, 1921 of Donbass region. – The dates of the species composition and biology of the black-flies of genius *Cnephia* Enderlein, 1921 of the Donbass region are presented.

Key words: black-flies, fauna, biology.

УДК 598.2

© М. А. Чайка, Л. В. Ишутнинова

СТРУКТУРА НАСЕЛЕНИЯ ПТИЦ ЛЕНИНСКОГО РАЙОНА Г. ДОНЕЦКА В 2019–2020 ГГ.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: larusmarinus25@gmail.com

Чайка М. А., Ишутнинова Л. В. Структура населения птиц Ленинского района г. Донецка в 2019–2020 гг. – В работе прослежена динамика плотности населения птиц, определена степень видового разнообразия, видового богатства и подобия сообществ птиц основных биотопов Ленинского района г. Донецка.

Ключевые слова: орнитофауна, население птиц, биотопическое распределение, сезонная динамика, индексы разнообразия, г. Донецк.

Введение

Птицы являются важным компонентом любых экосистем Земли. Их значение в регуляции численности насекомых и грызунов, расселении растений велико как в естественных ландшафтах, так и в антропогенно-преобразованных. Кроме того, в населенных пунктах возрастает эстетическая значимость птиц.

Изменения в составе и функционировании биогеоценозов так или иначе отражаются на видовом разнообразии и населении птиц. Отслеживание таких изменений ложится в основу экологического мониторинга и прогнозирования [1, 3].

В г. Донецке подобные исследования проводились рядом ученых [7, 9] и студентами биологического факультета ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет» [8]. Однако, в связи с высокой подвижностью птиц, сильной пространственной, сезонной и многолетней изменчивостью их населения, эти сведения быстро устаревают, поэтому существует необходимость в проведении регулярных наблюдений за динамикой качественных и количественных характеристик населения птиц.

Целью данного исследования стало расширение информации о структуре населения птиц Ленинского района г. Донецка. Ранее [2] нами был уточнен видовой состав птиц, выяснены особенности их биотопического и временного распределения, состав экологических групп по предпочитаемому типу местообитания и по типу питания. В данной работе приводится анализ структуры населения и экологического разнообразия птиц в сезонном и биотопическом аспектах.

Материал и методы исследования

Исследования проводились по методике площадочного учета со случайным выбором (метод Монте-Карло) [6]. Территория Ленинского района г. Донецка (без учета пгт. Еленовка, поселков Андреевка и Любовка) была разделена на 276 квадратов размером 350 x 350 м (0,1225 км²). Из дальнейшего рассмотрения исключены пограничные территории (56 квадратов) с представленностью обследуемого района менее 80% от площади квадрата. Из оставшихся 220 квадратов с помощью генератора случайных чисел выбрано 10 площадок, на которых проводились абсолютные учеты численности птиц с элементами картографирования. Сбор материала осуществлялся с июня 2019 г. по февраль 2020 г.

С целью отслеживания сезонной динамики населения птиц расчет его плотности производился суммарно для всех обследованных площадок, а при отслеживании его биотопической приуроченности – для площадок с одинаковым биотопическим составом.

В каждом обследованном квадрате преобладал один из биотопов: водно-болотные угодья (ВБУ) – небольшой пруд с тростниковыми зарослями, либо русло реки; древесные насаждения (ДН) – искусственный широколиственный лес с подлеском; индивидуальная (1–2-этажная) жилая застройка (ИЗ); многоэтажная (5–9-этажная) жилая застройка (МЗ);

промышленная зона (ПЗ) – преобладают открытые трансформированные местообитания с железнодорожными путями, постройками и древесно-кустарниковой растительностью.

Для балльной характеристики численности птиц приняты градации обилия по А. П. Кузякину [4] с небольшими изменениями. При анализе структуры доминирования использовались следующие градации: доминанты – более 10%, субдоминанты – 1–10%, второстепенные виды – менее 1% общей численности всех видов. Для анализа α - и β -разнообразия населения птиц в обследованных биотопах использованы индексы Шеннона, Симпсона, Менхиника, Пиелу, Жаккара [5].

Результаты и обсуждение

Как отмечалось ранее [2], за весь период исследования на учетных площадках было зарегистрировано 28 видов птиц, и 3 вида – вне площадок.

В ходе исследования определяли плотность населения птиц для четырех периодов: гнездового, послегнездового, позднесеннего, зимнего. При характеристике сезонной динамики плотности населения птиц порядок упоминания видов, если не указано иное, приводится по увеличению плотности населения.

В *гнездовой период* наибольшим разнообразием характеризовались группы редких и малочисленных видов птиц (5 и 11 видов соответственно). По одному виду отмечено в группах обычные (лысуха *Fulica atra* L., 1758), многочисленные (полевой воробей *Passer montanus* (L., 1758)) и очень многочисленные (черный стриж *Apus apus* (L., 1758)). Группа очень редких видов не была представлена. В это время основу населения птиц (рис. 1) составляли очень многочисленные виды (68%), малочисленные (16%) и многочисленные (10%) виды. Доля групп обычных и редких видов незначительна.

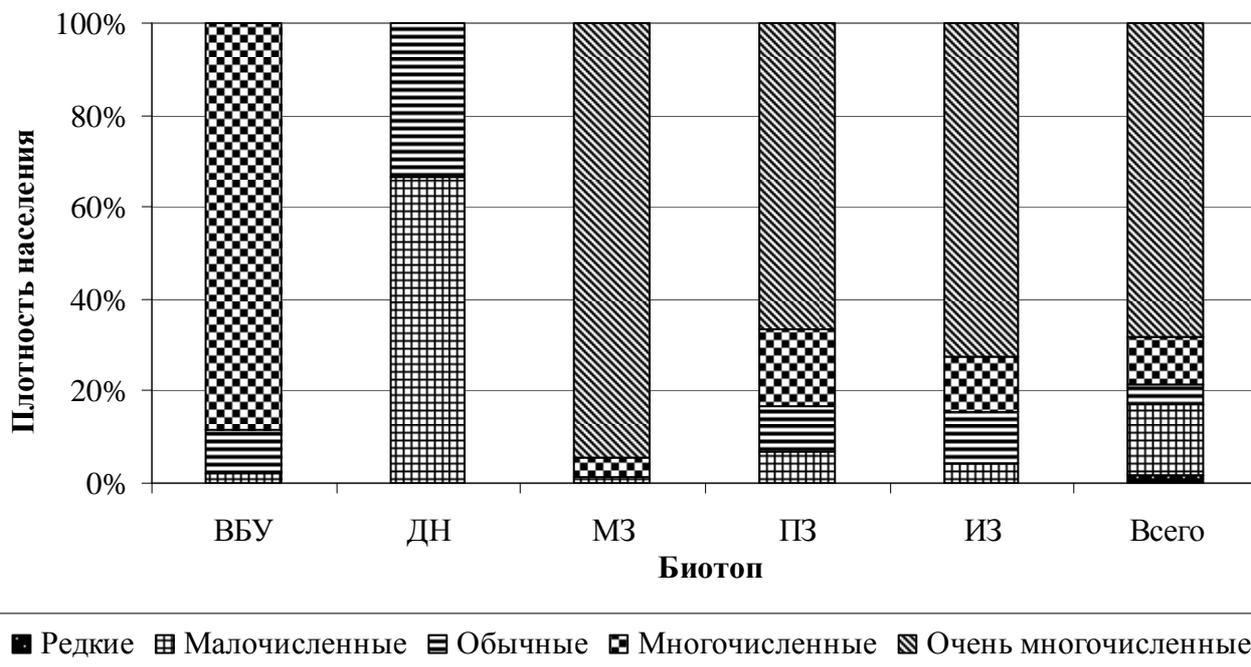


Рис. 1. Обилие птиц в гнездовой период (Ленинский р-н г. Донецка, 2019–2020 гг.)

Биотопы: ВБУ – водно-болотные угодья, ДН – древесные насаждения, МЗ – многоэтажная жилая застройка, ПЗ – промышленная зона, ИЗ – индивидуальная жилая застройка

При анализе распределения групп обилия по биотопам видно, что отсутствовали группы очень редких и редких видов. Группа малочисленных преобладала в древесных насаждениях по количеству видов (80%) и по плотности населения (68%). Она охватывала около трети видов в промышленной зоне, многоэтажной и индивидуальной застройке, но ее доля в населении птиц этих биотопов незначительна. Обычные виды также разнообразны (20–40%) и немногочисленны (до 10%) во всех обследованных биотопах. Исключение

составляли многоэтажная застройка, где они отсутствовали, и древесные насаждения, где их доля составляла около 32%. Многочисленные и очень многочисленные виды не были отмечены в древесных насаждениях. В трех биотопах (водно-болотные угодья, промышленная зона, индивидуальная застройка) к группе многочисленных относился полевой воробей. Кроме того, на водно-болотных угодьях были многочисленны воронок *Delichon urbica* (L., 1758), дроздовидная камышевка *Acrocephalus arundinaceus* (L., 1758), большая поганка *Podiceps cristatus* (L., 1758), лысуха; в индивидуальной застройке – белая трясогузка *Motacilla alba* L., 1758; в многоэтажной застройке – сизый голубь *Columba livia* Gmelin, 1789. Причем в водно-болотных угодьях группа многочисленных видов составляла основу населения (79%). Черный стриж был очень многочислен в промышленной зоне, индивидуальной и многоэтажной застройках, где его доля составляла около 70%, а плотность населения достигала от 326 до 517 ос./км². Таким образом, наиболее высокие показатели плотности населения наблюдались у черного стрижа и полевого воробья – в 3 из 5 обследованных биотопов, а у 6 видов – только в одном.

В *послегнездовой период*, как и в гнездовой, наиболее разнообразны были группы редких и малочисленных видов (рис. 2), а обычные – представлены мало. Однако увеличилось разнообразие (19%) и доля населения (66%) многочисленных видов (большая синица *Parus major* L., 1758, речная крачка *Sterna hirundo* L., 1758, лысуха, полевой воробей), при отсутствии очень многочисленных.

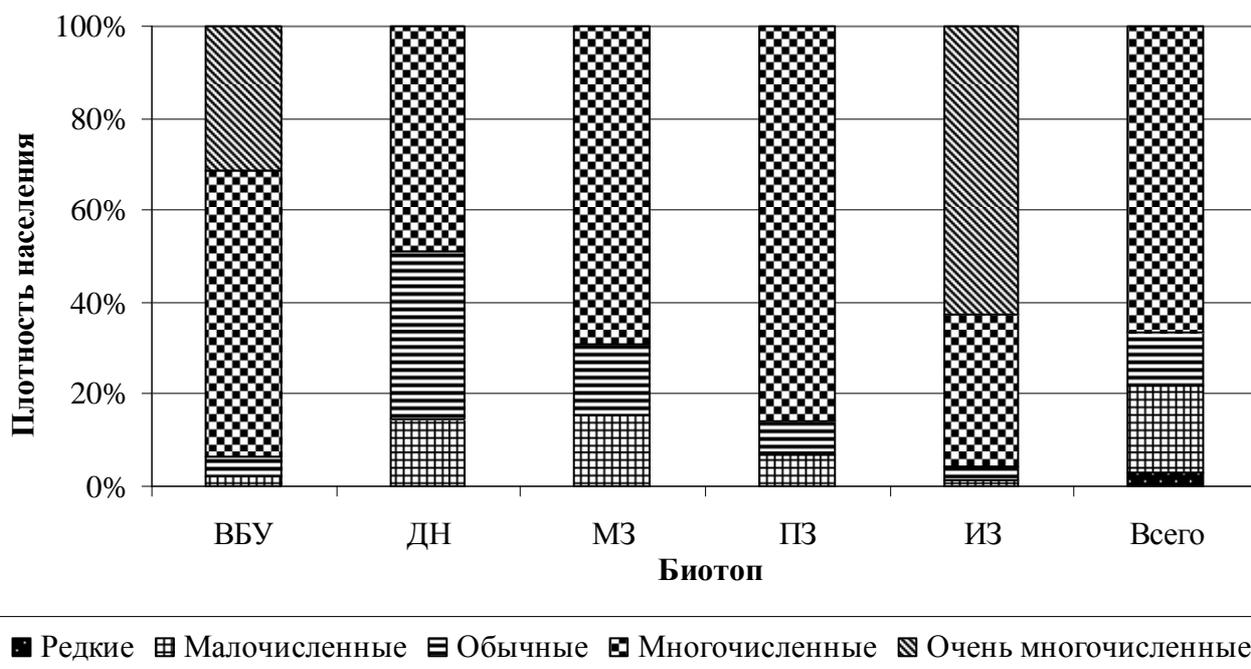


Рис. 2. Обилие птиц в послегнездовой период (Ленинский р-н г. Донецка, 2019–2020 гг.)

Биотопы: ВБУ – водно-болотные угодья, ДН – древесные насаждения, МЗ – многоэтажная жилая застройка, ПЗ – промышленная зона, ИЗ – индивидуальная жилая застройка

В отдельных биотопах также не были представлены очень редкие и редкие виды. Малочисленные и обычные виды встречались во всех биотопах, но их вклад в видовое разнообразие и население незначителен (до 20%), кроме: малочисленных – в древесных насаждениях, многоэтажной застройке и промышленной зоне (25–35% и до 15% соответственно), и обычных – в древесных насаждениях (около 40%). Во всех биотопах было велико разнообразие и население многочисленных видов (50–80%), кроме разнообразия в древесных насаждениях (22%). Так, к этой группе во всех 5 биотопах относилась большая синица, в 4-х – полевой воробей (кроме индивидуальной застройки, где он очень многочислен с долей 61%), в 3-х – сизый голубь. Только в одном биотопе были многочисленны большая поганка, лысуха, кряква *Anas platyrhynchos* L., 1758, галка *Corvus*

monedula L., 1758, домовый воробей *Passer domesticus* (L., 1758), кольчатая горлица *Streptopelia decaocto* (Frisvaldszky, 1838), обыкновенный жулан *Lanius collurio* L., 1758, черный стриж. В водно-болотных угодьях к группе очень многочисленных также относилась речная крачка (30% населения биотопа).

В **позднеосенний период** видовое разнообразие было наименьшим, представленным только группами малочисленных, обычных и многочисленных (обыкновенный скворец *Sturnus vulgaris* L., 1758, полевой воробей, грач *Corvus frugilegus* L., 1758) видов (рис. 3).

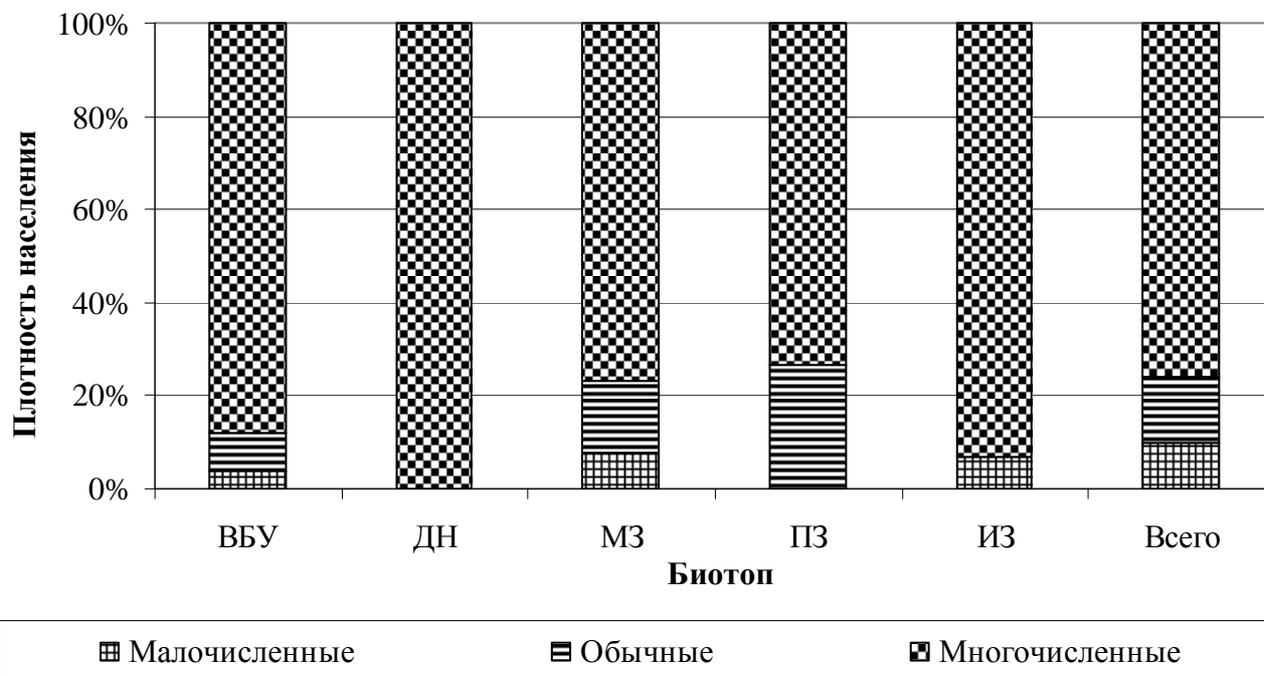


Рис. 3. Обилие птиц в позднеосенний период (Ленинский р-н г. Донецка, 2019–2020 гг.)

Биотопы: ВБУ – водно-болотные угодья, ДН – древесные насаждения, МЗ – многоэтажная жилая застройка, ПЗ – промышленная зона, ИЗ – индивидуальная жилая застройка

В данный период грач был многочислен в 5 биотопах; полевой воробей – в трех; большая синица – в двух; сойка *Garrulus glandarius* (L., 1758), кряква, сизый голубь и обыкновенный скворец – в одном. При этом обычные виды отсутствовали в индивидуальной застройке и древесных насаждениях, а малочисленные – в промышленной зоне и древесных насаждениях. Во всех биотопах основу населения составляли многочисленные виды – от 73 до 100%. Также была существенна доля обычных видов в многоэтажной застройке (14%) и промышленной зоне (27%).

В **зимний период** суммарно отмечено 11 видов птиц, распределенных по группам (рис. 4) редких, малочисленных и многочисленных (большая синица, грач, кряква, полевой воробей). Основу населения составляли многочисленные виды (87%).

Малочисленные виды встречались во всех биотопах, их вклад в видовое разнообразие составлял от 25 до 50%, однако доля населения достигала 20% только в древесных насаждениях и промышленной зоне. Обычные виды отмечены в древесных насаждениях (56% населения), промышленной зоне (23%) и индивидуальной застройке (4%). В 4 биотопах (кроме промышленной зоны) был многочислен полевой воробей; в трех – большая синица и грач; в одном – хохотунья *Larus cachinnans* Pallas, 1811 и домовый воробей. В водно-болотных угодьях и древесных насаждениях доля населения этой группы составила 20–25%, а в остальных – 55–93%. Единственный очень многочисленный вид (кряква) отмечен в водно-болотных угодьях, где достигал 69% населения птиц.

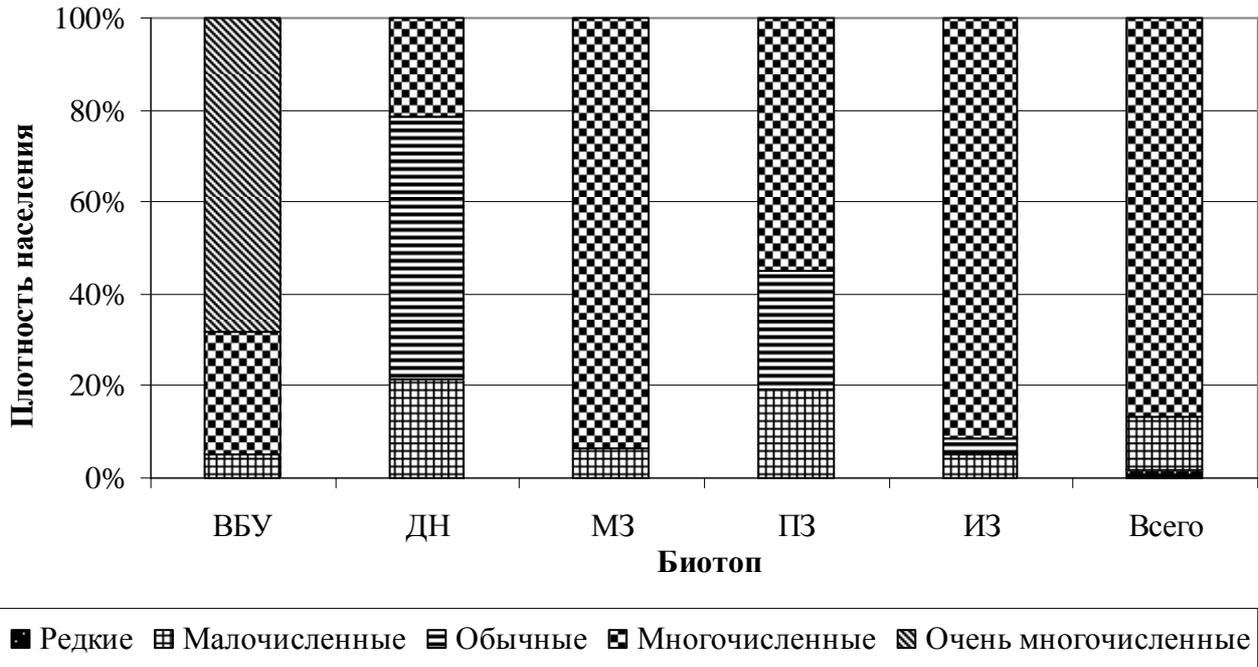


Рис. 4. Обилие птиц в зимний период (Ленинский р-н г. Донецка, 2019–2020 гг.)

Биотопы: ВБУ – водно-болотные угодья, ДН – древесные насаждения, МЗ – многоэтажная жилая застройка, ПЗ – промышленная зона, ИЗ – индивидуальная жилая застройка

Анализ *структуры доминирования* по исследованным периодам (рис. 5) показал, что в целом она соответствует значениям обилия птиц. Так, к второстепенным видам относятся группы очень редких, редких и немногих малочисленных видов; к субдоминантам – большинство малочисленных и обычные виды; доминируют многочисленные и очень многочисленные виды. Видовой состав и распределение по биотопам указанных групп описаны выше.

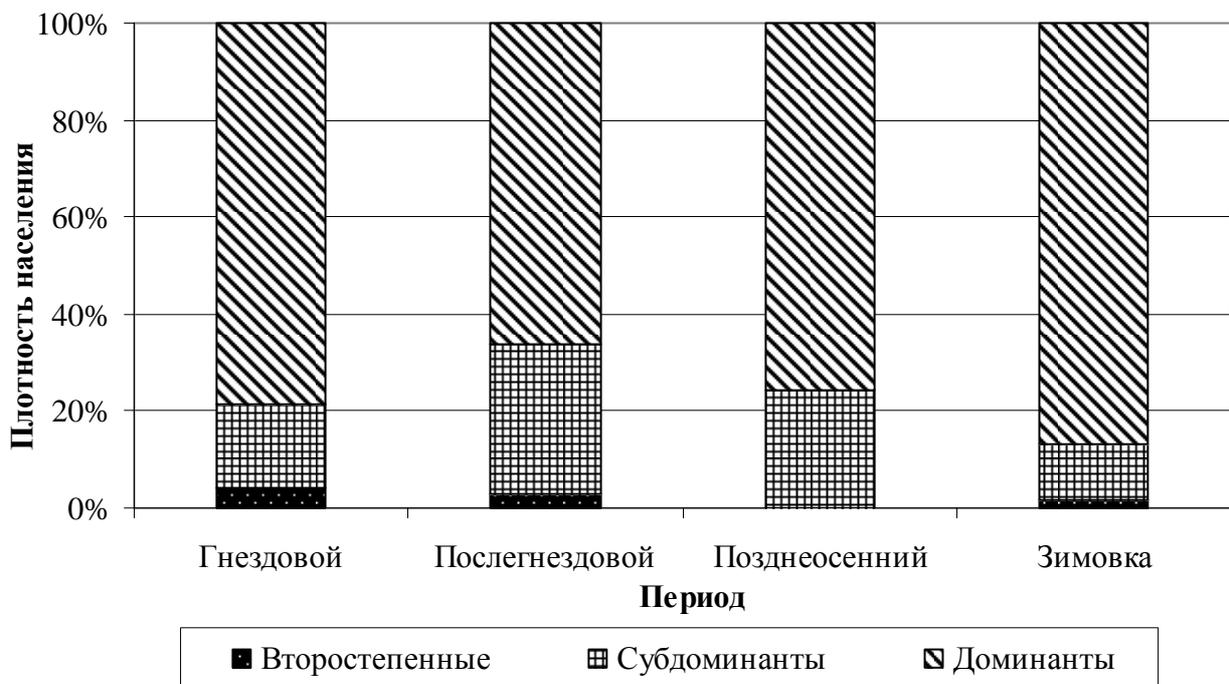


Рис. 5. Динамика структуры доминирования птиц (Ленинский р-н г. Донецка, 2019–2020 гг.)

Биотопы: ВБУ – водно-болотные угодья, ДН – древесные насаждения, МЗ – многоэтажная жилая застройка, ПЗ – промышленная зона, ИЗ – индивидуальная жилая застройка

При сравнении числа видов по месяцам и по сезонам обнаруживаются некоторые различия. Как указывалось ранее [2], видовое разнообразие снижалось от гнездового периода (19 видов в месяц) к позднесеннему (6 видов в месяц), и незначительно возрастало в зимний (10 видов в месяц). Однако при суммировании количества видов в рамках одного периода их количество увеличилось на несколько единиц (табл. 1). Кроме того, сравнение с результатами других работ по фауне и экологии птиц г. Донецка [7, 9] выявляет очень низкое видовое разнообразие в данном исследовании (157 против 28 видов). Можно предположить, что среди основных причин такой разницы будут: короткий временной промежуток проведения исследования (по сравнению с наблюдениями за несколько десятилетий); отличия условий жизни птиц в разных районах города; высокая подвижность птиц и, как следствие, непостоянство их видового и количественного состава в рамках небольших по площади учетных территорий. Из этого следует, что необходимо продолжать работы по совершенствованию методического аппарата учетов птиц.

Таблица 1

**Сезонная динамика показателей α -разнообразия населения птиц
(Ленинский р-н г. Донецка, 2019–2020 гг.)**

Параметр	Период			
	Гнездовой	Послегнездовой	Позднесенний	Зимовки
Число видов	19	21**	9*	11
Суммарная плотность, пар/км ²	423**	227,7	164,5*	198,4
Индекс Шеннона	1,376*	2,285**	1,731	1,783
Индекс Симпсона	2,089*	6,221**	4,560	4,821
Индекс Менхиника	0,924	1,392**	0,702*	0,781
Индекс Пиелу	0,467*	0,751	0,788**	0,744

Примечание. Значения параметров: * – минимальные, ** – максимальные.

Наибольшая суммарная плотность населения птиц характерна для гнездового периода (423 ос./км²), а в остальные исследованные периоды она была примерно вдвое ниже. Индексы разнообразия Шеннона и доминирования Симпсона невысоки во все периоды исследования: наиболее выражены различия между гнездовым (минимальные значения) и послегнездовым (максимальные значения) периодами, в позднесенний и зимний периоды значения близки и находятся в диапазоне между предыдущими. Согласно индексу Менхиника видовое богатство во все периоды исследования невысоко и достигает максимума в послегнездовой период. В гнездовой период наблюдался средний уровень выравненности, а в остальные – выше среднего.

Таким образом, в позднесенний период при минимальном числе видов, суммарной плотности и видовом богатстве наблюдалась максимальная выравненность. В гнездовой период 3 параметра относились к минимальным и 2 – к максимальным или высоким, что указывает на сложную структуру и неравномерность населения птиц. Одно высокое и 4 максимальных значения параметров отмечены для послегнездового периода. В гнездовой период такие значения показателей обусловлены доминированием очень многочисленного черного стрижа (68%) и многочисленного полевого воробья (10%), а в послегнездовой период отмечено 4 почти равнозначных доминанта (большая синица, речная крачка, лысуха, полевой воробей) при немного большем числе видов.

Число видов в обследованных биотопах сходно, кроме многоэтажной застройки, где оно вдвое ниже [2]. Население различных биотопов (табл. 2) разделяется на три группы по суммарной плотности: водно-болотные угодья и индивидуальная застройка – более 1500 ос./км², многоэтажная застройка и промышленная зона – около 950 ос./км², древесные насаждения – до 500 ос./км².

**Биотопическая характеристика α -разнообразия населения птиц
(Ленинский р-н г. Донецка, 2019–2020 гг.)**

Параметр	Биотоп				
	ВБУ	ДН	МЗ	ПЗ	ИЗ
Число видов	16**	15	9*	14	15
Суммарная плотность, пар/км ²	1657,2	412,4*	955,1	970,2	1807,1**
Индекс Шеннона	2,250	2,295**	1,341*	2,002	1,902
Индекс Симпсона	7,187	7,380**	2,538*	5,224	4,612
Индекс Менхиника	0,393	0,739**	0,291*	0,449	0,353
Индекс Пиелу	0,812	0,848**	0,610*	0,758	0,702

Примечания:

1. Биотопы: ВБУ – водно-болотные угодья, ДН – древесные насаждения, МЗ – многоэтажная жилая застройка, ПЗ – промышленная зона, ИЗ – индивидуальная жилая застройка;
2. Значения параметров: * – минимальные, ** – максимальные.

Значения индексов Шеннона и Симпсона невысоки во всех обследованных биотопах: самое низкое разнообразие и доминирование наблюдаются в многоэтажной застройке, а высокое – в водно-болотных угодьях и древесных насаждениях.

Видовое богатство очень низко во всех биотопах, с минимумом в многоэтажной застройке и максимумом в древесных насаждениях. В трех биотопах наблюдалась выравненность выше среднего, а в двух – высокая.

Таким образом, значения четырех индексов максимальны в древесных насаждениях, что обусловлено минимальной суммарной плотностью при высоком числе видов и отсутствии очень многочисленных. И, наоборот, в многоэтажной застройке значения всех индексов минимальны, что обусловлено минимальным числом видов и средней суммарной плотностью при существенном доминировании одного вида (черного стрижа). Сходные значения параметров наблюдались в индивидуальной застройке и водно-болотных угодьях. Во втором биотопе они немного выше, кроме суммарной плотности. В промышленной зоне все параметры находились на среднем уровне.

Сравнение сообществ птиц обследованных биотопов с использованием индекса Жаккара (рис. 6) показало среднюю и низкую степень их сходства. Из 10 выполненных попарных сравнений самое большое сходство отмечалось между индивидуальной застройкой с многоэтажной застройкой (50%), промышленной зоной (53%) и древесными насаждениями (58%), а также многоэтажной застройкой и промышленной зоной (53%).

Минимальным сходством (24–29%) характеризовались водно-болотные угодья с индивидуальной застройкой, многоэтажной застройкой и древесными насаждениями. В остальных сравниваемых парах степень сходства варьировала от 33 до 45%.

Таким образом, водно-болотные угодья четко отделяются от остальных биотопов, в которых в разной степени представлена древесно-кустарниковая растительность. Следующими отделяются древесные насаждения от биотопов, имеющих жилые и технические постройки и открытые пространства, где преобладали синантропные виды птиц.

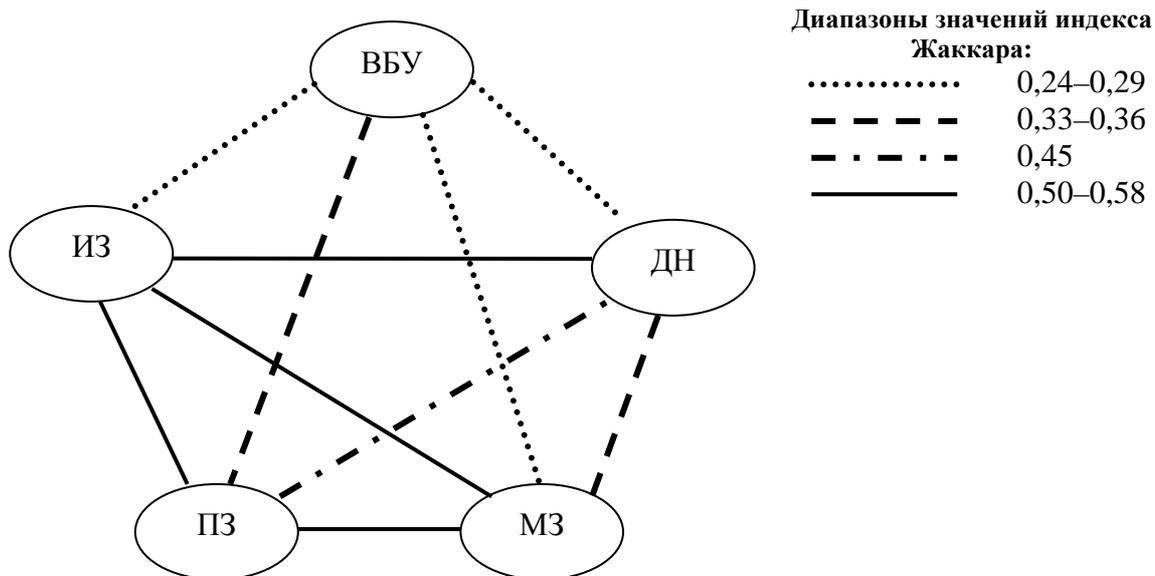


Рис. 6. Степень сходства видового состава птиц Ленинского района г. Донецка (2019–2020 гг.)
 Биотопы: ВБУ – водно-болотные угодья, ДН – древесные насаждения, МЗ – многоэтажная жилая застройка, ПЗ – промышленная зона, ИЗ – индивидуальная жилая застройка

Выводы

В ходе данного исследования на территории Ленинского района г. Донецка был отмечен 31 вид птиц. Одним из наиболее приспособленных видов к жизни в условиях населенного пункта умеренной полосы можно назвать полевого воробья, так как он наблюдался в большом количестве во все сезоны и во всех биотопах. Кроме того, в гнездовой и послегнездовой период значительную долю от общего населения птиц составлял черный стриж. Еще 17 видов были многочисленны в определенные сезоны и в отдельных биотопах.

Население птиц в исследованные сезоны и в указанных биотопах характеризовалось сравнительно низким видовым разнообразием и богатством. При этом самые высокие показатели α -разнообразия наблюдались в послегнездовой период и в древесных насаждениях, а самые низкие – в гнездовой период и в многоэтажной застройке. При анализе β -разнообразия достаточно четко выделилась группа сходных биотопов: промышленная зона, индивидуальная и многоэтажная застройка – участки с различными постройками, открытыми пространствами и древесно-кустарниковой растительностью.

Список литературы

1. Божко С. И. Орнитофауна парков Ленинграда и его окрестностей // Русский орнитологический журнал. 2020. Т. 29 (Экспресс-выпуск 1873). С. 101–117.
2. Ииутинова Л. В., Чайка М. А. Видовое разнообразие и экологические группы птиц Ленинского района г. Донецка в 2019–2020 гг. // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов : сб. матер. XIV Междунар. науч. конф. асп. и студ. Донецк : ГОУ ВПО «ДОННТУ», 2020. С. 153–155.
3. Корбут В. В. Урбанизация и птицы города // Экополис 2000 : экология и устойчивое развитие города. М. : Изд-во РАМН, 2000. С. 159–161.
4. Кузякин А. Н. Зоогеография СССР // Учен. зап. Моск. обл. пед. ин-та им. Н. К. Крупской. М., 1962. Т. 109, вып. 1. 182 с.
5. Песенко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М. : Наука, 1982. 288 с.

6. Романов В. В., Мальцев И. В. Методы исследований экологии наземных позвоночных животных : количественные учеты : учеб. пос. Владимир : Изд-во Владимирского гос. ун-та, 2005. С. 13–20.

7. Тараненко Л. И. Орнитофауна города Донецка // Тез. докл. I Всеросс. орнитол. конгресс (Тверь, 29 января – 4 февраля 2018 г.). Тверь, 2018. С. 323–324.

8. Чопенко О. В., Чайка М. А. Биологическое разнообразие птиц некоторых биотопов г. Донецка // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов : сб. докл. XI Междунар. науч. конф. асп. и студ. (Донецк, 11–13 апреля 2017 г.). Донецк : ГОУ ВПО «ДОННТУ»; Ростов-на-Дону : Изд-во Южного фед. ун-та, 2017. С. 360–362.

9. Штирц Ю. А. Циклическая динамика структуры орнитонаселения водно-болотных комплексов г. Донецка // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2012. № 1 (12). С. 186–194.

Chaika M. A., Ishutinova L. V. The structure of the bird population of the Leninsky district of Donetsk in 2019–2020. – The work established the dynamics of bird population density, the degree of species diversity, species richness and similarity of bird communities in the main biotopes of the Leninsky district of Donetsk.

Key words: avifauna, bird population, biotopic distribution, seasonal dynamics, diversity indices, Donetsk.

УДК 635.82 : 57.043

© С. И. Демченко

**ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СТРЕССА НА РОСТ И
ПЛОДООБРАЗОВАТЕЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ ГИБРИДНЫХ ШТАММОВ**

***PLEUROTUS OSTREATUS* (JACQ.: FR.) KUMM.**

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: sdemch5@mail.ru

Демченко С. И. Влияние высокотемпературного стресса на рост и плодообразовательную активность гибридных штаммов *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. – Результаты исследований позволили определить кардинальные и оптимальные температуры для роста вегетативного мицелия гибридных штаммов *P. ostreatus*. Выявлены экстремальные температуры, при которых исследованные гибридные штаммы *P. ostreatus* сохранили свою жизнеспособность. Установлено, что высокотемпературный стресс вызывает снижение количества базидиокарпов в дружах и уменьшение средней массы плодовых тел у исследованных гибридных штаммов *P. ostreatus*, что приводит к снижению их урожайности в 1,2–1,8 раза относительно контроля.

Ключевые слова: гриб *Pleurotus ostreatus*, гибридные штаммы, кардинальные и оптимальные температуры, высокотемпературный стресс, мицелиальный рост, плодообразовательная активность, устойчивость.

Введение

Одним из направлений исследований в факториальной экологии является изучение влияния абиотических факторов на живые организмы с целью установления пределов их устойчивости к внешним воздействиям и выявления механизмов адаптации к неблагоприятным условиям внешней среды [11].

Абиотические факторы внешней среды, влияющие на рост, размножение, морфогенетические особенности, физиолого-биохимическую деятельность грибов в природе и при культивировании, разнообразны. К ним относят температуру, влажность, свет, кислотность среды, концентрацию кислорода, углекислого газа, питательных веществ, токсичных соединений, магнитные и электрические поля, разные виды излучения, гидростатическое давление и др. [13].

Повышенная температура, по сравнению с обычной физиологической нормой, относится к одному из широко распространенных экстремальных воздействий, и осуществление процессов жизнедеятельности организмов в этих условиях является одним из совершенных механизмов, выработанных в процессе эволюции [11]. Максимальная температура, при которой возможен рост мицелия базидиальных ксилотрофов умеренного климатического пояса – 35–37°C. Тепловые повреждения у этих грибов наблюдаются при температуре 40–60°C [4]. Устойчивость грибов к экстремальным температурам обусловлена генетически, и у разных видов и даже штаммов выражена в разной степени [2]. Поэтому изучение воздействия гипертермии на съедобный гриб *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm., который занимает второе место в мире по объемам производства грибной продукции [1, 8, 13], позволит целенаправленно и планомерно проводить отбор штаммов, толерантных к стрессовым факторам окружающей среды.

Целью работы было исследование влияния высокотемпературного стресса на рост и плодообразовательную активность гибридных штаммов гриба *P. ostreatus*.

Материал и методы исследования

В работе использовали два штамма *P. ostreatus* – гибридный штамм К-17 испанской селекции и Д-2.3 донецкой селекции из коллекции мицелиальных культур базидиальных

ксилотрофов кафедры физиологии растений ГОУ ВПО «ДонНУ» [3]. Музейные штаммы хранили при температуре +4°C на картофельно-глюкозной агаровой среде (КГА) [10] с добавлением опилок из тополя.

При исследовании реакции штаммов *P. ostreatus* на температурные воздействия, культуры гриба выращивали на увлажненной лузге семян подсолнечника (влажность 68%, начальная рН 7,2) в чашках Петри при температуре: 0, 7, 16, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35°C. Субстрат стерилизовали в автоклаве при 0,6–0,8 атм. на протяжении 1 ч. Инокуляцию субстрата осуществляли семисуточным маточным мицелием, выращенным на КГА. Зависимость скорости роста вегетативного мицелия от температуры учитывали путем ежедневных замеров распространения колоний гриба на растительном субстрате в течение пяти суток. Скорость радиального роста (мм/сут.) вегетативного мицелия *P. ostreatus* рассчитывали в логарифмическую фазу по формуле [7]:

$$V_R = \frac{R_t - R_o}{t_t - t_o},$$

где R_t – радиус колоний в конце логарифмической фазы роста, мм; R_o – радиус колоний в начале логарифмической фазы роста, мм; $t_t - t_o$ – продолжительность логарифмической фазы роста, сут.

Для определения устойчивости мицелия *P. ostreatus* к действию экстремальных положительных температур пятисуточные культуры гриба, предварительно выращенные в оптимальных условиях на субстрате из лузги семян подсолнечника, прогревали при температуре 35, 40, 42 и 45°C на протяжении 2, 4 и 6-ти часов. После высокотемпературного стресса (ВТС) культивирование исследованных гибридов продолжали еще 24 часа при температуре 26°C. Затем измеряли суточный прирост колоний гриба по концевым гифам. В качестве контроля использовали культуры гриба, которые не подвергались воздействию экстремальных температур.

Определение урожайности и габитуса базидиом гибридных штаммов вешенки обыкновенной проводили по стандартным методикам, принятым в грибоводстве [1, 12, 13]. В качестве посевного материала использовали зерновой мицелий, выращенный на зерне озимой пшеницы по общепринятой технологии [12]. Субстрат для выращивания плодовых тел вешенки готовили на основе лузги семян подсолнечника. Термообработку субстрата проводили с помощью автоклавирования при 1,2–1,5 атм. в течение 1 ч [13]. Посев зернового мицелия осуществляли в стерильных условиях при охлаждении субстрата до 25–28°C. Норма расхода посевного материала составила 5%.

Для формирования субстратных блоков были использованы пакеты из полиэтиленовой пленки толщиной 80 микрон. Сформированные блоки имели удлиненно-цилиндрическую форму массой 1 кг. Перфорацию субстратных блоков проводили на второй день после инокуляции.

В инкубационный период температуру в камере заращивания поддерживали на уровне 20°C. В фазу активного роста мицелия субстратные блоки прогревали в термостате ТС-80М-2 при температуре 40±1°C в течение 2 ч. После теплового шока инкубирование грибов продолжали в камере заращивания при температуре 20°C до полной колонизации лузги семян подсолнечника мицелием исследованных штаммов *P. ostreatus*. Затем грибные блоки переносили в камеру плодоношения, где поддерживали следующий микроклимат: температура воздуха – +14–16°C, освещенность – 550 лк. на протяжении 12 ч/сут, относительная влажность воздуха – 93–95%. Воздухообмен в камере плодоношения осуществляли с помощью системы приточно-вытяжной вентиляции в соответствии с требованиями культур.

В период культивирования вешенки обыкновенной отмечали продолжительность колонизации субстрата мицелием, начало и конец плодоношения (друзы снимали на стадии

технологической зрелости плодовых тел), а также подсчитывали количество плодовых тел в друзе и определяли массу одного плодового тела.

Повторность всех проведенных опытов была трехкратной. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили при 5%-м уровне значимости с помощью дисперсионного анализа и множественного сравнения средних арифметических по критерию Даннета [5, 9].

Результаты и обсуждение

Согласно литературным данным [1, 13], базидиальный ксилотроф *P. ostreatus* является мезофиллом, который способен к росту в диапазоне температур от 5 до 30°C (оптимум 26–27°C). Однако ряд авторов [2, 11] указывают, что различные штаммы одного и того же вида гриба отличаются неодинаковой требовательностью к температурным факторам. В связи с этим представляет интерес определение температурных границ и оптимальных температур для роста мицелия гибридных штаммов К-17 и Д-2.3 гриба *P. ostreatus*.

Анализ экспериментальных данных, приведенных на рис. 1 и 2, не выявил штаммовых различий у исследованных гибридов *P. ostreatus* в отношении кардинальных и оптимальных температур для роста мицелия. Рост грибницы как у штамма испанской селекции К-17, так и у штамма донецкой селекции Д-2.3 наблюдался в интервале температур 7–32°C. У исследованных гибридов вешенки обыкновенной при температуре 0 и 35°C обнаружено только обрастание инокулюма (рис. 3). При перенесении культур в термостат с температурой 26°C из инокулюма развивались нормальные колонии. Следовательно, при этих температурах гибель гриба не наступала, а лишь приостанавливалась до минимума его жизнедеятельность.

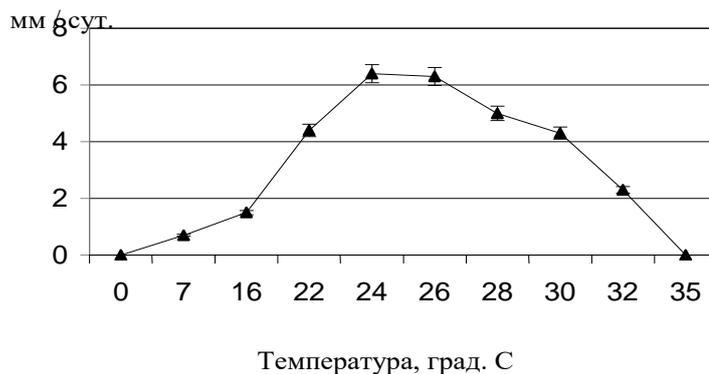


Рис. 1. Термограмма роста мицелия штамма Д-2.3 *P. ostreatus* на субстрате из лузги семян подсолнечника

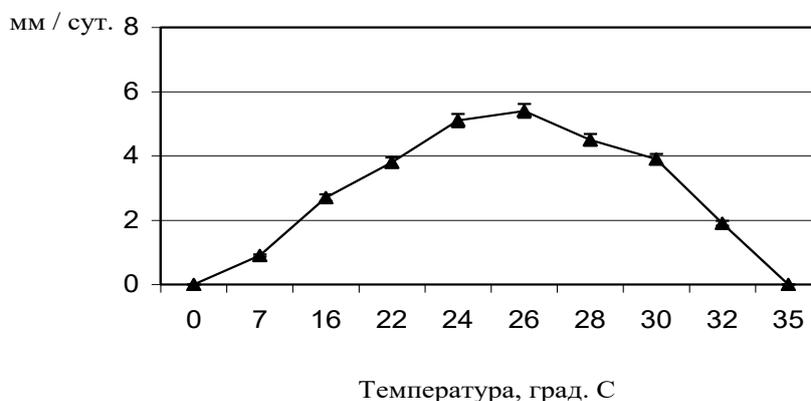


Рис. 2. Термограмма роста мицелия штамма К-17 *P. ostreatus* на субстрате из лузги семян подсолнечника

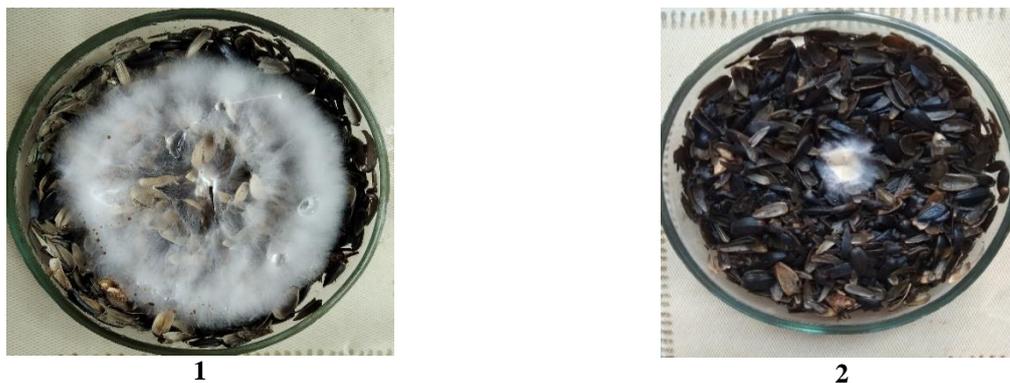


Рис. 3. Пятисуточная колония штамма Д-2.3 гриба *P. ostreatus*: 1 – при 26°C, 2 – при 35°C

Статистические сравнения абсолютных величин скорости роста штаммов *P. ostreatus* при разных температурах позволило установить оптимумы роста мицелия гриба. Для обоих штаммов наибольшая скорость роста грибницы выявлена при температуре 24–26°C.

Результаты исследований устойчивости гибридных штаммов *P. ostreatus* донецкой и испанской селекций к действию повышенных экстремальных температур представлены на рис. 4.

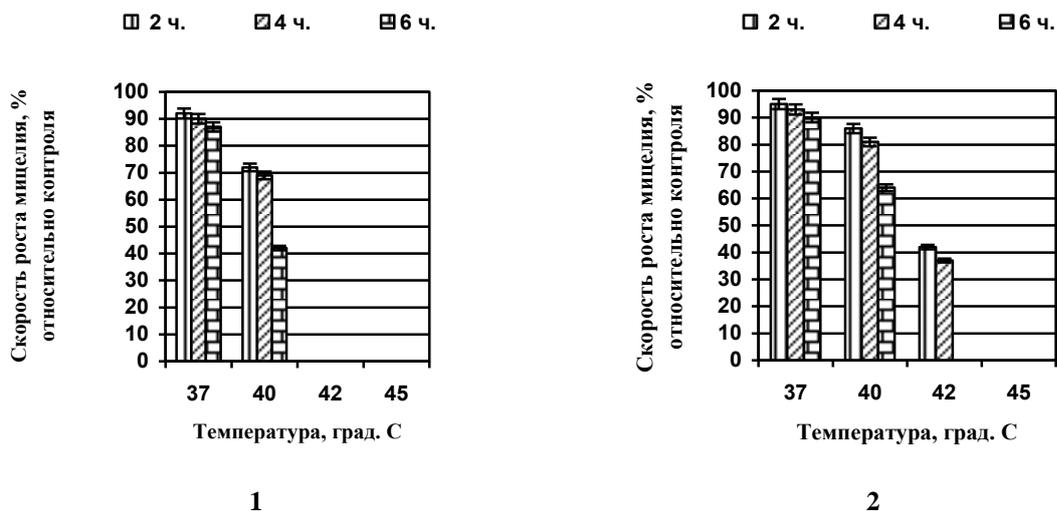


Рис. 4. Влияние экстремальных температур на рост мицелия штаммов *P. ostreatus*: 1 – гибридный штамм К-17, 2 – гибридный штамм Д-2.3

Нами установлено, что положительные экстремальные температуры по-разному влияли на рост мицелия исследованных гибридных штаммов *P. ostreatus*. Температура 37°C незначительно (на 5–12% относительно контроля) тормозила рост мицелия как штамма К-17, так и штамма Д-2.3. Тепловой стресс при температуре 40°C в большей степени снижал жизнеспособность вешенки обыкновенной, чем экстремальная температура 37°C. С увеличением экспозиции гипертермии усиливался ингибирующий эффект ВТС на ростовые процессы гриба.

Летальный температурный шок у обоих исследованных штаммов вешенки обыкновенной наблюдался при температуре 45°C. Повышенная экстремальная температура 42°C при всех исследованных экспозициях привела к полной потере жизнеспособности мицелия гибридного штамма испанской селекции К-17. Гибридный штамм донецкой селекции Д-2.3 прекратил свою жизнедеятельность при длительной экспозиции (6–8 ч.) данной температуры. Ряд авторов [4, 11] отмечают, что гибель грибов от гипертермии в основном связана с нарушением деятельности ферментов, резким усилением

физиологически обесцененного дыхания, усилением гидролитических процессов, отравлением протоплазмы накапливающимися вредными продуктами распада и т. п.

Гибридный штамм *P. ostreatus* донецкой селекции Д-2.3 проявил большую терморезистентность к действию стрессовых факторов, чем гибрид испанской селекции К-17. Например, 2–6-часовая гипертермия при температуре 40°C, которая не была летальной для обоих штаммов, снижала скорость роста мицелия у штамма К-17 на 28–58%, а у штамма Д-2.3 – на 14–36% относительно контроля. Некоторыми исследователями установлено, что ВТС вызывает индукцию особой защитной системы у грибов. Такая система включает: синтез белков теплового шока, аккумуляцию трегалозы и сахарозы, детоксикацию активных форм кислорода, структуризацию и перераспределение воды в компартментах цитозоля, изменение состава мембран и поддержание внутриклеточного pH [2, 11, 14]. В результате грибной организм переходит в другое дискретное стационарное состояние метаболизма, характерным признаком которого является термоустойчивость.

Показателями качества плодовых тел *P. ostreatus* считают их размер, массу, однородность, окраску, аромат, вкус, срок сбора, содержание питательных веществ. Все эти показатели достаточно устойчивы, однако из-за несоответствия микроклимата, создаваемого внутри культивационного помещения, могут встречаться отклонения [13]. Поэтому на заключительном этапе наших исследований было изучено влияние высокотемпературного стресса на формирование плодовых тел вешенки обыкновенной в лабораторных условиях.

Результаты проведенных исследований позволили обнаружить, что после ВТС все изученные гибриды *P. ostreatus* как в контрольных, так и в опытных вариантах способны были образовывать примордии (рис. 5, 6) на субстрате из лузги семян подсолнечника и не требовали для начала плодообразования холодового шока.



1



2

Рис. 5. Образование примордий гибридного штамма К-17 вешенки обыкновенной после высокотемпературного стресса: 1 – контроль; 2 – опыт



Рис. 6. Образование примордий гибридного штамма Д-2.3 вешенки обыкновенной после высокотемпературного стресса: 1 – контроль; 2 – опыт

У исследованных культур вешенки обыкновенной продолжительность инициации плодообразования существенно отличалась после ВТС. Так, у штамма испанской селекции К-17 ВТС увеличил продолжительность перехода к генеративной фазе развития на пять суток по сравнению с контролем. У штамма донецкой селекции Д-2.3 в контрольном и опытном варианте примордии появились синхронно – на 11-е сутки после инокуляции (рис. 7).



Рис. 7. Продолжительность вегетативной фазы развития мицелия гибридных штаммов *P. ostreatus* после двухчасовой гипертермии

После двухчасового ВТС мицелий исследованных гибридных штаммов *P. ostreatus* уменьшил свою репродуктивную способность. У штамма К-17 урожайность плодовых тел снизилась в 1,8 раза в сравнении с контролем, у штамма Д-2.3 – в 1,2 раза (табл. 1).

Урожайность гриба после ВТС снижалась как за счет уменьшения количества сформированных базидиом в друзах (см. табл. 1), так и благодаря уменьшению размеров карпофоров (табл. 2).

Таким образом, двухчасовая гипертермия снижала урожайность и габитус плодовых тел исследованных штаммов *P. ostreatus*. При этом на гибридный штамм донецкой селекции Д-2.3 ВТС в меньшей степени оказывал негативное влияние.

Таблица 1

Урожайность гибридных штаммов *P. ostreatus* в первую «волну» плодоношения

Варианты опыта	Урожайность, г на 1 кг субстрата	Плодоотдача, %	Количество плодовых тел в сростке, штук
Гибридный штамм К-17			
Контроль	207,35 ± 1,77	20,7	26
Опыт	115,19 ± 4,10	11,5	18
Гибридный штамм Д-2.3			
Контроль	222,20 ± 10,11	22,2	32
Опыт	183,51 ± 1,77	18,4	27

Таблица 2

Показатели вариации массы плодовых тел в дружах у гибридов гриба *P. ostreatus*

Показатели вариации	Контроль	Опыт
Гибридный штамм К-17		
Предел вариации (lim), г	3,0–22,3	2,0–19,1
Размах вариации (R), г	19,3	17,1
Средняя арифметическая и ошибка репрезентативности ($\bar{x}_{\text{ср}} \pm m$), г	7,4 ± 0,9	4,6 ± 0,8
Коэффициент вариации (CV), %	33	87
Гибридный штамм Д-2.3		
Предел вариации (lim), г	4,2–26,4	1,7–24,6
Размах вариации (R), г	22,2	22,9
Средняя арифметическая и ошибка репрезентативности ($\bar{x}_{\text{ср}} \pm m$), г	9,6 ± 2,2	7,6 ± 1,2
Коэффициент вариации (CV), %	67	74

Выводы

Исследованные гибридные штаммы *P. ostreatus* являются мезофиллами, у которых мицелиальный рост наблюдается в широком температурном диапазоне – от 7 до 32°C. Оптимальная температура для роста грибницы этих штаммов находится в пределах от 24 до 26°C.

Мицелиальные культуры исследованных штаммов вешенки обыкновенной не теряют жизнеспособность после высокотемпературного стресса при температуре 37–40°C, но прекращают свой рост после 2–6-часовой гипертермии при 45°C.

После ВТС не выявлено изменений в скорости образования зачатков плодовых тел у гибридного штамма вешенки обыкновенной донецкой селекции Д-2.3, а имеет место увеличение продолжительности вегетативной фазы развития у гибридного штамма испанской селекции К-17.

Воздействие теплового шока вызывает снижение количества базидиом в дружах и уменьшение средней массы плодовых тел у исследованных гибридных штаммов *P. ostreatus*, что приводит к снижению их урожайности в 1,2–1,8 раза относительно контроля.

Более устойчивым к высокотемпературному стрессу как на вегетативной, так и на генеративной фазе развития является гибрид *P. ostreatus* Д-2.3 донецкой селекции.

Список литературы

1. Бисько Н. А., Дудка И. А. Биология и культивирование съедобных грибов рода Вешенка. К. : Наук. думка, 1987. 148 с.

2. Бухало А. С. Высшие съедобные базидиомицеты в чистой культуре. К. : Наук. думка, 1988. 144 с.
3. Демченко С. И., Дейнеко О. И., Швиндина Е. С. Лакказная и плодообразовательная активность гибридных штаммов гриба *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018. № 3–4. С. 114–121.
4. Заикина Н. А., Коваленко А. Е., Галынкин В. А., Дьяков Ю. Т. Основы биотехнологии высших грибов : уч. пос. СПб. : Проспект Науки, 2007. 336 с.
5. Лакин Г. Ф. Биометрия. М. : Высш. шк., 1990. 350 с.
6. Ломберг М. Л. Лікарські макроміцети у поверхневій та глибинній культурі : дис. ... канд. біол. наук : 03.00.21. К., 2005. 231 с.
7. Методы экспериментальной микологии : справ. / Под ред. В. И. Билай. К. : Наук. думка, 1982. 550 с.
8. Поединок Н. Л. Повышение эффективности промышленного культивирования съедобного гриба вешенки обыкновенной // Биотехнология. 2004. № 5. С. 64–66.
9. Приседський Ю. Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів. Донецьк : Кассиопея, 1999. 201 с.
10. Семенов С. М. Лабораторные среды для актиномицетов и грибов : справ. М. : Агропромиздат, 1990. 240 с.
11. Сычев П. А. Экофизиология высших грибов. Донецк : Кассиопея, 2000. 276 с.
12. Сычев П. А., Негруцкий С. Ф., Лупашевский А. В. Методические рекомендации по технологии промышленного выращивания ценного съедобного гриба вешенки обыкновенной. Донецк : Изд-во Донецкого гос. ун-та, 1994. 32 с.
13. Сычев П. А., Ткаченко Н. П. Грибы и грибоводство. М. : ООО «Изд-во АСТ»; Донецк : Изд-во «Сталкер», 2003. 512 с.
14. Терешина В. М. Покоящиеся клетки и адаптация мицелиальных грибов к температурному шоку : дис. ... докт. биол. наук : 03.00.07. М., 2006. 300 с.

Demchenko S. I. The effect of high temperature stress on the growth and fruit-forming activity of *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. hybridous strains. – The research results made it possible to determine the cardinal and optimal temperatures for the growth of vegetative mycelium of *P. ostreatus* hybridous strains. Extreme temperatures were revealed at which the studied *P. ostreatus* hybridous strains retained their viability. It was found that a high-temperature stress causes a decrease in the number of basidiocarpus in druses and a decrease in the average weight of fruit bodies of *P. ostreatus* hybridous strains, which leads to a decrease in fungus productivity by 1,2–1,8 times relative to the control.

Key words: fungus *Pleurotus ostreatus*, hybridous strains, cardinal and optimal temperatures, high-temperature stress, mycelium growth, fruit-forming activity, resistance.

© В. О. Корниенко

ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ Fe_3O_4 С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ПОКРЫТИЯ НА РАННИЕ СТАДИИ РАЗВИТИЯ КУКУРУЗЫ САХАРНОЙ (*ZEA MAYS L.*)

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: dayterry@rambler.ru

Корниенко В. О. Влияние наночастиц Fe_3O_4 с различными типами покрытия на ранние стадии развития кукурузы сахарной (*Zea mays L.*). – В работе исследовали влияние наночастиц магнетита Fe_3O_4 с ТМА и СИТ покрытиями на морфометрические показатели надземной и подземной части кукурузы сахарной, ранние стадии онтогенеза, а также работу H^+ -АТФазы корневой системы.

Ключевые слова: наночастицы, кукуруза сахарная, онтогенез, ростовые показатели, H^+ -АТФаза.

Введение

В настоящее время вопросам предпосевной обработки семян и повышению урожайности сельскохозяйственных культур уделяется много внимания со стороны научного сообщества [3, 5, 7–9, 11, 12, 14, 16]. Одним из подходов к решению данного вопроса является использование нанотехнологий, в частности применения наночастиц магнетита Fe_3O_4 [6, 10, 13, 15–18].

Наночастицы магнетита (НЧ) имеют сложное строение, практически всегда – ядро и оболочку. Они обладают биологическим действием и комплексом физических и химических свойств, которые часто радикально отличаются от свойств этого же вещества в форме сплошных фаз или макроскопических дисперсий. Стабилизирующие оболочки наночастиц отличаются по методам синтеза и использованному стабилизатору. В современных научных исследованиях встречаются три вида покрытий – ТМА (частицы, стабилизированные тетраметиламмонием гидроксидом), СИТ (частицы, стабилизированные цитратом натрия), а также BEL (частицы, стабилизированные альбумином). Эти оболочки обеспечивают постепенное высвобождение микроэлементов (в соответствии с нуждами растения) или открытие депо только в заданных условиях (для локализации действия). В итоге эффективность таких наноудобрений по сравнению с обычными подкормками может быть выше, а концентрации микроэлементов в них – меньше.

В предварительных исследованиях [2], с применением наночастиц стабилизированных альбумином (Fe_3O_4 -BEL), были получены результаты на кукурузе сахарной. Установлено, что при использовании Fe_3O_4 -BEL концентрацией 2,4 мг/мл повысилась энергия прорастания семян кукурузы сахарной на 36%, всхожесть – на 64%, длина проростков увеличилась на 24%, длина корня – на 78%. Также проявился и ингибирующий эффект – при концентрации наночастиц 1,2 мг/мл (диаметр (d) стебля меньше относительно контрольной группы на 37%, длина (l) стебля – 46%, l корня – 56%, d корня – 56%) и 1,6 мг/мл (d стебля меньше на 13%, l стебля – 47%, l корня – 31%, d корня – 30%). В связи с этим, проблема биологического действия наночастиц магнетита Fe_3O_4 стабилизированных другими видами оболочек (ТМА и СИТ) на кукурузу сахарную, остается актуальной на сегодняшний день.

Цель работы – исследование влияния наночастиц Fe_3O_4 с различными типами покрытия (ТМА и СИТ) на ранние стадии развития кукурузы сахарной.

Материал и методы исследования

Методика закладки образцов для исследований. Для экспериментальной части работы использовались семена кукурузы сахарной. Семена закладывались в ростовую камеру. В контрольных вариантах семенной материал замачивали в дистиллированной воде, экспериментальные группы обрабатывались суспензией НЧ металлов разных концентраций. После инкубации семян суспензию НЧ металлов сливали. Экспозиция составляла 2 часа, после чего семена помещали в чашки Петри по 60 семян на чашку, при этом подложкой для

семян служила влажная фильтровальная бумага. Семена проращивали при температуре 20°C. Энергию прорастания и всхожесть семян определяли в сроки, указанные в ГОСТ 12038-84: на 3-и сутки (энергия прорастания) и 7-е сутки (всхожесть).

Проращивание осуществлялось в течение 7 дней. На третий день была проведена оценка энергии прорастания, на 7-й день – оценивали морфометрические и онтогенетические показатели.

В ходе эксперимента были сформированы экспериментальные группы растений. Для выполнения задач исследования по влиянию наночастиц Fe_3O_4 с ТМА и СІТ покрытиями на ростовые процессы и онтогенез *Zea mays* L. сформированы 9 групп: I – контрольная (без обработки наночастицами); II – обработка НЧ с концентрацией 0,05 мг/мл; III – обработка НЧ с концентрацией 0,1 мг/мл; IV – обработка НЧ с концентрацией 0,15 мг/мл; V – обработка НЧ с концентрацией 0,20 мг/мл; VI – обработка НЧ с концентрацией 0,25 мг/мл; VII – обработка НЧ с концентрацией 0,30 мг/мл; VIII – обработка НЧ с концентрацией 0,35 мг/мл; IX – обработка НЧ с концентрацией 0,40 мг/мл.

После проведения экспериментальной части были произведены измерения морфометрических параметров: длины, диаметра стебля и корней опытных и контрольной групп штангенциркулем ШЦ-1 0-125 (0,05). Для оценки онтогенетических изменений на ранних этапах развития растения данные заносили по шаблонным таблицам на 3-й день (оценка энергии роста) и 7-й день.

Синтез и оцифровка магнитных наночастиц. Для задач этой работы синтезировались два типа магнитных наночастиц магнетита: Fe_3O_4 -ТМАН (частицы, стабилизированные тетраметиламмонием гидроксидом) и Fe_3O_4 -СІТ (частицы, стабилизированные цитратом натрия).

Раствор солей $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ и $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ (Appli Chem GmbH, Германия), приготовленный в мольном соотношении 1 : 2 (1,867 и 3,6 г соответственно на 80 мл дистиллированной воды) устанавливали на магнитную мешалку и медленно нагревали до 70°C, после чего быстро вносили 20 мл 25% раствора аммиака (Appli Chem GmbH, Германия). В результате добавления щелочи цвет раствора менялся на черно-коричневый, что свидетельствовало об образовании магнетита. Для ускорения процесса осаждения продукта стакан устанавливали на магнит. Затем проводили многократную промывку продукта дистиллированной водой путем магнитной декантации.

В зависимости от получаемого типа магнитных наночастиц дальнейшие этапы процедуры отличались. Для получения частиц Fe_3O_4 -ТМАН к отмытому осадку магнетита вносили 0,7 мл 25% ТМАН и интенсивно перемешивали в течение 5 минут. Затем объем полученного коллоида доводили дистиллированной водой до 40 мл и перемешивали на магнитной мешалке в течение 15–20 минут. После перемешивания коллоид центрифугировали в течение 10 минут при 5000 об./мин. с целью осаждения крупных частиц и их агрегатов. После центрифугирования надосадочную жидкость сливали в емкость для дальнейшего использования.

Наночастицы Fe_3O_4 -СІТ получали следующим образом. К отмытому осадку магнетита добавляли 10 мл 50% (w/v) раствора цитрата натрия (Sigma-Aldrich, США) и интенсивно перемешивали в течение 5 минут. Затем общий объем коллоида доводили дистиллированной водой до 100 мл и перемешивали в течение 2 часов. После этого избыток стабилизатора удаляли магнитной декантацией, а осадок растворяли в 100 мл дистиллированной воды и обрабатывали ультразвуком с помощью диспергатора УЗДН-А в течение 5 минут. Крупные частицы отделяли центрифугированием на протяжении 10 минут при 5000 об./мин. После седиментации супернатант сливали в емкость для дальнейшего использования.

Определение концентрации железа в синтезированных коллоидах магнитных наночастиц проводили путем атомно-абсорбционной спектроскопии. Для синтезированных коллоидов концентрация Fe составила: Fe_3O_4 -ТМАН – 8,48 мг/мл; Fe_3O_4 -СІТ – 3,54 мг/мл.

Анализ образцов синтезированных наночастиц проводили с использованием нескольких методов: электронная микроскопия, индексирование электронограмм, рентгеноструктурный анализ [1].

Электронные микрофотографии магнитных наночастиц получали с помощью просвечивающего электронного микроскопа JEOL JEM 200A. Режим работы: ускоряющее напряжение 200 кВ, ток пучка 100 мкА, размер апертурной диафрагмы в режиме электронной дифракции – 0,1 мм. Пробирка с коллоидом магнитных наночастиц помещалась в ультразвуковой стакан (излучатель) с дистиллированной водой на 10 минут с удельной мощностью излучателя 50 Вт/см² и частотой излучения 35 кГц. Далее наносили на ультразвуковой излучатель с плоским наконечником и распыляли на тонкую углеродную пленку толщиной 10–20 нм, размещенную на специальной медной сеточке для просвечивающей электронной микроскопии.

Влияние наночастиц Fe₃O₄ (ТМА) на работу Н⁺-АТФазы корневой системы кукурузы сахарной. Объект исследования – проростки кукурузы сахарной (*Z. mays*). Исследования проводились на корневой системе растений, которые выращивались в ростовой камере в течение 10 суток при однородных климатических условиях (освещенность, температура, влажность). В работе использовали 5 групп растений: I) контрольная (полив осуществлялся только дистиллированной водой); II) семена в течение суток были подвергнуты обработке наночастицами Fe₃O₄ при концентрации 0,05 мг/мл; III) семена в течение суток были подвергнуты обработке наночастицами Fe₃O₄ при концентрации 0,01 мг/мл; IV) семена в течение суток были подвергнуты обработке наночастицами Fe₃O₄ при концентрации 0,015 мг/мл; V) семена в течение суток были подвергнуты обработке наночастицами Fe₃O₄ при концентрации 0,02 мг/мл.

Дальнейшие исследования кислотно-основного состояния среды, в которую помещали отсеченные элементы корневой системы, проводили с помощью рН-метра ULAB MP551. По величине изменения рН исследуемой среды мы могли судить о работе Н⁺-АТФазы. Для этого 1 г отсеченных корней помещали в инкубационный раствор (0,1 мМ СаSO₄ + 1 мМ КСl) и на протяжении 20 минут (с шагом в 1 минуту) регистрировали изменение рН. По формуле (1), рассчитывали скорость выделения протонов корневой системой:

$$V_{H^+} = \frac{[H^+]_t - [H^+]_o}{M \cdot t} \quad (1)$$

где V_{H^+} – скорость выделения протонов корневой системой, моль/г корней · минуту; $[H^+]_o$ – концентрация протонов в инкубационном растворе до погружения в него корней, моль; $[H^+]_t$ – концентрация протонов в инкубационном растворе через t минут после погружения в него корней, моль; M – сырая масса корней, г; t – время, мин.

Статистическая обработка данных. Для статистической обработки данных использовали программы «Statistica 8» (StatSoft Inc.) и «Excel 2010» (Microsoft Corporation). Достоверность отличий средних арифметических значений полученных данных определяли с использованием t -теста [4].

Результаты и обсуждение

Исследование влияния наночастиц Fe₃O₄ с ТМА покрытием на ростовые процессы и онтогенез *Z. mays*.

Онтогенетические показатели *Z. mays*. Энергию роста семян наблюдали на 3-й день эксперимента. Все данные были занесены в табл. 1. Наблюдение показало, что семена на 3-й день эксперимента находились в трех фазах: не проросли, набухли и вышли в стадию колеоптиль, т. е. имели небольшой стебель. Образцы контрольной группы I имели такие показатели: не проросли 13%, набухших семян было 33%, а в фазе колеоптиль всего 53%.

**Онтогенетические изменения образцов *Zea mays* L. на 3-и сутки эксперимента
(энергия роста) после обработки Fe₃O₄-ТМА**

Группы	Фазы роста*		
	Не проросшие 	Набухшие 	Колеоптиль 
I	8±1	20±2	32±3
II	12±2	18±2	30±3
III	0	14±1	46±3
IV	22±2	20±2	18±2
V	0	12±1	48±2
VI	2±1	28±3	30±3
VII	4±1	28±3	28±3
VIII	2±1	14±1	44±4
IX	10±2	28±3	22±2

Примечания:

1. Фазы роста* – количество семян по фазам роста (сумма 60 шт.);

2. Группы: I – контрольная (без обработки наночастицам); II – обработка НЧ с концентрацией 0,05 мг/мл; III – обработка НЧ с концентрацией 0,1 мг/мл; IV – обработка НЧ с концентрацией 0,15 мг/мл; V – обработка НЧ с концентрацией 0,20 мг/мл; VI – обработка НЧ с концентрацией 0,25 мг/мл; VII – обработка НЧ с концентрацией 0,30 мг/мл; VIII – обработка НЧ с концентрацией 0,35 мг/мл; IX – обработка НЧ с концентрацией 0,40 мг/мл.

Для семян III, V и VIII групп, с концентрациями НЧ 0,1, 0,2 и 0,35 мг/мл наблюдали стимулирующее действие на прохождение стадий онтогенеза на ранних этапах развития. В фазе колеоптиль находилось от 70 до 80% семян. Далее измерения проводили на 7-й день, данные занесены в табл. 2.

Онтогенетические изменения образцов *Zea mays* L. на 7-е сутки после обработки Fe₃O₄-ТМА

Группа	Фазы развития*			
	Не проросшие 	Набухшие 	Колеоптиль 	1 лист 
I	8±1	16±2	24±2	12±1
II	6±1	8±1	40±3	6±1
III	14±2	16±2	30±3	0
IV	10±2	8±1	42±4	0
V	4±1	2±1	54±4	0
VI	4±1	14±1	30±3	12±1
VII	2±1	10±1	40±3	8±1
VIII	10±2	18±2	28±3	4±1
IX	0	16±2	24±2	20±2

Примечания: см. табл. 1.

Образцы контрольной группы I попали в фазу развития всходов: 27% набухли, у 40% колеоптиль, 1 лист у 20% семян; II группа – 10% не проросли, 67% достигли стадии колеоптиля, 10% с одним листом; III группа – 27% набухли, 50% находятся в стадии колеоптиля, 10% – 1 лист; IV группа – 17% не проросли, 70% находились в стадии колеоптиля; V группа – 90% находились в стадии колеоптиля, VI группа отличалась тем, что 23% набухли, семена в стадии колеоптиль находились в количестве 50% и 20% имели один лист; VII группа – 67% семян находились в стадии колеоптиль и 13% имели один лист; VIII – одна из наиболее угнетенных групп, не проросли 17% семян, а только 30% набухли, в стадии колеоптиль 47%, IX группа – показала небольшой стимулирующий эффект действия НЧ с ТМА покрытием на онтогенетические показатели семян на ранних стадиях развития. Так, с одним листом было 33% выборки, а 40% находились в стадии колеоптиля. Все семена проросли.

Морфометрические показатели Z. mays после обработки Fe₃O₄-ТМА. В ходе исследования была измерена длина и диаметр вегетативных органов – стебля и корня. Так как эксперименты проводились в течение длительного времени, для удобства сравнения результаты, полученные в группах II–IX, относили к результатам контрольной группы:

$$d = d \text{ среднее опыт} / d \text{ среднее контроль},$$

$$l = l \text{ среднее опыт} / l \text{ среднее контроль}.$$

Результаты занесены в табл. 3.

Таблица 3

Нормированные значения (1,00 = 100%, контроль) средней длины (l, см) и диаметра (d, мм) для стеблей и корней исследуемых групп Zea mays L. после обработки Fe₃O₄-ТМА

Группа	Стебель		Корень	
	l, см	d, мм	l, см	d, мм
I	1	1	1	1
II	0,85	0,92	0,63	1,01
III	0,77	0,86	0,70	0,99
IV	0,55	0,92	0,35	0,80
V	0,78	0,91	0,50	0,96
VI	0,67	0,82	0,69	0,99
VII	0,89	0,88	0,65	1,1
VIII	0,87	0,90	0,73	1,1
IX	0,79	0,78	0,62	0,94

Примечание. Группы: I – контрольная (без обработки наночастицам); II – обработка НЧ с концентрацией 0,05 мг/мл; III – обработка НЧ с концентрацией 0,1 мг/мл; IV – обработка НЧ с концентрацией 0,15 мг/мл; V – обработка НЧ с концентрацией 0,20 мг/мл; VI – обработка НЧ с концентрацией 0,25 мг/мл; VII – обработка НЧ с концентрацией 0,30 мг/мл; VIII – обработка НЧ с концентрацией 0,35 мг/мл; IX – обработка НЧ с концентрацией 0,40 мг/мл.

Как видно из табл. 3 и рис. 1 стимулирующего эффекта обнаружено не было. Наибольший ингибирующий эффект проявился в IV группе с концентрацией Fe₃O₄ 0,15 мг/мл. Для группы с концентрацией Fe₃O₄ 0,25 мг/мл также обнаружен общий ингибирующий эффект для надземной части семени (стебля) и корневой системы в среднем на 40%. Значения достоверно были ниже контрольных, для надземной части семени на 35%, а для корневой системы на 65%. Для групп II, V, VI, IX – значения длины корневой системы было ниже контрольного в среднем на 40%, для III и VIII групп – на 30%.

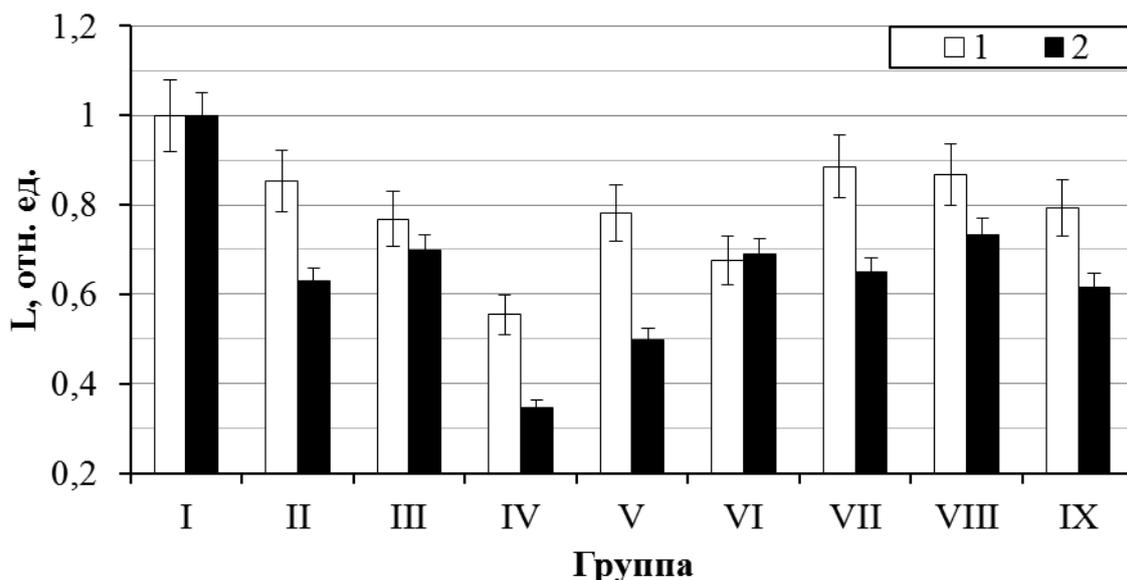


Рис. 1. Зависимость относительной длины стебля (1) и корня (2) для разных групп кукурузы сахарной после обработки Fe_3O_4 -ТМА:

I – контрольная (без обработки наночастицами); II – обработка НЧ с концентрацией 0,05 мг/мл; III – обработка НЧ с концентрацией 0,1 мг/мл; IV – обработка НЧ с концентрацией 0,15 мг/мл; V – обработка НЧ с концентрацией 0,20 мг/мл; VI – обработка НЧ с концентрацией 0,25 мг/мл; VII – обработка НЧ с концентрацией 0,30 мг/мл; VIII – обработка НЧ с концентрацией 0,35 мг/мл; IX – обработка НЧ с концентрацией 0,40 мг/мл

При обработке Fe_3O_4 диаметр стебля у опытных групп достоверно не отличался от контрольных значений (рис. 2). 10% снижение по средним значениям перекрывается планками стандартного отклонения. Стимулирующего эффекта получено не было. Однако нейтральный эффект тоже интересен, т. к. диаметр корневой системы варьировал. Так для II, VII и VIII групп проявился 10% стимулирующий эффект, что, возможно, повлияет на изменение всасывающей поверхности корня и даст результат при проведении более длительных экспериментов, возможно даже в полевых условиях.

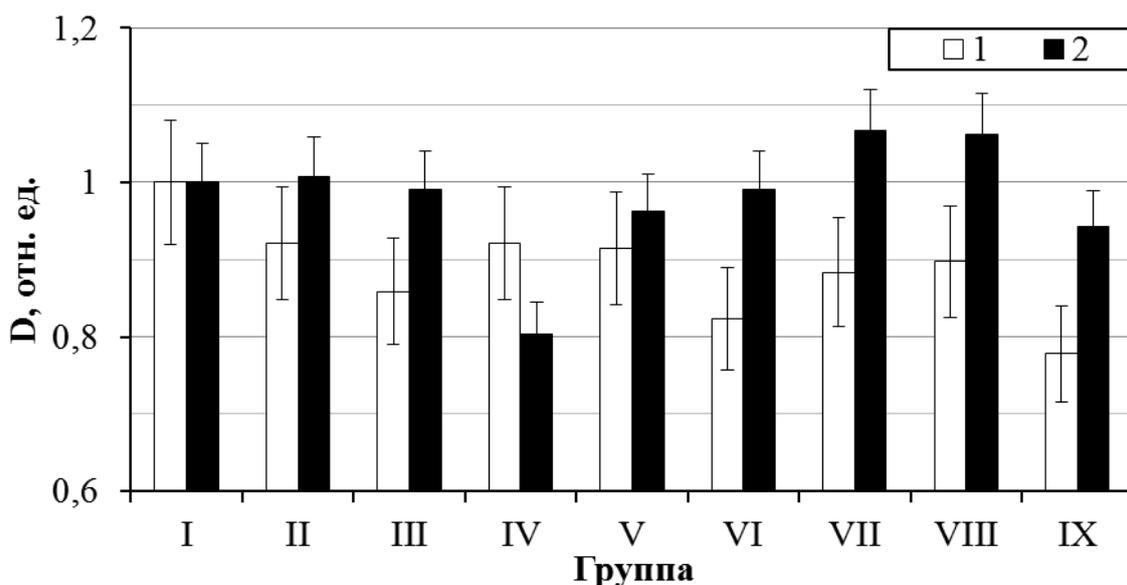


Рис. 2. Зависимость относительного диаметра стебля (1) и корня (2) для разных групп кукурузы сахарной после обработки Fe_3O_4 -ТМА:

I – контрольная (без обработки наночастицами); II – обработка НЧ с концентрацией 0,05 мг/мл; III – обработка НЧ с концентрацией 0,1 мг/мл; IV – обработка НЧ с концентрацией 0,15 мг/мл; V – обработка НЧ с концентрацией 0,20 мг/мл; VI – обработка НЧ с концентрацией 0,25 мг/мл; VII – обработка НЧ с концентрацией 0,30 мг/мл; VIII – обработка НЧ с концентрацией 0,35 мг/мл; IX – обработка НЧ с концентрацией 0,40 мг/мл

Исследование влияния наночастиц Fe_3O_4 с СІТ покрытием на ростовые процессы и онтогенез *Z. mays*.

Онтогенетические показатели *Z. mays*. Энергию роста семян наблюдали на 3-й день эксперимента. Все данные были занесены в табл. 4. Наблюдение показало, что семена на 3-й день эксперимента находились в трех фазах: не проросли, набухли и вышли в стадию колеоптиль, т. е. имели небольшой стебель. Образцы контрольной группы I имели такие показатели: не проросли 3%, набухших семян было 10%, а в фазе колеоптиль 87%.

Таблица 4

Онтогенетические изменения образцов *Zea mays* L. на 3-и сутки эксперимента (энергия роста) после обработки Fe_3O_4 -СІТ

Группы	Фазы роста*		
	Не проросшие 	Набухшие 	Колеоптиль 
I	2±1	6±1	52±4
II	8±1	16±2	36±3
III	6±1	12±1	42±4
IV	6±1	10±1	44±4
V	0	20±2	40±3
VI	0	14±1	46±4
VII	10±2	22±2	28±3
VIII	8±1	12±1	40±4
IX	4±1	14±1	42±4

Примечания: см. табл. 1.

Стимулирующего эффекта не наблюдалось, хотя некоторые группы (V и VI) достигали значения контроля и в пределах погрешности можно отметить нейтральный эффект. Наибольшим ингибирующим действием обладали НЧ II, VII и VIII групп. Далее эффект наблюдали на 7-й день (табл. 5). Установили, что стимулирующего действия наночастицы, покрытые цитратной оболочкой в концентрациях 0,05–0,4 мг/мл (с шагом 0,05), на ранние стадии онтогенеза кукурузы сахарной не оказывают. Наибольшим ингибирующим действием обладают НЧ II и III групп.

Таблица 5

Онтогенетические изменения образцов *Zea mays* L. на 7-е сутки после обработки Fe_3O_4 -СІТ

Группа	Фазы развития*			
	Не проросшие 	Набухшие 	Колеоптиль 	1 лист 
I	0	4±1	10±1	46±2
II	4±1	18±2	22±2	16±2
III	4±1	16±2	26±2	14±1
IV	0	12±1	20±2	28±3
V	0	14±2	22±2	24±2
VI	0	12±1	14±1	34±3
VII	4±1	12±1	22±2	22±2
VIII	4±1	8±1	14±1	34±3
IX	0	6±1	18±1	36±2

Примечания: см. табл. 1.

Образцы контрольной группы I попали в фазу развития всходов: 7% набухли, у 17% колеоптиль, 1 лист у 77% семян; II группа – 7% не проросли, 37% достигли стадии колеоптиля, 27% с одним листом; III группа – 7% набухли, 37% находятся в стадии колеоптиля, 27% имеют 1 лист; IV группа – 20% набухли, 33% находились в стадии колеоптиля; V группа – 37% находились в стадии колеоптиля, 1 лист имели 40%, в VI группе 57% имели один лист, 23% в стадии колеоптиль; VII группа – 37% семян находились в стадии колеоптиль и 37% имели один лист; VIII – не проросли 7% семян, а только 13% набухли, в стадии колеоптиль 23%, в стадии 1 листа – 57%, IX группа – с одним листом было 60% выборки, а 30% находились в стадии колеоптиля. Все семена проросли.

Морфометрические показатели Z. mays после обработки Fe₃O₄-СIT. В ходе исследования была измерена длина и диаметр вегетативных органов – стебля и корня. Так как эксперименты проводились в течение длительного времени, для удобства сравнения результаты, полученные в группах II–IX, относили к результатам контрольной группы: $d = d$ среднее опыт / d среднее контроль, $l = l$ среднее опыт / l среднее контроль. Результаты занесены в табл. 6.

Таблица 6

Нормированные значения (1,00 = 100%, контроль) средней длины (l , см) и диаметра (d , мм) для стеблей и корней исследуемых групп *Zea mays* L. после обработки Fe₃O₄-СIT

Группа	Стебель		Корень	
	l , см	d , мм	l , см	d , мм
I	1	1	1	1
II	0,5	0,9	0,5	0,9
III	0,8	1,2	0,6	1,1
IV	0,8	1,1	0,7	1,1
V	0,7	0,9	0,9	0,9
VI	0,6	1,0	0,8	1,0
VII	0,8	1,0	0,7	0,8
VIII	1,0	1,1	0,9	1,0
IX	0,8	0,9	1,0	0,8

Примечание: см. табл. 3.

Максимальный ингибирующий эффект, при обработке НЧ Fe₃O₄ с цитратным покрытием, на длину стебля и корневой системы проявился в группах II (0,05 мг/мл), III (0,1 мг/мл) и VI (0,25 мг/мл). При концентрации Fe₃O₄ 0,05 мг/мл снижение длины надземной части семени и корневой системы в среднем составило 50% ($p < 0,05$). Значение диаметра стебля при этом достоверно не менялось по сравнению с контролем. При концентрации 0,1 мг/мл наблюдали снижение длины корня на 40% ($p < 0,05$). Для VI группы (0,25 мг/мл) установлено достоверное снижение длины стебля на 40% ($p < 0,05$). Нейтральный эффект был отмечен для VIII опытной группы, с концентрацией Fe₃O₄ 0,35 мг/мл (рис. 3).

Что касается корневой системы, то влияние НЧ Fe₃O₄ имеет нейтральный (0,9–1,0) и стимулирующий эффект ($> 1,0$). Достоверного ингибирующего действия обнаружено не было (рис. 4).

В группах III (0,1 мг/мл) и IV (0,15 мг/мл) выявлено достоверное стимулирующее влияние наночастиц Fe₃O₄ с цитратным покрытием ($p < 0,05$). При концентрации 0,1 мг/мл наблюдали увеличение диаметра стебля на 20%, а корневой системы – на 10%. При концентрации 0,15 мг/мл выявили 10% увеличение диаметра стебля и корня.

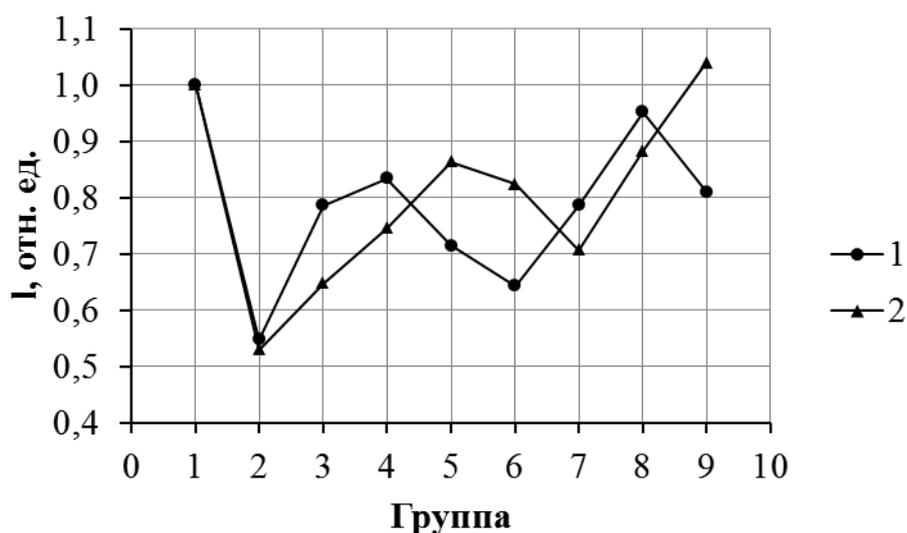


Рис. 3. Зависимость относительного диаметра стебля (1) и корня (2) для разных групп кукурузы сахарной после обработки Fe_3O_4 -СiТ: 1 – стебель; 2 – корень;

группа 1 – контрольная (без обработки наночастицам); 2 – обработка НЧ с концентрацией 0,05 мг/мл; 3 – обработка НЧ с концентрацией 0,1 мг/мл; 4 – обработка НЧ с концентрацией 0,15 мг/мл; 5 – обработка НЧ с концентрацией 0,20 мг/мл; 6 – обработка НЧ с концентрацией 0,25 мг/мл; 7 – обработка НЧ с концентрацией 0,30 мг/мл; 8 – обработка НЧ с концентрацией 0,35 мг/мл; 9 – обработка НЧ с концентрацией 0,40 мг/мл

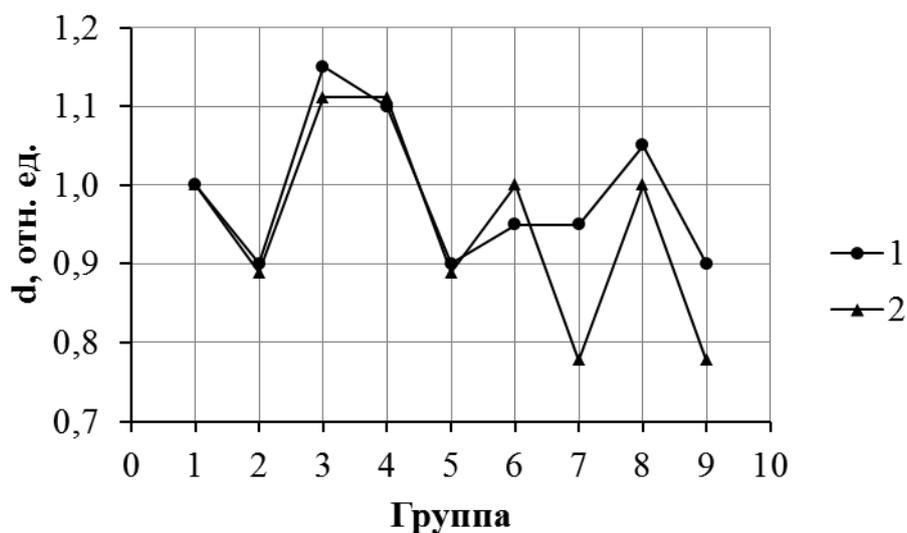


Рис. 4. Зависимость относительного диаметра стебля (1) и корня (2) для разных групп кукурузы сахарной после обработки Fe_3O_4 -СiТ: 1 – стебель; 2 – корень;

группа 1 – контрольная (без обработки наночастицам); 2 – обработка НЧ с концентрацией 0,05 мг/мл; 3 – обработка НЧ с концентрацией 0,1 мг/мл; 4 – обработка НЧ с концентрацией 0,15 мг/мл; 5 – обработка НЧ с концентрацией 0,20 мг/мл; 6 – обработка НЧ с концентрацией 0,25 мг/мл; 7 – обработка НЧ с концентрацией 0,30 мг/мл; 8 – обработка НЧ с концентрацией 0,35 мг/мл; 9 – обработка НЧ с концентрацией 0,40 мг/мл

Влияние наночастиц Fe_3O_4 (ТМА) на работу H^+ -АТФазы корневой системы кукурузы сахарной. Подкисляющая активность корней рассматривается как критерий физиологической активности проростков с/х культур растений, а также как маркер устойчивости к факторам стресса (например, солевого стресса). Исходя из этого, для характеристики адаптивных возможностей кукурузы сахарной в условиях обработки наночастицами определяли подкисляющую активность их корней в контроле (полив дистиллированной водой) и в условиях обработки наночастицами.

Установлено, что обработка наночастицами увеличивает ацидофицирующую активность корней проростков кукурузы сахарной. Полученные данные свидетельствуют

также о том, что имеется зависимость усиления ацидофицирующей активности от концентрации наночастиц железа Fe_3O_4 . Так, при обработке семян концентрацией 0,05 мг/мл Fe_3O_4 скорость выделения протонов оставалась на уровне с контролем (0,11 мМоль/г*мин), при концентрации 0,1 мг/мл Fe_3O_4 скорость увеличивалась в ~2 раза (0,25 мМоль/г*мин), при концентрации 0,15 мг/мл Fe_3O_4 скорость увеличивалась в ~3 раза (0,39 мМоль/г*мин), при концентрации 0,2 мг/мл Fe_3O_4 скорость увеличивалась в ~20 раз (2,2 мМоль/г*мин) (рис. 5).

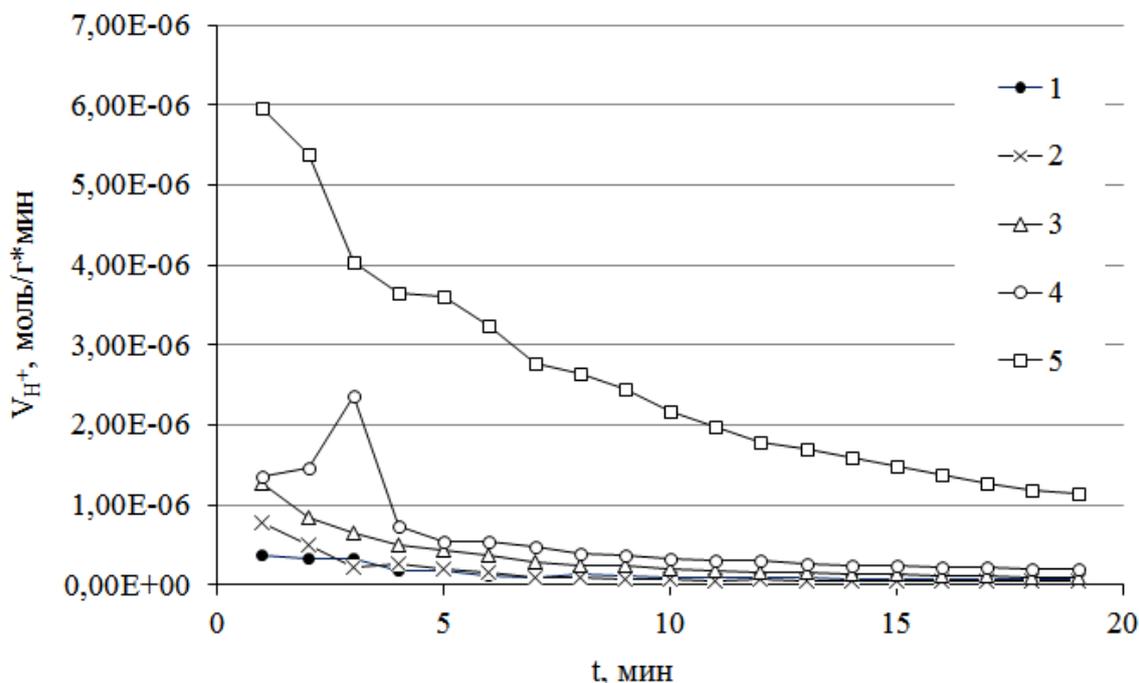


Рис. 5. Зависимость скорости выделения протонов (V_{H^+}) корневой системой кукурузы сахарной от времени (t) после обработки НЧ Fe_3O_4 с ТМА покрытием:
1 – контроль; 2 – 0,05 мг/мл; 3 – 0,1 мг/мл; 4 – 0,15 мг/мл; 5 – 0,2 мг/мл

Выводы

При обработке НЧ Fe_3O_4 с ТМА покрытием был обнаружен 10% стимулирующий эффект (по диаметру корневой системы) для VII и VIII групп. Диаметр стебля у опытных групп достоверно не отличался от контрольных значений. Наибольший ингибирующий эффект проявился на длине стебля (11–35%) и корневой системы (38–65%) кукурузы сахарной. Максимальное снижение выявили в IV (0,15 мг/мл) и VI (0,25 мг/мл) группах. Меньше всего влияние наночастиц Fe_3O_4 отразилось на диаметре стебля и корня.

Известно, что поддержание ионного гомеостаза на клеточном уровне реализуется с помощью работы ионных насосов и ионных каналов. Было показано, что при обработке наночастицами концентрациями от 0,1 до 0,2 H^+ -транспортная активность в присутствии ионов железа увеличивается в несколько раз. Это может быть следствием усиления как работы H^+ -АТФазы плазмалеммы, так и изменения количества ионных каналов.

При обработке семян растений наночастицами Fe_3O_4 с СИТ покрытием достоверного ингибирующего действия на корневую систему обнаружено не было. В группах III (0,1 мг/мл) и IV (0,15 мг/мл) выявлено достоверное стимулирующее влияние наночастиц Fe_3O_4 с цитратным покрытием ($p < 0,05$). При концентрации 0,1 мг/мл наблюдали увеличение диаметра стебля на 20%, а корневой системы – на 10%. При концентрации 0,15 мг/мл выявили 10% увеличение диаметра стебля и корня. Максимальный ингибирующий эффект на длину стебля и корневой системы проявился в группах II (0,05 мг/мл), III (0,1 мг/мл) и VI (0,25 мг/мл). При концентрации Fe_3O_4 0,05 мг/мл снижение длины надземной части семени и корневой системы в среднем составило 50% ($p < 0,05$). Нейтральный эффект был отмечен для VIII опытной группы с концентрацией Fe_3O_4 0,35 мг/мл.

Список литературы

1. Асеев В. А., Золотарев В. М., Никоноров Н. В. Приборы и методы исследования наноматериалов фотоники : уч. пос. СПб. : Изд-во ун-та ИТМО, 2015. 130 с.
2. Корниенко В. О., Кольченко О. Р., Яицкий А. С. Влияние наночастиц Fe₃O₄ на онтогенез и морфометрические показатели кукурузы сахарной (*Zea mays* L.) // Современная наука : актуальные проблемы теории и практики. Сер. Естеств. и техн. науки. 2020. № 08/2. С. 30–36.
3. Кудрявцева Е. А., Анилова Л. В., Кузьмин С. Н., Шарыгина М. В. Влияние различных форм железа на прорастание семян *Triticum aestivum* L. // Вестник ОГУ. 2013. № 6. С. 46–48.
4. Лакин Г. Ф. Биометрия. М. : Высш. шк., 1990. 352 с.
5. Agrawal S., Rathore P. Applications of nanomaterials in agricultural production and crop protection : a review // Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. 2014. Vol. 3. P. 43–55.
6. Alidoust D., Isoda A. Phytotoxicity assessment of γ -Fe₂O₃ nanoparticles on root elongation and growth of rice plant // Environ. Earth Sci. 2013. Vol. 71. P. 5173–5182.
7. Arruda S. C., Silva A. L., Galazzi R. M., Azevedo R. A., Arruda M. A. Nanoparticles applied to plant science : a review // Talanta. 2015. Vol. 131. P. 693–705.
8. Deng Y., White J. C., Xing B. Interactions between engineered nanomaterials and agricultural crops : implications for food safety // J. Zhejiang Univ.-Sci. A. (Appl. Phys. & Eng.). 2014. Vol. 15. P. 552–572.
9. Giordani T., Fabrizi A., Guidi L., Natali L., Giunti G., Ravasi F., Cavallini A., Pardossi A. Response of tomato plants exposed to treatment with nanoparticles // Environ. quality (EQA). 2012. Vol. 8. P. 27–38.
10. Gui X., Deng Y., Rui Y., Gao B., Luo W., Chen S., Nhan L. V., Li X., Liu S., Han Y., Liu L., Xing B. Response difference of transgenic and conventional rice (*Oryza sativa*) to nanoparticles (γ -Fe₂O₃) // Environ. Sci. Pollut. Res. Int. 2015. Vol. 22. P. 17716–17723.
11. Khot L. R., Sankaran S., Maja J. M., Ehsani R., Schuster E. W. Nanotechnology pros and cons to agriculture : a review // Crop Prot. 2012. Vol. 35. P. 64–70.
12. Mukhopadhyay S. S. Nanotechnology in agriculture : prospects and constraints // Nanotechnol. Sci. Appl. 2014. № 7. P. 63–71.
13. Mushtaq Y. K. Effect of nanoscale Fe₃O₄, TiO₂ and carbon particles on cucumber seed germination // J. Environ. Sci. Health. 2011. Vol. 46. P. 1732–1735.
14. Sekhon B. S. Nanotechnology in agri-food production : an overview // Nanotechnol. Sci. Appl. 2014. № 7. P. 31–53.
15. Trujillo-Reyes J., Majumdar S., Botez C. E., PeraltaVidea J. R., Gardea-Torresdey J. L. Exposure studies of core-shell Fe/Fe₃O₄ and Cu/CuO NPs to lettuce (*Lactuca sativa*) plants : Are they a potential physiological and nutritional hazard? // J. Hazard. Mater. 2014. Vol. 267. P. 255–263.1
16. Wang H., Kou X., Pei Z., Xiao J. Q., Shan X., Xing B. Physiological effects of magnetite (Fe₃O₄) nanoparticles on perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and pumpkin (*Cucurbita mixta*) plants // Nanotoxicology. 2011. Vol. 5. P. 30–42.
17. Yang Z., Chen J., Dou R., Gao X., Mao C., Wang L. Assessment of the phytotoxicity of metal oxide nanoparticles on two crop plants, maize (*Zea mays* L.) and rice (*Oryza sativa* L.) // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2015. Vol. 12. P. 15100–15109.
18. Zahra Z., Arshad M., Rafique R., Mahmood A., Habib A., Qazi I. A., Khan S. A. Metallic nanoparticle (TiO₂ and Fe₃O₄) application modifies rhizosphere phosphorus availability and uptake by *Lactuca sativa* // J. Agric. Food Chem. 2015. Vol. 63. P. 6876–6882.

Kornienko V. O. Influence of Fe₃O₄ nanoparticles with different types of shells on the early stages of development of *Zea mays* L. – The paper investigated the influence of magnetite (Fe₃O₄) nanoparticles with TMA and CIT shells, on the morphometric parameters of the aboveground and underground parts of *Zea mays* L., early stages of ontogenesis, and the work of H⁺-ATPase of the root system.

Key words: nanoparticles, *Zea mays* L., ontogenesis.

© О. В. Фрунзе, А. П. Качмар

**ИЗМЕНЕНИЕ РОСТОВЫХ ПРОЦЕССОВ ГАЗОННЫХ ТРАВ В УСЛОВИЯХ
ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ ИОНАМИ КОБАЛЬТА И МАРГАНЦА**

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: hromyh82@mail.ru

Фрунзе О. В., Качмар А. П. Изменение ростовых процессов газонных трав в условиях загрязнения почвы ионами кобальта и марганца. – Исследовали изменение ростовых процессов газонных трав в условиях загрязнения почвы ионами кобальта и марганца. Загрязнение почвы соединениями кобальта и марганца оказывает значительное негативное влияние на ростовые процессы проростков всех изученных видов растений. Наиболее сильное негативное влияние вызывает комплексное загрязнение почвы высокими концентрациями ионов кобальта и марганца. Их влияние зависит от физиологических особенностей вида, концентрации и свойств загрязнителя. Наиболее чувствительными к загрязнению почвы оказались проростки *Agrostis vulgaris* With. и *Festuca rubra* L., более устойчивыми к действию токсикантов – проростки *Bromus arvensis* L.

Ключевые слова: кобальт, марганец, газонные травы.

Введение

В последние десятилетия значительно возросло антропогенное влияние на окружающую среду. В хозяйственную деятельность стали вовлекаться большие количества природных ресурсов, что привело к радикальным изменениям динамики процессов, которые протекают в биосфере. Одним из отрицательных аспектов производственной деятельности человека является загрязнение окружающей среды органическими и неорганическими химическими соединениями, многие из которых являются токсическими и оказывают значительное отрицательное влияние на растительные организмы [9, 10].

Тяжелые металлы – это группа химических элементов с относительной атомной массой более 40 [1, 2]. Появление в литературе термина «тяжелые металлы» было связано с проявлением токсичности некоторых металлов и опасности их для живых организмов. Однако в группу «тяжелых» вошли и некоторые микроэлементы, жизненная необходимость и широкий спектр биологического действия которых неопровержимо доказаны [4].

Тяжелые металлы (Cu, Ni, Co, Pb, Sn, Zn, Cd, Bi, Sb, Hg) относятся к микроэлементам, т. е. химическим элементам, присутствующим в организмах в низких концентрациях (обычно тысячные доли процента и ниже). Изучение минерального питания растительных организмов включает в себя исследование и микроэлементов [3, 5, 11].

Поэтому целью нашей работы было изучение влияния тяжелых металлов на изменение ростовых процессов газонных трав, изучение механизмов адаптации растений к загрязнению почвы соединениями марганца и кобальта, а также нахождение видов, устойчивых к данному загрязнению.

Материал и методы исследования

В качестве объектов исследования для проведения эксперимента были использованы проростки следующих газонных трав: бромус полевой (*Bromus arvensis* L.), овсяница красная (*Festuca rubra* L.), полевица обыкновенная (*Agrostis vulgaris* With.) [8].

Исследования по влиянию загрязнения почвы ионами кобальта и марганца на газонные травы проводились по схеме полного двухфакторного трехуровневого эксперимента.

В качестве загрязнителей использовались сульфат кобальта и сульфат марганца по стехиометрическому отношению. Концентрации марганца составляли 0–3 г/кг, кобальта – 0–10 мг/кг. Семена растений проращивались согласно их биологическим особенностям. Выращивание велось на протяжении тридцати дней, продолжительности светового дня 14 часов, температуре 20–22°C и влажности почвы около 70% полной влажности. В каждый сосуд вносилось по 350 г почвы, просеянной через почвенное сито с диаметром отверстий

3 мм, в который предварительно вносились сульфат кобальта и сульфат марганца согласно схеме эксперимента.

При снятии результатов измеряли длину подземной и надземной частей растений.

Полученные данные подвергались математической обработке по методу полного двухфакторного дисперсионного анализа. Сравнение средних осуществлялось по методике Даннета. Расчеты проводились с помощью специально разработанной программы.

Результаты и обсуждение

Рассмотрим влияние загрязнения почвы кобальтом и марганцем на длину корня и стебля проростков *B. arvensis*, *F. rubra*, *A. vulgaris* (табл. 1–3).

Таблица 1

Влияние загрязнения почвы кобальтом и марганцем на ростовые процессы проростков *Bromus arvensis* L.

№ варианта	Длина проростка, см					
	Корень			Стебель		
	M ± m	D	D ^D	M ± m	D	D ^D
1	3,29 ± 0,91	-	-	4,84 ± 1,05	-	-
2	4,41 ± 0,32	1,12	1,59	6,24 ± 0,09	1,40	2,54
3	2,23 ± 0,29	-1,06	1,59	5,17 ± 0,52	0,33	2,54
4	2,90 ± 0,34	-0,39	1,59	7,06 ± 0,61	2,21	2,54
5	2,71 ± 0,36	-0,57	1,59	3,83 ± 1,31	-1,01	2,54
6	2,29 ± 0,38	-1,00	1,59	4,57 ± 0,78	-0,27	2,54
7	4,16 ± 0,83	0,87	1,59	5,77 ± 0,92	0,93	2,54
8	2,90 ± 0,31	-0,39	1,59	5,33 ± 0,26	0,49	2,54
9	2,73 ± 0,54	-0,56	1,59	3,57 ± 0,91	-1,27	2,54

Примечание. D – разница между средними; D^D – допуск Даннета.

Загрязнение ионами кобальта сильнее влияет на длину надземной части и корня проростков *B. arvensis*, чем загрязнение ионами марганца. При внесении 5 мг/кг кобальта (вариант 2) не было отмечено достоверного угнетения ростовых процессов корня проростков, что, очевидно, можно связать с проявлением адаптивных реакций у растений в отношении кобальтового загрязнения почвы [6, 7]. Но при увеличении концентрации ионов кобальта до 10 мг/кг длина корня снизилась на 32%, по сравнению с контрольными растениями. Внесение в почву ионов марганца не оказывает достоверного снижения роста корня проростков *B. arvensis*, а при концентрации 2 г/кг почвы (вариант 7) было отмечено увеличение длины корня на 26%. Наиболее сильное угнетение ростовых процессов корня оказывает комплексное загрязнение почвы кобальтом и марганцем (вариант 8, 9), при котором уменьшение длины корней достигает 30–32% по сравнению с контролем.

При внесении ионов кобальта в концентрациях 5 и 10 мг/кг длина стебля проростков *F. rubra* уменьшается на 7–55% в сравнении с контролем. Отдельное внесение марганца оказывает негативное влияние на ростовые показатели стебля *F. rubra*. При комплексном внесении загрязнителей также прослеживается угнетение роста стебля проростков *F. rubra*, негативное влияние возрастает при повышении концентрации как кобальта, так и марганца.

Влияние загрязнения почвы фтором и серой на ростовые процессы проростков овсяницы красной (*Festuca rubra* L.)

№ варианта	Длина проростка, см					
	Корень			Стебель		
	$M \pm m$	D	D ^D	$M \pm m$	D	D ^D
1	21,43 ± 2,40	-	-	10,37 ± 2,26	-	-
2	15,82 ± 1,74	-5,62	10,31	9,63 ± 2,83	-0,73	8,59
3	17,47 ± 1,74	-3,97	10,31	4,63 ± 2,58	-5,73	8,59
4	19,68 ± 4,47	-1,75	10,31	3,05 ± 1,36	-7,32	8,59
5	12,55 ± 3,96	-8,88	10,31	4,98 ± 2,19	-5,38	8,59
6	21,80 ± 3,44	0,37	10,31	10,67 ± 2,43	0,30	8,59
7	19,35 ± 2,29	-2,08	10,31	8,90 ± 3,01	-1,47	8,59
8	17,56 ± 1,23	-3,87	10,31	8,21 ± 2,12	-2,16	8,59
9	18,70 ± 2,76	-2,73	10,31	8,95 ± 2,85	-1,42	8,59

Примечание. D – разница между средними; D^D – допуск Даннета.

Анализ экспериментальных данных показал, что внесение в почву ионов кобальта и марганца приводит к угнетению роста корней проростков *F. rubra*. Отрицательный эффект усиливается по мере увеличения концентрации загрязнителей. Так, при внесении в почву ионов кобальта в концентрации 5 мг/кг длина корня снижается на 26%, а при увеличении концентрации загрязнителя длина корня проростков снижается на 18%, по сравнению с контролем.

При внесении в почву ионов марганца в концентрациях 1,5 и 3 г/кг почвы длина корня проростков *F. rubra* уменьшается на 7–8%, в сравнении с контрольными растениями. Во всех вариантах комплексного внесения загрязнителей длина корней проростков *F. rubra* снизилась на 18–41%. При увеличении концентрации загрязнителей негативное влияние усиливается.

Как свидетельствуют данные проведенных исследований, внесение в почву ионов кобальта и марганца оказывает негативное влияние на ростовые процессы корней и стеблей проростков *A. vulgaris*, которое усиливается с увеличением концентрации токсикантов (табл. 3). Так, внесение кобальта в концентрации 5 мг/кг угнетает ростовые процессы корня на 14%, а при внесении 10 мг/кг – на 47%, по сравнению с контрольными растениями.

Внесение в почву 1,5 г/кг ионов марганца снизило длину корней проростков *A. vulgaris* на 51%, а при внесении в почву 3 г/кг – на 17%. Совместное действие загрязнителей во всех вариантах исследования угнетает ростовые процессы корней *A. vulgaris* на 19–51%.

На длину стебля проростков *A. vulgaris* внесение загрязнителей оказывает аналогичное влияние. Так, при внесении 5 и 10 мг/кг ионов кобальта длина стебля проростков *A. vulgaris* уменьшилась на 9%, а отдельное внесение ионов марганца угнетает рост надземной части проростков на 21–33%, в сравнении с контрольными растениями.

При комплексном внесении загрязнителей рост надземной части проростков *A. vulgaris* уменьшился на 28–43%, в сравнении с контролем.

Влияние загрязнения почвы кобальтом и марганцем на ростовые процессы проростков *Agrostis vulgaris* With.

№ варианта	Длина проростка, см					
	Корень			Стебель		
	M ± m	D	D ^D	M ± m	D	D ^D
1	6,74 ± 0,46	-	-	7,04 ± 0,24	-	-
2	5,81 ± 0,62	-0,93	2,84	6,44 ± 0,25	-0,60	2,07
3	3,56 ± 0,49	-3,18	2,84	6,06 ± 0,29	-0,99	2,07
4	3,29 ± 0,57	-3,46	2,84	4,73 ± 0,49	-2,31	2,07
5	3,63 ± 0,64	-3,11	2,84	5,10 ± 0,45	-1,94	2,07
6	5,49 ± 0,84	-1,26	2,84	5,79 ± 0,41	-1,26	2,07
7	5,60 ± 0,42	-1,14	2,84	5,59 ± 0,32	-1,46	2,07
8	3,77 ± 0,98	-2,97	2,84	4,47 ± 0,76	-2,57	2,07
9	4,31 ± 1,11	-2,43	2,84	4,00 ± 0,18	-3,04	2,07

Примечание. D – разница между средними; D^D – допуск Даннета.

Таким образом, загрязнение почвы соединениями кобальта и марганца оказывает значительное негативное влияние на ростовые процессы проростков всех изученных видов растений. Наиболее чувствительными к загрязнению почвы оказались *A. vulgaris* и *F. rubra*. Более устойчивыми к действию токсикантов выявились проростки *B. arvensis*. Наиболее сильное отрицательное влияние оказывает комплексное загрязнение почвы высокими концентрациями или обоих загрязнителей, или одного из них.

Выводы

Загрязнение почвы соединениями кобальта и марганца оказывает значительное негативное влияние на ростовые процессы проростков всех изученных видов растений. Наиболее сильное негативное влияние вызывает комплексное загрязнение почвы высокими концентрациями ионов кобальта и марганца. Наиболее чувствительными к загрязнению почвы оказались проростки *A. vulgaris* и *F. rubra*, более устойчивыми к действию токсикантов – проростки *B. arvensis*.

Список литературы

1. Веселовский В. А., Веселова Т. В., Чернавский Д. С. Стресс растения. Биофизический подход // Физиология растений. 1993. Т. 40, № 4. С. 553–567.
2. Волошин Е. И. Загрязнение почвы тяжелыми металлами и продуктивность растений // Земледелие. 1998. № 3.
3. Гуральчук Ж. З. Механизмы устойчивости растений к тяжелым металлам // Физиология и биохимия культурных растений. 1994. Т. 26, № 2. С. 107–117.
4. Добровольский Г. В., Гришина Л. А. Загрязнение тяжелыми металлами и охрана почв. М. : Изд-во МГУ, 1985.
5. Колесникова А. А., Качмар А. П., Фрунзе О. В. Фиторемедиация почв, загрязненных ионами кобальта, марганца и хрома // Донецкие чтения 2019 : образование, наука, инновации, культура и вызовы современности : матер. IV Междунар. науч. конф. (Донецк,

31 октября 2019 г.). Т. 2 : Хим.-биол. науки. Донецк : Изд-во ДонНУ, 2019. С. 347–349.

6. Косулина Л. Г., Луценко Э. К., Аксенов В. А. Физиология устойчивости к неблагоприятным факторам среды. Ростов н/Д : Изд-во Рост. ун-та, 2006. 236 с.

7. Фрунзе О. В. Вплив забруднення ґрунту іонами кобальту та марганцю на активність каталази проростків деяких видів газонних трав // Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів : зб. доп. VII Міжнар. наук. конф. асп. та студ. Донецьк : ДонНТУ, 2008. Т. 1. С. 313.

8. Фрунзе О. В., Высоцкий С. П. Восстановление почв, загрязненных тяжелыми металлами, методом фиторемедиации // Вестник Автомобильно-дорожного ин-та Донецкого нац. техн. ун-та. 2019 а. Вып. № 3 (30). С. 35–43.

9. Фрунзе О. В., Высоцкий С. П. Изменение теплотворной способности газонных трав в условиях загрязнения почвы ионами тяжелых металлов // Вестник Луганского нац. ун-та им. В. Даля. Возрождение, экология, ресурсосбережение и энергоэффективность инженерной инфраструктуры урбанизированных территорий Донбасса : традиции и инновации. 2019 б. № 10 (28). С. 143–148.

10. Junior A. M. D., Oliva M. A., Ferreira F. A. Dispersal pattern of airborne emissions from an aluminium smelter in Ouro Preto, Brasil, as expressed by foliar fluoride accumulation in eight plant species // Ecological Indicators. 2008. Vol. 8, N 5. P. 454–461.

11. Pilon-Smits E., Pilon M. Phytoremediation of metals using transgenic plants // Critical Reviews in Plant Sciences. 2002. Vol. 21, N 5. P. 439–456.

Frunze O. V., Kachmar A. P. Changes in the growth processes of lawn grasses under conditions of soil contamination with cobalt and manganese ions. – We investigated the change in the growth processes of lawn grasses under conditions of soil contamination with cobalt and manganese ions. Soil contamination with cobalt and manganese compounds has a significant negative effect on the growth processes of seedlings of all studied plant species. The strongest negative impact is caused by complex soil pollution with high concentrations of cobalt and manganese ions. Their influence depends on the physiological characteristics of the species, concentration and properties of the pollutant. The most sensitive to soil pollution were the seedlings of *Agrostis vulgaris* With. and *Festuca rubra* L., more resistant to the action of toxicants – seedlings of *Bromus arvensis* L.

Key words: cobalt, manganese, lawn grass.

© А. В. Чайка

БИОДЕСТРУКЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ШТАММОМ КСИЛОТРОФНОГО ГРИБА *TRAMETES HIRSUTA* Th-11ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: alexander.v.chaika@gmail.com

Чайка А. В. Биодеструкция органических отходов штаммом ксилотрофного гриба *Trametes hirsuta* Th-11. – Приведены результаты исследования динамики деструкции органических отходов (древесные опилки акации белой, пшеничная солома, модельный ксенобиотик methyl orange) штаммом ксилотрофного гриба *T. hirsuta* Th-11 при жидкофазном культивировании. Показана возможность использования исследуемых растительных отходов в качестве единственного источника питательных веществ. Установлена оптимальная продолжительность культивирования с целью получения лакказы.

Ключевые слова: органические отходы, биодеструкция, лакказа, *Trametes hirsuta*.

Введение

Объем органических отходов хозяйственной деятельности человека ежегодно возрастает и достигает колоссального уровня. В ряде исследований показано, что сегодня в мире эффективность использования человеком природных ресурсов достаточно низкая: на 1 т конечного продукта образуется 10 т отходов при его производстве и 100 т отходов при добыче сырья [5]. Так, на территории Российской Федерации в 2018 г. образовалось 7266 млн т отходов, что на 16,8% выше уровня 2017 г. и на 94,5% выше уровня 2010 г. При этом на долю отходов сельского и лесного хозяйства в 2018 г. приходилось 42,8 млн т отходов [4]. На территории Донецкой Народной Республики в 2017 г. образовалось 6191438 т отходов, а накоплено к этому времени 18145 млн т отходов. Под свалками отходов занято 6,2 тыс. га, или более 2% общей территории республики [7]. В пересчете на одного жителя РФ количество всех видов отходов составляет 49,5 т/чел., а на одного жителя ДНР – 2,7 т/чел. Однако, согласно [4, 7], повторное использование отходов в РФ составляет 52,4%, а в ДНР – 10% от общего количества образованных отходов всех видов.

Вопрос конверсии отходов является одним из наиболее актуальных в современном мире. Переработка отходов, особенно органических, – сельского и лесного хозяйства, должна быть экологически и экономически выгодной и направленной на решение таких проблем, как получение биогумуса, стимуляторов роста и урожайности сельскохозяйственных растений, биотоплива, кормов, пищевых продуктов и пр.

Органические отходы могут служить дешевым субстратом для выращивания грибов [6, 17]. С этой точки зрения целесообразно использование грибов белой гнили, которые, по многочисленным исследованиям [1, 3, 18], считаются наиболее эффективными биодеструкторами в природе благодаря наличию лигнолитического комплекса ферментов. Основные в этом комплексе – лакказа, катехолоксидаза, тирозиназа и пероксидазы [2, 18]. Перспективным направлением грибоводства является выращивание лекарственных грибов – продуцентов биологически активных веществ и пищевого белка. Одним из ксилотрофных грибов, обладающих таким свойством, является *Trametes hirsuta* (Wulfen) Lloyd с противоопухолевым, антибактериальным и др. действием [10, 15].

Выбранный для настоящего исследования штамм *T. hirsuta* Th-11 по результатам предшествующих опытов [8, 9, 13, 14] был отмечен как перспективный для разработки биотехнологических процессов биодеградации загрязнителей окружающей среды.

Исходя из вышеизложенного, цель работы состояла в изучении биодеструкции органических отходов (древесные опилки акации белой, пшеничная солома, модельный ксенобиотик methyl orange) штаммом ксилотрофного гриба *T. hirsuta* Th-11 при жидкофазном культивировании.

Материал и методы исследования

В работе использовали штамм *T. hirsuta* Th-11, который был выделен в чистую культуру из плодовых тел, собранных в 2011 г. на пне лиственного дерева (вероятно, рода *Populus*) на территории г. Донецка и депонирован в Коллекции культур шляпочных грибов (IBK) Института ботаники им. Н. Г. Холодного НАН Украины под номером 2429 [8].

Штамм культивировали глубинным методом на жидких средах с растительными отходами (древесные опилки акации белой либо пшеничная солома в количестве 8,1 г/л) в качестве единственных источников углеродного и азотного питания. Начальный водородный показатель pH среды с древесными опилками составлял $5,45 \pm 0,16$, а среды с пшеничной соломой – $5,89 \pm 0,12$. Процесс глубинного культивирования проводили на протяжении 54-х суток согласно [13].

О скорости биодеструкции растительных отходов штаммом ксилотрофного гриба *T. hirsuta* Th-11 судили по убыли абсолютно сухой массы субстрата за определенный период культивирования гриба, которую определяли весовым методом. По полученным данным рассчитывали среднесуточную убыль абсолютно сухой массы растительных отходов за 1 сутки культивирования (в % по отношению к исходному их количеству).

В фильтрате культуральной жидкости (КФ) определяли лакказную активность фотометрически по окислению пирокатехина в присутствии диметил-н-парафенилендиамина. За единицу активности (ед.) принимали скорость изменения оптической плотности реакционной смеси в пересчете на 1 мл КФ [1, 13].

С целью определения эффективности окислительной деструкции модельного ксенобиотика – анилинового красителя methyl orange $C_{14}H_{14}N_3NaO_3S$ (CAS 547-58-0) культуральным фильтратом штамма проводили инкубацию раствора красителя с КФ в течение 24 ч. Обесцвечивание раствора определяли фотометрически при максимуме светопоглощения 506 нм в буферном растворе по сравнению с контрольным образцом красителя [12].

Эксперименты проводили в трехкратной повторности. Полученные экспериментальные данные обрабатывали с использованием общепринятых методов статистической обработки результатов биологических экспериментов [11].

Результаты и обсуждение

При росте исследуемого штамма *T. hirsuta* Th-11 на среде с древесными опилками (рис. 1) было отмечено резкое увеличение активности лакказы в течение первых 7 суток культивирования до уровня $48,28 \pm 2,07$ ед. Далее происходило снижение активности фермента на 17% на 13-е сутки роста с последующим постепенным увеличением активности до максимального уровня $50,85 \pm 2,53$ ед. в конце срока культивирования.

Эффективность окислительной деструкции красителя methyl orange в процессе культивирования также значительно изменялась. Аналогично предыдущему показателю, значительное увеличение эффективности деструкции ксенобиотика наблюдалось в течение первых 7 суток роста штамма. В течение последующих 12 суток роста эффективность деструкции methyl orange оставалась на достигнутом уровне. Можно предположить, что лакказа на данном этапе вносит наибольший вклад в деструкцию исследуемого ксенобиотика. Начиная с 19-х по 26-е сутки роста отмечено увеличение эффективности деструкции methyl orange на 240%, возможно, за счет индукции синтеза других ферментов лигнолитического комплекса. Максимальное значение эффективности деструкции красителя ($116,55 \pm 5,54$ усл. ед.) также установлено в конце срока культивирования – на 54-е сутки.

График расходования субстрата (древесных опилок) на метаболизм культуры *T. hirsuta* Th-11 имел 2 максимума – на 19-е и 54-е сутки роста. Так, на 19-е сутки роста разрушение органических веществ происходило со скоростью $0,71 \pm 0,05$ %/сут., а на 54-е сутки – $0,87 \pm 0,14$ %/сут. Наличие второго пика на графике может быть связано с началом утилизации более труднодоступных компонентов субстрата при помощи адаптивных экзоферментов.

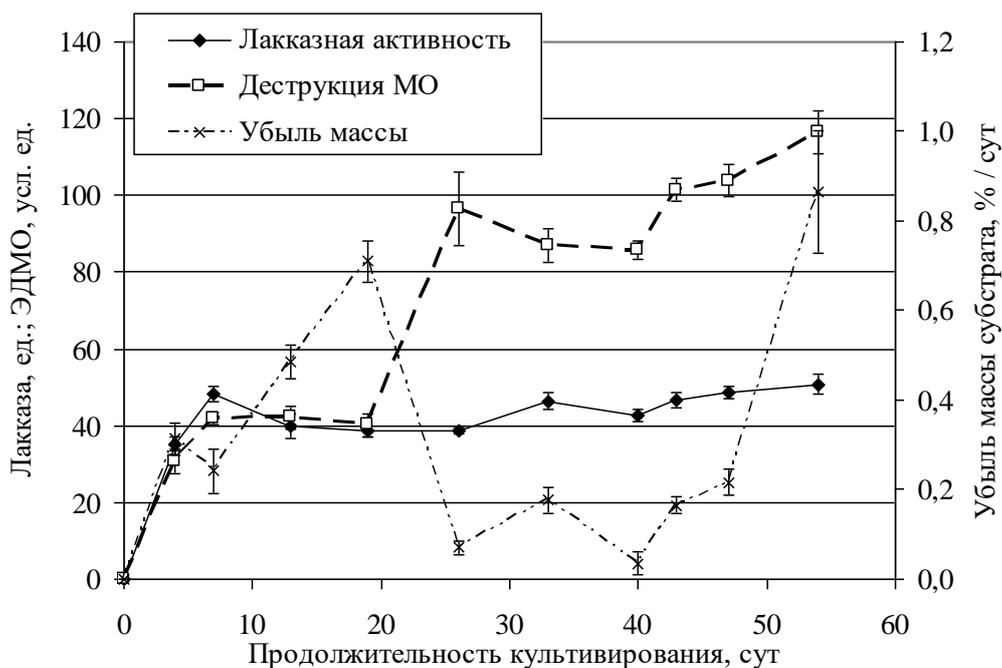


Рис. 1. Показатели активности лакказы и биодеструкции methyl orange (ЭДМО) и растительного субстрата штаммом гриба *T. hirsuta* Th-11 при росте на среде с древесными опилками

Приведенные данные дают основания предположить, что лакказа культуры *T. hirsuta* Th-11 определяет деструкцию органических отходов штаммом только в начале срока культивирования. Отсутствие корреляционной зависимости данных показателей подтверждает это предположение.

Результаты исследования активности лакказы и биодеструкции органических отходов штаммом гриба *T. hirsuta* Th-11 при росте на среде с пшеничной соломой представлены на рис. 2.

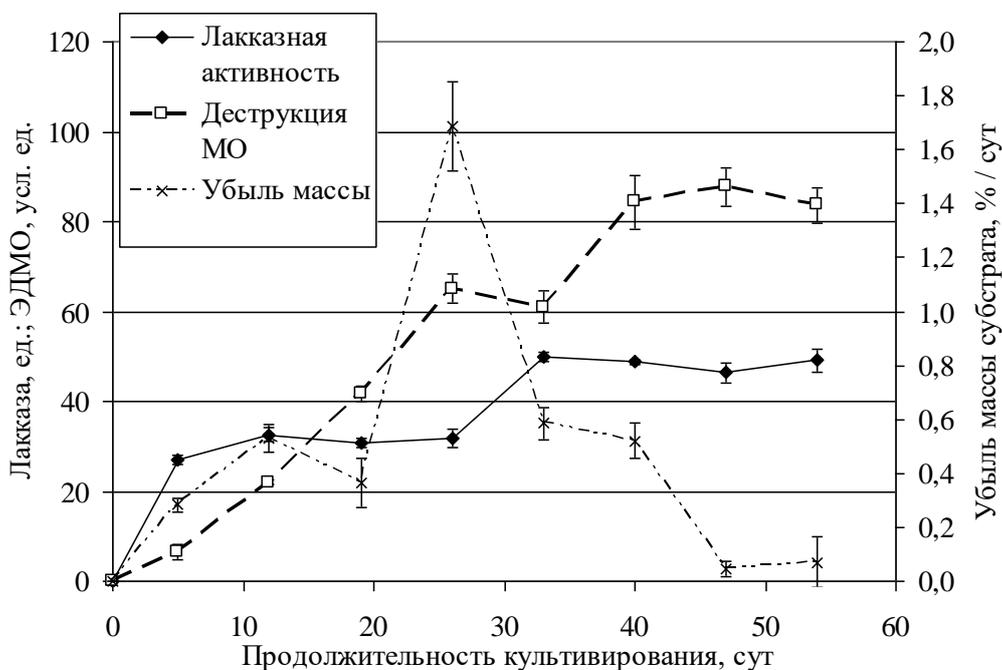


Рис. 2. Показатели активности лакказы и биодеструкции methyl orange (ЭДМО) и растительного субстрата штаммом гриба *T. hirsuta* Th-11 при росте на среде с пшеничной соломой

Наиболее сильное повышение активности лакказы было отмечено в первые 5 суток культивирования и в период с 26-х по 33-и сутки. На 33-и сутки исследуемый показатель достигал $50,01 \pm 1,04$ ед. При дальнейшем культивировании достоверные отличия в ферментативной активности отсутствовали. В целом, различия в динамике лакказной активности штамма ксилотрофа *T. hirsuta* Th-11 на обеих средах невелики. С целью получения биопрепарата лакказы достаточно проводить культивирование исследуемого штамма в течение 7 суток на среде с древесными опилками и в течение 33-х суток – на среде с пшеничной соломой.

Уровень деструкции methyl orange КФ штамма *T. hirsuta* Th-11 в течение первых 40 суток роста на этой среде повышался практически линейно до $84,37 \pm 5,95$ усл. ед. и оставался на таком уровне до конца культивирования. Следовательно, эффективность биодеструкции модельного ксенобиотика на среде с опилками была достоверно выше в течение практически всего срока культивирования, чем на среде с пшеничной соломой. При этом максимальная эффективность биодеструкции ксенобиотика при росте исследуемого штамма на среде с древесными опилками превышала максимальную эффективность на среде с пшеничной соломой в 1,33 раза.

С начала культивирования скорость биодеструкции пшеничной соломы штаммом *T. hirsuta* Th-11 скачкообразно увеличивалась до $1,69 \pm 0,17$ %/сут. и имела острый пик на 26-е сутки, а затем также быстро, как и возрастала, падала в период с 33-х по 40-е сутки до следовых значений в конце культивирования (на 47-е – 54-е сутки). Значительное изменение скорости биодеструкции субстрата может быть связано с изменением синтеза изоформ различных ферментов лигнолитического комплекса штамма и влиянием лимитирующих факторов среды (исчерпанием питательных веществ, накоплением экзометаболитов, оказывающих ингибирующее действие). Наличие таких негативных тенденций требует проведения оптимизации состава используемых питательных сред и режима культивирования.

За весь срок культивирования (54 суток) штаммом *T. hirsuta* Th-11 было утилизировано $18,54 \pm 1,31\%$ древесных опилок и $28,03 \pm 1,75\%$ пшеничной соломы.

Сравнительный анализ исследуемых параметров показал наличие корреляционной зависимости между активностью лакказы штамма *T. hirsuta* Th-11 и биодеструкцией methyl orange при росте на среде с пшеничной соломой ($r = 0,82$). Остальные показатели не имели такой связи.

Выводы

Древесные опилки акации белой и пшеничная солома могут служить единственным источником питательных веществ при жидкофазном культивировании ксилотрофного гриба белой гнили *T. hirsuta* Th-11. Выращивание исследуемого штамма на органических отходах сельского и лесного хозяйства может способствовать решению ряда актуальных проблем: конверсия биоресурсов, получение биологически активных веществ широкого спектра действия, в частности лигнолитических ферментов – лакказ и пр. Результаты работы дают основание для продолжения исследований штамма *T. hirsuta* Th-11 в качестве возможного промышленного биологического агента процессов биодegradации органических отходов.

Список литературы

1. Бойко М. І., Приседський Ю. Г., Ветрова О. В. Великий практикум з фізіології та біохімії рослин (білки, ферменти, вітаміни, нуклеїнові кислоти) : метод. вказівки. Донецьк : ДонНУ, 2012. 110 с.
2. Васина Д. В. Изучение организации мультигенного семейства лакказ базидиального гриба *Trametes hirsuta* – эффективного деструктора лигнина : Автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.21. М., 2015. 24 с.
3. Горшина Е. С., Русинов Т. В., Бирюков В. В., Морозова О. В., Шлеев С. В., Ярополов А. И. Динамика оксидазной активности в процессе культивирования базидиального

гриба роду *Trametes* Fr. // Прикладна біохімія та мікробіологія. 2006. № 6. С. 638–644.

4. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году». М. : Минприроды России; НПП «Кадастр», 2019. 844 с.

5. Ковшов С. В., Ковшов В. П., Казакова Е. В., Мякушин А. А., Тиньгаев С. В. Развитие современной цивилизации и проблема отходов // Матер. VIII Міжнар. наук.-практ. конф. Т. 13. Географія та геологія. Дніпропетровськ : Наука і освіта, 2005. С. 56–59.

6. Круподьорова Т. А., Барштейн В. Ю., Пецул Л. В., Гацул О. І., Костенко Є. Є. Культивування *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) Kumm. на рослинних відходах // *Biotechnologia Acta*. 2014. № 4. С. 92–99.

7. Павлюченко І. А., Шафоростова М. Н. Развитие системы управления обращением с твердыми отходами в условиях ДНР // *Инновационные перспективы Донбасса*. 2019. С. 139–142.

8. Патент 82088 України. Штам соматичних структур дереворуйнівного базидіоміцета *Trametes hirsuta* (Wulfen) Lloyd Th-11 – продуцент екзопродуктів перекисного окиснення ліпідів / Чайка О. В., Федотов О. В. Заявка № u201214086, від 10.12.2012, МПК (2006.01), кл. A01G 1/04 Бюл. № 14, від 25.07.2013.

9. Патент 91407 України. Спосіб індукції окислювальної деструкції барвника Methyl Orange штамом дереворуйнівного базидіоміцета *Trametes hirsuta* (Wulfen) Lloyd Th-11 / Чайка О. В., Федотов О. В. Заявка № u201310640, від 03.09.2013, МПК (2014.01), кл. C12N 1/00. Бюл. № 13, від 10.07.2014.

10. Переведенцева Л. Г. Лекарственные макромицеты Прикамья // *Успехи медицинской микологии*. 2004. Т. 3 (№ 3). С. 227–229.

11. Приседський Ю. Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів. Донецьк : Кассіопея, 1999. 210 с.

12. Чайка А. В. Влияние солей тяжелых металлов на эффективность деструкции модельного ксенобиотика methyl orange штаммом гриба *Trametes hirsuta* Th-11 // Сб. тез. VI Междунар. конф. молодых ученых. Новосибирск : ИПЦ НГУ, 2019. С. 214–217.

13. Чайка А. В., Шершень Д. В. Эффективность деструкции красителя methyl orange штаммами ксилотрофных грибов при глубинном культивировании // *Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона*. 2017. № 1–2. С. 101–107.

14. Чайка О. В., Федотов О. В. Ефективність біодеградації ксенобіотику Methyl Orange культурами ксилотрофів у залежності від концентрацій пептону та глюкози // *Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону*. 2013. № 1 (13). С. 201–208.

15. Щерба В. В., Пленина Л. В., Гвоздкова Т. С., Бабицкая В. Г. Лечебно-профилактические препараты многофункционального назначения на основе комплекса соединений лекарственных грибов // *Успехи медицинской микологии*. 2007. № 9. С. 204–206.

16. Halaouli S. M., Asther J. C., Sigoillot M., Lomascolo A. Fungal tyrosinases : new prospects in molecular characteristics // *Bioengineering*. 2006. Vol. 3 (7). P. 237–252.

17. Krupodorova T. A., Barshteyn V. Yu. Alternative substrates for higher mushrooms mycelia cultivation // *J. BioSci. Biotechnol*. 2015. Vol. 4, N 3. P. 339–347.

18. Rogalski J., Lundell T., Leonowicz A., Hattaka A. Production of laccase, lignin peroxidase and manganese-dependent peroxidase by various strains of *Trametes versicolor* depending on culture conditions // *Acta Microbiol. Polon*. 1991. Vol. 40. P. 221–234.

Chaika A. V. Biodegradation of organic wastes by the *Trametes hirsuta* Th-11 xylophilic fungus strain. –

The results of studying the dynamics of organic wastes (sawdust of white acacia, wheat straw, methyl orange model xenobiotic) destruction by the xylophilic fungus *T. hirsuta* Th-11 strain during liquid-phase cultivation are presented. The possibility of use the investigated plant wastes as the only source of nutrients is shown. The optimal cultivation duration to obtain laccases has been determined.

Key words: organic wastes, biodegradation, laccase, *Trametes hirsuta*.

© О. В. Чемерис

ЦЕЛЛЮЛОЗОЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ШТАММОВ *IRPEX LACTEUS* (FR.) FR. ПРИ ЖИДКОФАЗНОМ КУЛЬТИВИРОВАНИИ

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: chemeris07@rambler.ru

Чемерис О. В. Целлюлозолитическая активность штаммов *Irpex lacteus* (Fr.) Fr. при жидкофазном культивировании. – Исследована активность целлюлозолитических ферментов штаммов *Irpex lacteus* при жидкофазном культивировании на лигноцеллюлозном субстрате – пшеничной соломе. Степень биodeградации пшеничной соломы штаммами *I. lacteus* составила 14–17%. Установлено, что штаммы *I. lacteus* 1080 и 1632 являются наиболее активными продуцентами целлюлозолитических ферментов.

Ключевые слова: базидиомицет *Irpex lacteus*, целлюлозолитическая активность, эндогликканазная активность, жидкофазное культивирование.

Введение

Лабильная и разнообразная ферментная система дереворазрушающих базидиальных грибов позволяет рассматривать их в качестве перспективных продуцентов биологически активных веществ, антибиотиков, стероидов, различных кислот, витаминов и т. д. [4]. Обладая широким спектром ферментов целлюлазного комплекса, гемицеллюлазами, пектиназами, дереворазрушающие базидиомицеты участвуют в процессе биodeградации лигноцеллюлозных остатков [7, 9]. Наиболее изучены целлюлазы представителей высших грибов *Stereum hirsutum* [3], *Irpex lacteus* [6], *Trametes trogii* [18], *Phanerochete chrysosporium* [21] и др.

Проблема улучшения промышленных штаммов – продуцентов биологически активных веществ и совершенствования методов их культивирования широко изучается во всем мире [19]. Однако активность целлюлозолитических энзимов высших базидиомицетов может отличаться у штаммов одного вида [6] и существенно зависеть от условий его культивирования [2, 4]. В отношении высших базидиальных грибов – продуцентов биологически активных веществ разного спектра действия используют жидкофазное (глубинное) культивирование. Эффективность ферментации зависит от многих факторов, среди которых подбор оптимальной питательной среды и источников углеродного и азотного питания оказывает значительное влияние [5, 12, 14]. Поэтому поиск активных штаммов – деструкторов биополимеров и подбор оптимальных параметров и режимов культивирования индивидуально для каждого продуцента является актуальной проблемой биотехнологии.

В связи с этим целью данного исследования было изучение целлюлозолитической активности штаммов базидиомицета *Irpex lacteus* (Fr.) Fr. при жидкофазном культивировании на лигноцеллюлозном субстрате – пшеничной соломе.

Материал и методы исследования

Исследования проводили на пяти штаммах гриба *I. lacteus*, которые хранятся в коллекции культур кафедры физиологии растений ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет» и в Коллекции культур шляпочных грибов Института ботаники им. Н. Г. Холодного НАН Украины (ИБК) под номерами 1080, 1082, 1631, 1632 и 2434.

Для исследования целлюлозолитической активности штаммы *I. lacteus* культивировали на жидкой среде Чапека следующего состава (г/л): NaNO_3 – 2, K_2HPO_4 – 1, $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,5, KCl – 0,5, $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,01 [1]. Кислотность питательной среды доводили до значений pH 4,2 с помощью 10%-го раствора HCl. Питательную среду разливали по 50 мл в колбы Эрленмейера объемом 100 мл, вносили 1,5 г воздушно-сухой пшеничной соломы, предварительно измельченной до конечного размера частиц 0,5–0,7 см, и стерилизовали в

автоклаве при 0,8 атм в течение 40 минут. Штаммы *I. lacteus* культивировали в течение 30 суток при температуре 32°C в статических условиях. Активность ферментов целлюлозного комплекса определяли в культуральной жидкости штаммов *I. lacteus* через каждые 5 суток, начиная с 5-х по 30-е сутки культивирования.

Интенсивность разложения субстрата штаммами *I. lacteus* оценивали по убыли сухой биомассы субстрата.

Активность ферментов целлюлозолитического комплекса штаммов *I. lacteus* определяли относительно таких субстратов: фильтровальная бумага (Filtrak, плотность 90 г/м²) – общая целлюлозолитическая активность, Na-карбоксиметилцеллюлоза (C5678, Sigma, США) – эндогликаназная активность. Состав реакционных смесей для определения целлюлозолитической активности и условия проведения реакций соответствовали общепринятым методикам [10, 11, 17]. За единицу целлюлозолитической активности (Ед) принимали такое количество фермента, которое образовывало 1 μmol редуцирующих сахаров на протяжении 1 ч в условиях опыта (t = +37°C, pH 4,2). Удельную активность (Ед/мг) определяли отношением общей активности культуральной жидкости (Ед/мл) к содержанию белка в культуральной жидкости (мг/мл). Редуцирующие сахара определяли методом Шомодьи-Нельсона (калибровочный график строили по глюкозе) [10, 11, 20].

Содержание белка в культуральной жидкости определяли по методу Бредфорда [16].

Все исследования проводили в трехкратной повторности. Статистическую обработку полученных данных осуществляли методом дисперсионного анализа качественных и количественных признаков, а сравнение средних арифметических величин – по критерию Дункана [8].

Результаты и обсуждение

На рис. 1 представлены данные о степени разложения пшеничной соломы при жидкофазном культивировании штаммов *I. lacteus*.

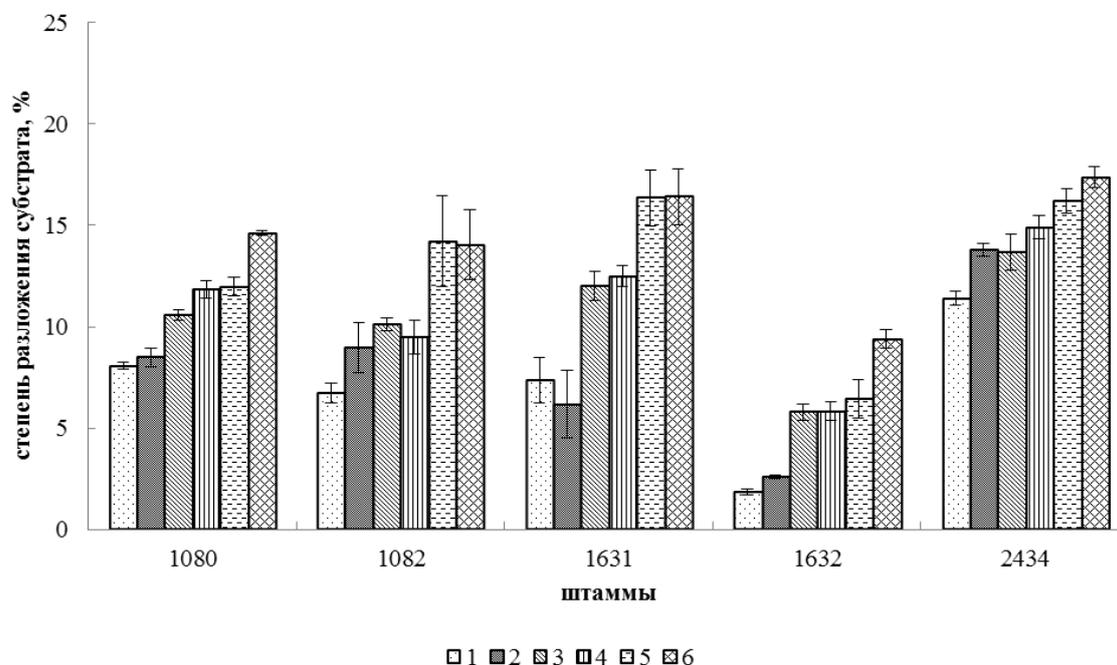


Рис. 1. Степень разложения пшеничной соломы при жидкофазном культивировании штаммов *Trichoderma lacteus*: 1 – 5-е сутки, 2 – 10-е сутки, 3 – 15-е сутки, 4 – 20-е сутки, 5 – 25-е сутки, 6 – 30-е сутки

На 5-е сутки культивирования степень разложения пшеничной соломы для штаммов *I. lacteus* 1080, 1082 и 1631 составила 7–8%, для штамма *I. lacteus* 1632 – ~2%, для штамма *I. lacteus* 2434 – ~11%. К 30-м суткам культивирования штаммов *I. lacteus* степень разложения субстрата достигала 14–17%, за исключением штамма *I. lacteus* 1632. В данном

варианте степень разложения пшеничной соломы составила 9%. Очевидно, что невысокая степень разложения субстрата штаммами *I. lacteus* связана с труднодоступностью пшеничной соломы как источника углерода в условиях жидкофазного культивирования.

Удельная целлюлозолитическая активность относительно фильтровальной бумаги при жидкофазном культивировании штаммов *I. lacteus* на лигноцеллюлозном субстрате – пшеничной соломе представлена на рис. 2.

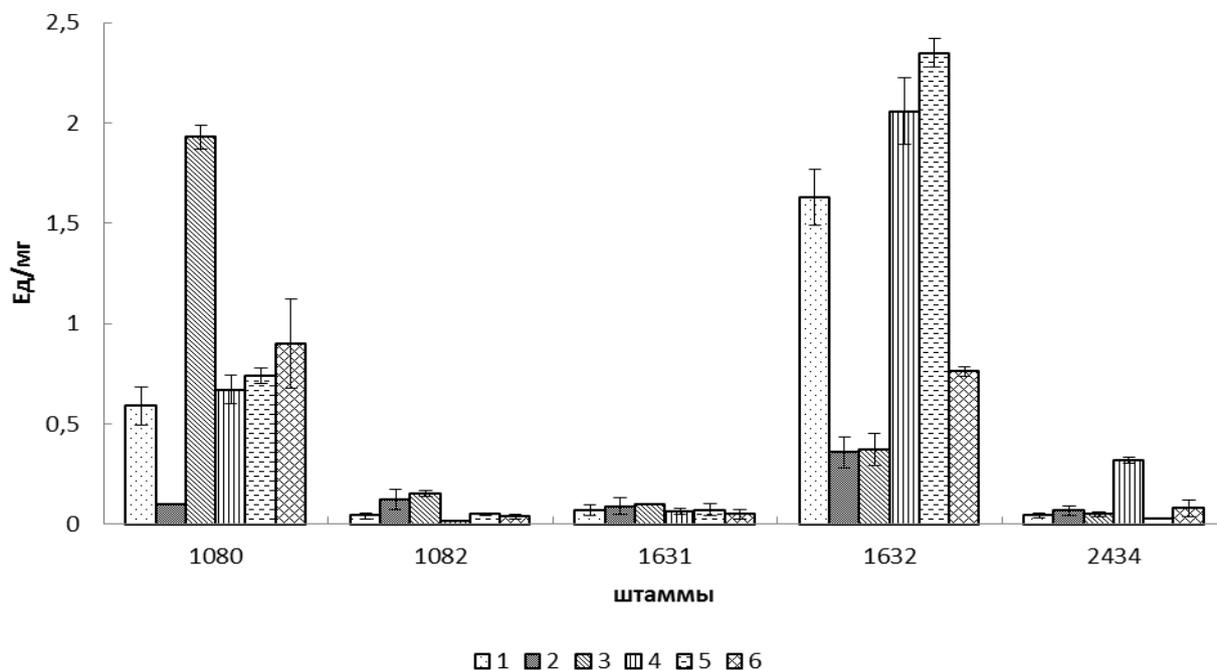


Рис. 2. Удельная целлюлозолитическая активность штаммов *Irpex lacteus* относительно фильтровальной бумаги: 1 – 5-е сутки, 2 – 10-е сутки, 3 – 15-е сутки, 4 – 20-е сутки, 5 – 25-е сутки, 6 – 30-е сутки

Установлено, что значения удельной целлюлозолитической активности штаммов *I. lacteus* существенно отличались. Активность относительно фильтровальной бумаги больше 1 Ед/мг проявили штамм *I. lacteus* 1080 на 15-е сутки культивирования и штамм *I. lacteus* 1632 – на 5-е, 20–25-е сутки культивирования.

Штаммы *I. lacteus* 1082, 1631 и 2434 проявили невысокие значения целлюлозолитической активности культуральной жидкости относительно фильтровальной бумаги. Так, ферментативная активность культуральной жидкости штамма *I. lacteus* 1082 составляла от 0,01 до 0,15 Ед/мг, штамма *I. lacteus* 1631 – от 0,05 до 0,1 Ед/мг и штамма *I. lacteus* 2434 – от 0,03 до 0,32 Ед/мг.

Удельная целлюлозолитическая активность культуральной жидкости относительно Na-карбоксиметилцеллюлозы (Na-КМЦ) в процессе жидкофазного культивирования штаммов *I. lacteus* представлена на рис. 3. Целлюлазы культуральной жидкости исследованных штаммов *I. lacteus* были способны к расщеплению молекулы Na-КМЦ с образованием редуцирующих сахаров. На 5-е сутки культивирования штаммы *I. lacteus* 1080 и 1632 проявили максимальную целлюлозолитическую (эндоглюканазную) активность по отношению к данному субстрату на уровне 18,21 Ед/мг и 14,67 Ед/мг соответственно. Очевидно, на ранних этапах освоения лигноцеллюлозного сырья штаммами *I. lacteus* 1080 и 1632 особая роль принадлежит эндоглюканазам. При дальнейшем культивировании данных штаммов целлюлозолитическая активность культуральной жидкости снижалась в 3–4 и более раз. Нужно отметить, что при снижении эндоглюканазной активности целлюлозолитическая активность относительно фильтровальной бумаги культуральной жидкости данных штаммов возрастает (см. рис. 2) и достигает максимальных значений для штамма *I. lacteus* 1080 на 15-е сутки культивирования и для штамма *I. lacteus* 1632 – на 20–25-е сутки.

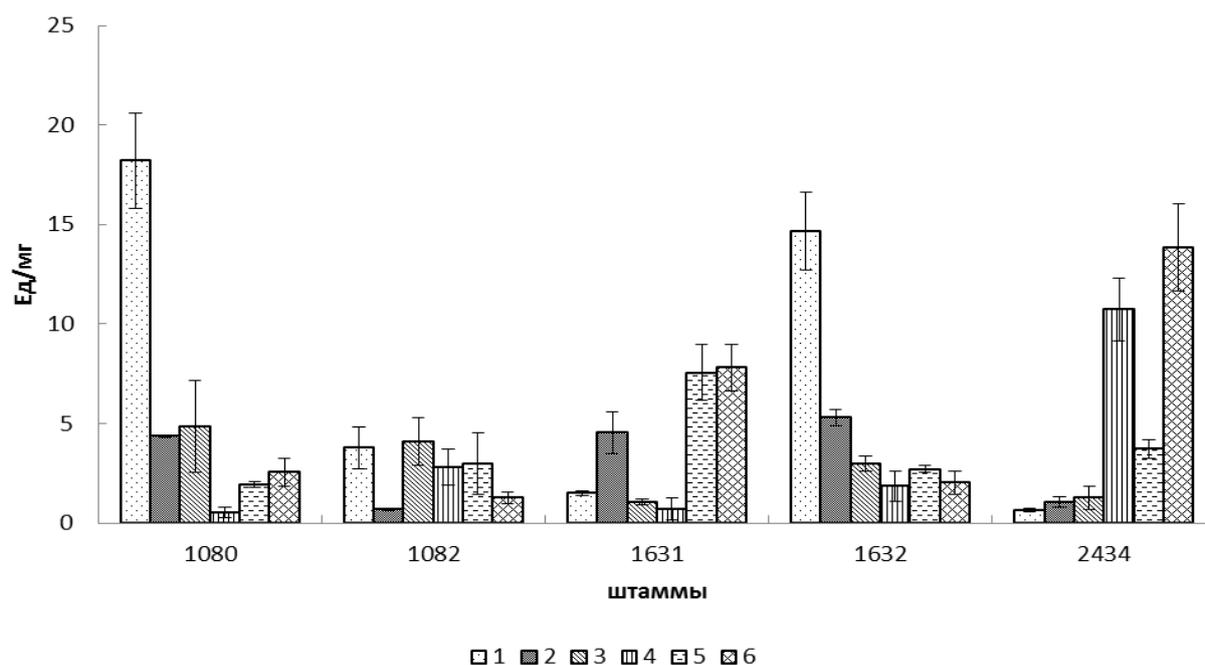


Рис. 3. Удельная целлюлозолитическая активность штаммов *Irpex lacteus* относительно Na-карбоксиметилцеллюлозы:
1 – 5-е сутки, 2 – 10-е сутки, 3 – 15-е сутки, 4 – 20-е сутки, 5 – 25-е сутки, 6 – 30-е сутки

Целлюлозолитическая активность относительно Na-КМЦ культуральной жидкости штамма *I. lacteus* 2434 была достаточно низкой с 5-х по 15-е сутки культивирования и составляла ~1,05–1,25 Ед/мг. На 20-е сутки культивирования данного штамма эндоглюканазная активность культуральной жидкости повышалась до 10,72 Ед/мг. В этот период наблюдалось повышение целлюлозолитической активности культуральной жидкости относительно фильтровальной бумаги (см. рис. 2). Максимальные значения целлюлозолитической активности относительно Na-КМЦ достигала максимальных значений на 30-е сутки культивирования штамма *I. lacteus* и составляли 13,89 Ед/мг.

Значения удельной целлюлозолитической активности относительно Na-КМЦ штаммов *I. lacteus* 1082 и 1631 составляли ~4,08–7,80 Ед/мг. При этом целлюлозолитическая активность относительно фильтровальной бумаги данных штаммов была низкой. Это свидетельствует о том, что состав комплекса целлюлаз неполный, состоит в основном из эндоглюканаз.

Содержание редуцирующих сахаров в культуральной жидкости штаммов *I. lacteus* при жидкофазном культивировании на лигноцеллюлозном субстрате – пшеничной соломе представлено на рис. 4. На 5-е сутки культивирования штаммов *I. lacteus* 1080 и 1632 содержание редуцирующих сахаров в культуральной жидкости было значительно выше, чем при культивировании штаммов 1082, 1631 и 2434. При дальнейшем культивировании штаммов *I. lacteus* 1080 и 1632 содержание редуцирующих сахаров в культуральной жидкости находилось приблизительно на одном уровне, постепенно снижаясь к 30-м суткам.

На 5-е сутки культивирования штаммов *I. lacteus* 1082 и 1631 содержание редуцирующих сахаров в культуральной жидкости составляло ~0,2 $\mu\text{mol}/\text{мл}$. При дальнейшем культивировании содержание редуцирующих сахаров в культуральной жидкости увеличивалось в 4–7 раз. При культивировании штамма *I. lacteus* 2434 содержание редуцирующих сахаров в культуральной жидкости было минимально в течение 15-ти суток. На 20-е сутки отмечено значительное повышение содержания редуцирующих сахаров в культуральной жидкости. Именно в этот период наблюдалась высокая целлюлозолитическая активность относительно фильтровальной бумаги и Na-КМЦ. Очевидно, что при культивировании штамма *I. lacteus* 2434 на пшеничной соломе процесс формирования целлюлазного комплекса более длительный по сравнению с другими штаммами.

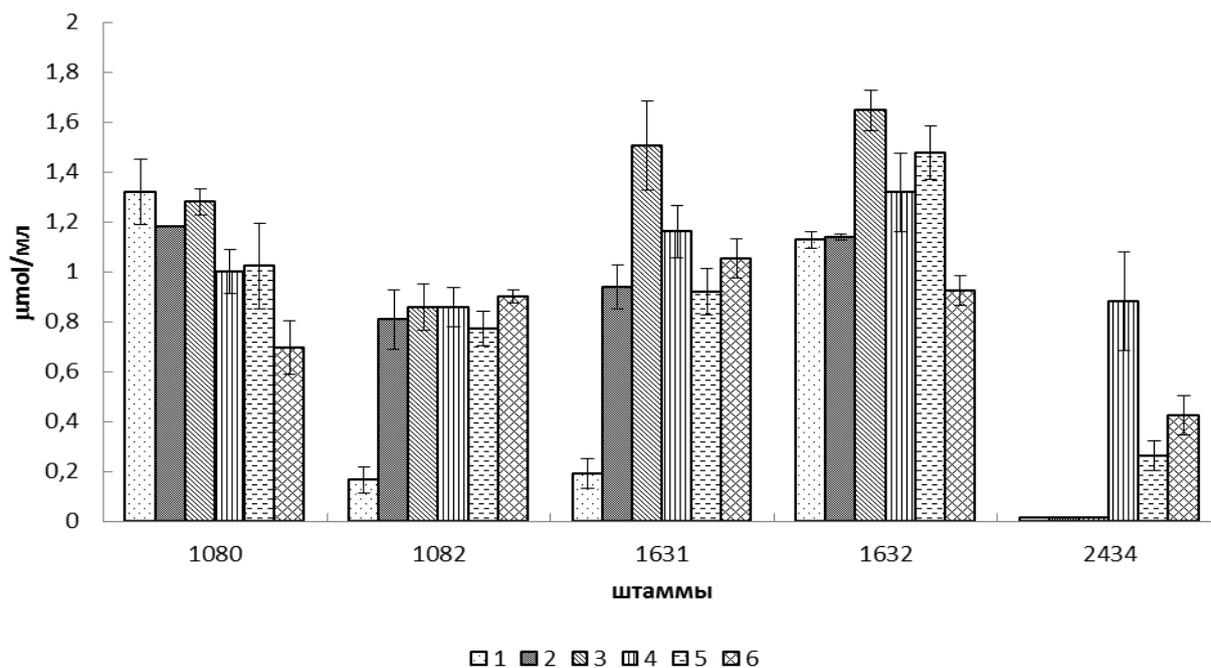


Рис. 4. Содержание редуцирующих сахаров в культуральной жидкости штаммов *Irpex lacteus* при жидкофазном культивировании:
1 – 5-е сутки, 2 – 10-е сутки, 3 – 15-е сутки, 4 – 20-е сутки, 5 – 25-е сутки, 6 – 30-е сутки

Анализ полученных результатов показывает, что при жидкофазном культивировании на питательной среде Чапека и пшеничной соломе в качестве лигноцеллюлозного субстрата штаммы *I. lacteus* проявили разную активность целлюлозолитических ферментов, что свидетельствует об изменчивости штаммов одного вида [6]. Целлюлозолитические ферменты культуральной жидкости исследованных штаммов *I. lacteus* легче гидролизуют производное целлюлозы – Na-КМЦ, чем фильтровальную бумагу.

Нужно отметить, что наличие такого параметра жидкофазного культивирования как питательная среда Чапека (рН 4,2) для штаммов *I. lacteus* 1631 и 2434 негативно отразилось на формировании целлюлазного комплекса. Штаммы *I. lacteus* 1631 и 2434 проявили более низкую активность целлюлозолитических ферментов культуральной жидкости, чем при культивировании их на дистиллированной воде и пшеничной соломе [13]. Штаммы *I. lacteus* 1080 и 1632 являются наиболее активными продуцентами целлюлаз при жидкофазном культивировании на питательной среде Чапека и пшеничной соломе.

Выводы

Установлено, что штаммы *I. lacteus* 1080 и 1632 проявили высокую целлюлозолитическую активность относительно фильтровальной бумаги и Na-КМЦ при жидкофазном культивировании на лигноцеллюложном субстрате – пшеничной соломе.

Список литературы

1. Билай В. И. Методы экспериментальной микологии. К. : Наук. думка, 1973. 243 с.
2. Билай В. И., Билай Т. И., Мусич Е. Г. Трансформация целлюлозы грибами. К. : Наук. думка, 1982. 296 с.
3. Бойко С. М., Рязанова М. Є. Залежність активності целлюлозолітичних ензимів монота дикаріотичних культур *Stereum hirsutum* (Wild.) Gray (Basidiomycetes) від субстрату від субстрату // *Biotechnologia Acta*. 2013. Т. 6, № 3. С. 116–120.
4. Даниляк Н. И., Семичаевский В. Д., Дудченко Л. Г., Трутнева И. А. Ферментные системы высших базидиомицетов. К. : Наук. думка, 1989. 280 с.
5. Древаль К. Г., Бойко М. І. Культивування базидіомицетів – активних продуцентів целлюлозолітичних ензимів. V. Склад живильного середовища за джерелами вуглецю та азоту

// Біотехнологія. 2012. Т. 5, № 6. С. 85–93.

6. Древаль К. Г., Бойко М. І. Нові продуценти целюлозолітичних ензимів серед вищих базидіальних грибів // Біотехнологія. 2011. Т. 4, № 1. С. 87–92.

7. Кожевникова Е. Ю. Прямая конверсия лигноцеллюлозного сырья в биоэтанол с использованием базидиальных грибов : Автореф. дис. ... канд. хим. наук : спец. 05.17.07, 03.01.06. М., 2018. 22 с.

8. Приседський Ю. Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів : навч. пос. Донецьк : Кассиопея, 1999. 210 с.

9. Рабинович М. Л. Производство этанола из целлюлозосодержащих материалов : потенциал российских разработок // Прикладная биохимия и микробиология. 2006. Т. 42, № 1. С. 5–32.

10. Синицын А. П., Гусаков А. В., Черноглазов В. М. Биоконверсия лигноцеллюлозных материалов : уч. пос. М. : Изд-во МГУ, 1995. 224 с.

11. Синицын А. П., Черноглазов В. М., Гусаков А. В. Методы изучения и свойства целлюлозолитических ферментов // Итоги науки и техники. Сер. Биотехнология. 1993. Т. 25. 152 с.

12. Цивилева О. М., Никитина В. Е., Гарибова Л. В. Влияние состава среды культивирования на активность внеклеточных лектинов // Прикладная биохимия и микробиология. 2005. Т. 41, вып. 2. С. 200–203.

13. Чемерис О. В. Активность целлюлозолитических ферментов *Irpex lacteus* (Fr.) Fr. при культивировании на пшеничной соломе // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2020. № 1–2. С. 99–103.

14. Чемерис О. В., Бойко М. И. Влияние различных источников азотного питания на молоковертывающую активность штамма *Irpex lacteus* 2432 // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2016. № 3–4. С. 84–90.

15. Широких А. А., Злобина Ю. А., Широких И. Г. Биодegradация растительных отходов и получение плодовых тел при культивировании ежевика гребенчатого (*Hericium erinaceus*) // Теоретическая и прикладная экология. 2018. № 3. С. 86–92.

16. Bradford M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding // Anal. Biochem. 1976. Vol. 72. P. 248–254.

17. Ghose T. K. Measurement of cellulase activity // Pure Appl. Chem. 1987. V. 59, N 2. P. 257–268.

18. Levin L., Forchiassin F., Ramos A. M. Copper induction of lignin-modifying enzymes in the white-rot fungus *Trametes trogii* // Mycologia. 2002. Vol. 94, N. 3. P. 377–383.

19. Liu L., Zhu Y., Li J., Wang M., Lee P., Du G. Microbial production of propionic acid from Propionibacteria : current state, challenges and perspectives // Crit. Rev. Biotechnol. 2012. Vol. 32, N. 4. P. 374–381.

20. Nelson N. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of sugars // J. Biol. Chem. 1944. Vol. 153, N 2. P. 375–379.

21. Potumarthi R., Baadhe R. R., Nayak P., Jetty A. Simultaneous pretreatment and saccharification of rice husk by *Phanerochete chrysosporium* for improved production of reducing sugars // Bioresource technology. 2013. Vol. 128. P. 113–117.

Chemeris O. V. Cellulolytic activity of strains *Irpex lacteus* (Fr.) Fr. with submerged liquid fermentation. –

The activity of cellulolytic enzymes of *Irpex lacteus* strains with submerged liquid fermentation on a lignocellulosic substrate – wheat straw, was investigated. The degree of biodegradation of wheat straw by *I. lacteus* strains was 14–17%. It was found that *I. lacteus* strains 1080 and 1632 are the most active producers of cellulolytic enzymes.

Key words: basidiomycete *Irpex lacteus*, cellulolytic activity, endoglucanase activity, submerged liquid fermentation.

УДК 582.893.6 + 615.322 : 616-021.3

© Д. Ю. Кустов¹, О. К. Кустова²

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОКОЛОСНИКА ФЕНХЕЛЬНОГО ДЛЯ КОРРЕКЦИИ СИСТЕМНЫХ АУТОИММУННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО РЕГИОНА

¹ ГОО ВПО «Донецкий национальный медицинский университет имени М. Горького»
283003, г. Донецк, пр. Ильича, 16; e-mail: physiolog@mail.ru

² ГУ «Донецкий ботанический сад»
283059, г. Донецк, пр. Ильича, 110; e-mail: lavanda_dbg@mail.ru

Кустов Д. Ю., Кустова О. К. Применение многоколосника фенхельного для коррекции системных аутоиммунных заболеваний в условиях техногенного региона. – Проведено интегративное медико-биологическое исследование влияния лекарственного растительного сырья *Agastache foeniculum* (Pursh) Kuntze, интродуцированного в Донецком ботаническом саду, на формулу крови и поведенческие реакции лабораторных животных с моделями разных системных аутоиммунных заболеваний. Выявлено психо- и иммуномодулирующее действие настоя, что позволяет рекомендовать его в качестве источника лечебно-профилактических средств. На основании полученных результатов разработан способ коррекции психонейроиммуноэндокринной системы.

Ключевые слова: *Agastache foeniculum* (Pursh) Kuntze, системные аутоиммунные заболевания, психонейроиммуноэндокринная система.

Введение

Благодаря богатому содержанию биологически активных веществ эфирномасличные и ароматические растения обладают выраженными лекарственными свойствами. Многие из них широко используются в народной медицине или признаны фармакопеями разных стран мира. Эта группа растений всегда привлекала внимание исследователей в силу своих основных характеристик – возможности их полифункционального использования и в качестве потенциального импортозамещающего растительного сырья. В связи с современными задачами по восстановлению и развитию отечественного лекарственного растениеводства, важными являются исследования по культивированию и изучению лечебных свойств растений, привлеченных для регионального ассортимента путем интродукции. Всестороннее изучение и постановка медико-биологического эксперимента позволяют научно обосновать применение нефармакопейных растений для лечения того или иного заболевания и способствовать введению их в перечень фармакопейных.

К таким растениям относятся виды рода Многоколосник (*Agastache* Clayt. ex Gronov.) семейства Lamiaceae Lind. В природном ареале растения распространены в США, Канаде, Мексике, Средней и Восточной Азии (Китай, Япония), России (Сибирь, Дальний Восток), Монголии. По направлениям использования их относят к эфирномасличным, лекарственным, пищевым, медоносным и декоративным растениям. Наиболее изученным в фармакогностическом отношении является многоколосник фенхельный (*Agastache foeniculum* (Pursh) Kuntze). В Китае, Тибете и Монголии он применяется в медицинских целях и входит в состав официальных фармакопей многих стран. Современные исследования выявили, что действие биологически активных соединений его лекарственного растительного сырья (ЛРС), заключается в стимуляции иммунобиологической системы и нормализации обменных процессов в организме человека. Они оказывают антиоксидантное, противомикробное, фунгицидное и пилотропное влияние [13], способствуют восстановлению сил после перенесенных нервных расстройств, при болезнях печени и мочевыводящих путей, желудочно-кишечного тракта, при лечении ОРЗ, пневмонии, бронхитов и бронхиальной астме, а также используются при лечении кожных заболеваний грибковой этиологии [12].

Системные аутоиммунные заболевания (САЗ) занимают одно из центральных мест в группе патологий иммунной системы человека. Их прогрессирование связывают с неблагоприятной экологической обстановкой техногенных регионов, повышенной стрессогенностью современной урбанизированной жизни и, как следствие, увеличением числа клеточных мутаций. Диагностику таких расстройств усложняет скрытый характер протекания на ранних этапах, а также то, что этиология и патогенез этих заболеваний до сих пор остается до конца не выясненным. Нарушения затрагивают различные органы и системы, активируя так называемую «цепную реакцию» и, как следствие, происходит усугубление заболевания. На фоне современных исследований нам представляется важным изучить действие ЛРС многоколосника фенхельного применительно к САЗ.

Цель работы – на основании результатов исследований действия лекарственного растительного сырья многоколосника фенхельного разработать способ коррекции психонейроиммуноэндокринной системы при некоторых системных аутоиммунных заболеваниях.

Материал и методы исследования

В Донецком ботаническом саду (ДБС) в лаборатории интродукции культурных растений с 1985 г. проходят интродукционное изучение три вида: многоколосник фенхельный, многоколосник крапиволистный (*Agastache urticifolia* (Benth.) Kuntze) и многоколосник морщинистый (*Agastache rugosa* (Fisch. et C. A. Mey.) Kuntze). Растения выращиваются на участке ароматических растений в условиях открытого грунта.

Исследование влияния растительного сырья многоколосника фенхельного проводили на 70 половозрелых белых лабораторных крысах обоего пола на базе лаборатории теоретической и прикладной нейрофизиологии Донецкого национального медицинского университета им. М. Горького.

Биоэкологические исследования видов рода *Agastache* проводили по общепринятым методикам. Для проведения медико-биологического эксперимента надземную часть многоколосника фенхельного в фазе цветения заготавливали в июле–августе. Воздушно-сухое сырье использовали для приготовления 10% водного настоя: сырье в количестве 50 г заливали 500 мл кипяченой воды и экстрагировали в течение 1 часа.

Для проведения эксперимента лабораторные крысы были разделены на равноценные группы по 10 животных: интактную (здоровые животные), контрольные группы с моделью соответствующего САЗ, не получавшие лечения, и опытные группы с моделями САЗ. Моделирование САЗ – ревматоидного артрита (РА), аутоиммунного тиреоидита (АИТ) и аутоиммунного гипогонадизма (АИГ) – осуществляли по оригинальным методикам [6–8]. Для создания модели РА крысам парентерально вводили суспензию коллагена II типа, бычий сывороточный альбумин и полный адьювант Фрейнда, для формирования АИТ и АИГ – гомогенаты соответственно ткани щитовидной железы или половых желез в неполном адьюванте Фрейнда. Животным опытных групп проводили коррекцию заболеваний настоем ЛРС многоколосника фенхельного из расчета до 15 мл в течение суток per os курсом 90 дней.

Эффект коррекции психической активности лабораторных животных регистрировали в условиях биоритмокамеры для проведения комплексных исследований по собственной методике [10]. Фиксировали количество различных видов груминговых актов (умывание, лизание, чесание, отряхивание) и время (в секундах), затраченное животным на груминг за период наблюдения (15 минут), а также рассчитывали общее количество актов груминга, интенсивность и процент груминга. Одно движение самоочищения принималось за один элементарный груминговый акт (э.г.а.).

Иммуномодулирующее действие настоя оценивали методами клинической лабораторной аналитики по показателям лейкоцитарной формулы (%): палочкоядерные (ПН) и сегментоядерные нейтрофилы (СН), эозинофилы (Э), моноциты (М) и лимфоциты (Л). Для этого кровь брали из хвостовой вены стандартным методом [1]. Мазок крови фиксировали в метаноле и окрашивали азур-эозином по Романовскому-Гимзе, после чего подсчитывали

различные формы лейкоцитов (на 100 клеток) при масляной иммерсии под бинокулярным микроскопом при увеличении 1x1000 [11]. Время свертывания крови определялось по методу Бюркера [5].

Анализ результатов наблюдений проводили при помощи программ Excel и Statistica 6.0. Для обработки данных применялись методы описательной статистики, вычислялось значение среднего арифметического (\bar{X}) и доверительного интервала (ДИ) при $\alpha = 0,05$. При сравнении двух выборок нормального распределения использовался критерий Стьюдента, в остальных случаях – критерий Краскела-Уоллиса.

Результаты и обсуждение

Согласно комплексной биоэкологической характеристике изучаемые виды являются травянистыми поликарпиками, гелиофитами, сочетающими свойства ксеро- и мезофитов, вегетативно-малоподвижные гемикриптофиты. Морфологические различия видов имеются по высоте растений, размерам листовой пластинки, длине соцветий. При этом морфометрические параметры растений в условиях интродукции соответствуют данным у растений, произрастающих в природных условиях, что свидетельствует об успешности их интродукции в условия степной зоны. Биология развития, особенности ухода и выращивания у многоколосников крапиволистного и морщинистого идентичны многоколоснику фенхельному. Период вегетации у всех видов составляет 170 дней. Отмечается незначительный самосев, а также частичное отмирание особей многоколосников крапиволистного и морщинистого в суровые зимы. Среди изученных видов многоколосник фенхельный выделен как перспективный вид для широкого культивирования в условиях степного Донбасса [4].

В связи с вышеизложенными фактами медико-биологический эксперимент проводили с применением ЛРС многоколосника фенхельного. Ранее были получены данные об иммуномодулирующем действии его ЛРС на параметры крови крыс с моделью РА [2]. В медицинской практике разработаны разнообразные схемы лечения данной патологии. Однако без понимания механизмов развития РА и его взаимодействия с различными компонентами единой психонейроиммуноэндокринной системы, своевременная диагностика заболевания, его течение и отдаленные последствия терапии остаются проблематичными. Длительный прием гормональных препаратов вызывает системные нарушения функционирования гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси и других желез внутренней секреции. Многие противоревматоидные препараты обладают высокой гепатотоксичностью. Также влияние на различные звенья иммунной системы зачастую носят разнонаправленный характер, что не позволяет однозначно говорить о позитивном воздействии препарата на лечение пациента с РА, либо же эффект отсутствует.

Другим распространенным заболеванием является АИГ. Уровень заболеваемости населения данной патологией, равно как и ее дебютирование, неуклонно растет, в особенности, в экокризисных регионах, к которым относится Донбасс. В связи с разнообразием проявлений АИГ на уровне целостного организма и его влиянием на качество жизни пациента, есть необходимость комплексного подхода в изучении различных компонентов психонейроиммуноэндокринной системы при данной патологии, поиска наиболее эффективных методов коррекции не только основного заболевания, но и сопутствующих нарушений в различных компартментах этой системы.

Хотя АИГ не занимает доминирующее положение среди САЗ, так как встречается реже других системных патологий и не представляет непосредственной угрозы для жизни пациента, он является причиной бесплодия, а потому имеет важное социальное значение. В настоящее время 15% всех супружеских пар в мире являются бесплодными. Помимо влияния на функциональную активность гонад и регуляторные механизмы гипоталамо-гипофизарно-гонадной системы, АИГ оказывает опосредованное воздействие на психическую деятельность индивида, в том числе на поведение.

Все это в комплексе создает предпосылки к поиску доступных и эффективных лекарственных средств растительного происхождения, позволяющих дополнять основную схему лечения заболевания.

В ходе эксперимента у животных с моделями АИТ и АИГ наблюдалось существенное снижение показателей груминговой активности (табл. 1, рис. 1–3). К моменту, когда модель заболевания сформирована, преобладает хронический аутоиммунный процесс, течение которого обычно стабильно. Повышение уровня груминговой активности животных наблюдали только на 60–65-й дни эксперимента. На более поздних этапах (85–90 дней) эффективность настоя хотя и не вызывала восстановления показателей до уровня нормы, приводила к их повышению по сравнению с группой иммунизированных животных, не получавших лечения, что подтвердило полученные ранее данные о психокорректирующем влиянии ЛРС многоколосника фенхельного на животных с моделью РА [3].

Таблица 1

Изменения груминговой активности групп лабораторных животных с моделями САЗ при коррекции настоем многоколосника фенхельного

Показатели груминговой активности, э.г.а.	Группы лабораторных животных						
	интактная	контроль			опыт с применением настоя		
		РА	АИТ	АИГ	РА	АИТ	АИГ
Умывание	11,2±1,4	3,2±1,0*	5,0±1,3*	6,4±1,0*	5,6±0,8*	9,2±1,4	11,1±1,6
Лизание	7,3±1,7	2,6±0,8*	3,8±0,9*	3,9±0,7*	4,7±0,9*	13,0±1,5*	2,5±1,0*
Чесание	7,0±1,2	4,6±0,8*	5,4±0,9*	4,3±0,7*	6,1±0,9	7,1±1,8	2,6±0,8*
Отряхивание	5,4±1,7	2,7±1,1*	2,5±1,1*	6,2±0,9	3,0±0,9*	13,0±2,1*	0,7±0,4*

Примечание. * – $p \leq 0,05$ при сравнении с интактной группой.

Как видно из табл. 1 моделирование соответствующих аутоиммунных патологий приводило к значительному достоверному сокращению количества всех элементарных груминговых актов. Исключение составил показатель отряхивания при АИГ. Длительное употребление настоя многоколосника фенхельного способствовало восстановлению уровня умывания при таких системных патологиях как АИТ и АИГ и приводило к повышению по сравнению с иммунизированными особями, но не до уровня нормы данного показателя при РА. Количество актов лизания при РА также повышалось по сравнению с контрольной группой, не достигая уровня интактных крыс. Применение настоя у крыс с АИТ вызывало резкое увеличение активности лизания, достоверно превышающее значения как контрольной, так и интактной групп. Влияния примененного варианта коррекции на данный показатель у крыс с АИГ обнаружено не было. Та же ситуация наблюдалась в данной группе и при анализе актов чесания, в то время как в группах крыс с РА и АИТ после употребления настоя уровень чесательной активности восстанавливался. Отряхивание оказалось самым переменчивым показателем при САЗ, практически не изменяясь в опытной группе с РА, резко повышаясь в таковой с АИТ и значительно снижаясь у крыс с АИГ.

На рис. 1 показаны изменения, которые претерпевало время, затраченное животными на груминг при моделировании соответствующих САЗ и после длительной коррекции настоем многоколосника фенхельного.

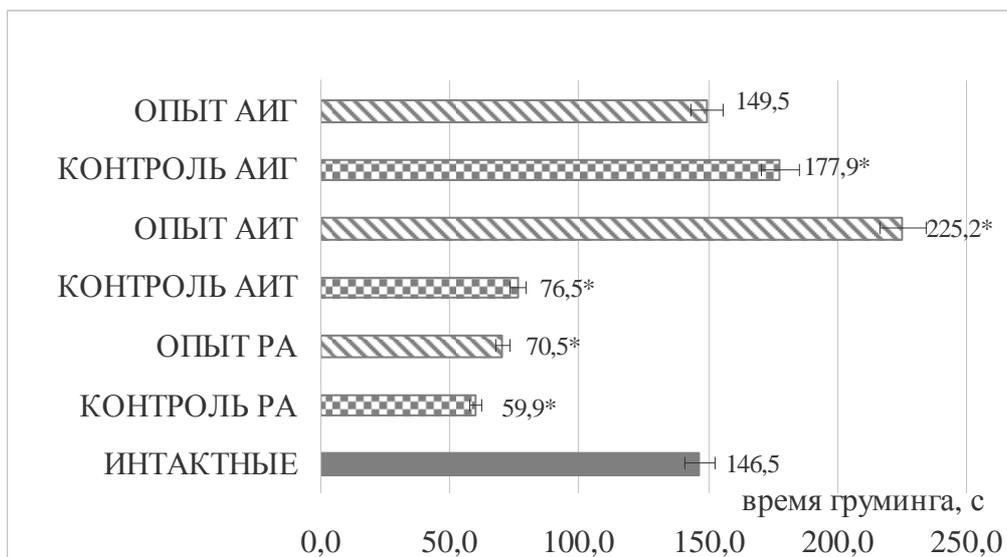


Рис. 1. Изменения времени груминга лабораторных животных с моделями САЗ при коррекции настоем многоколосника фенхельного (* – $p \leq 0,05$ при сравнении с интактной группой)

Так, если у интактных особей время груминга составило $146,5 \pm 14,6$ с, то у крыс с РА оно снижалось до $59,9 \pm 9,6$ с, с АИТ – до $76,5 \pm 12,9$ с, а у животных с моделью АИГ, наоборот, повышалось до $177,9 \pm 14,6$ с. В опытной группе с моделью РА время груминга несколько увеличивалось ($70,5 \pm 8,4$ с) по сравнению с контролем, не достигая уровня физиологической нормы. Применение настоя в группе АИТ способствовало значительному увеличению значений данного показателя как по сравнению с контролем, так и по сравнению с нормой ($225,2 \pm 18,2$ с). Интересно, что в опытной группе с АИГ наблюдалось снижение времени груминга по сравнению с контролем до $149,5 \pm 22,5$ с, что достоверно не отличалось от нормы.

На рис. 2 представлены изменения интегративного показателя интенсивности груминга у крыс разных экспериментальных групп.

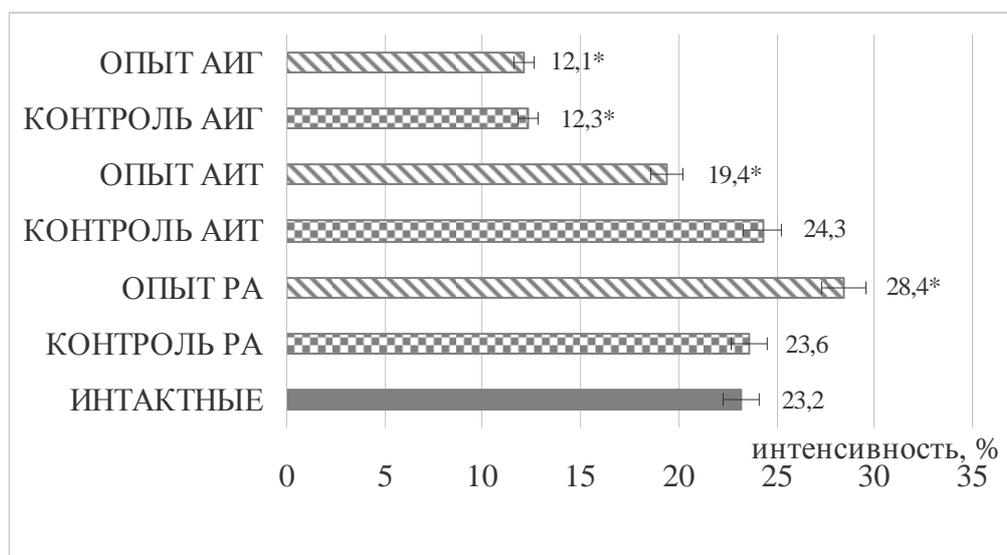


Рис. 2. Изменения интенсивности груминга лабораторных животных с моделями САЗ при коррекции настоем многоколосника фенхельного (* – $p \leq 0,05$ при сравнении с интактной группой)

Стоит отметить, что данный показатель не претерпевал изменений в контрольных группах РА и АИТ, составляя соответственно $23,6 \pm 4,0\%$ и $24,3 \pm 2,5\%$ при $23,2 \pm 3,8\%$ у интактных особей. При АИГ наблюдалось достоверное снижение значений интенсивности груминга до $12,3 \pm 1,3\%$. Применение настоя многоколосника фенхельного у крыс с РА

вызывало существенное увеличение значений показателя до $28,4 \pm 1,7\%$, в то время как у крыс с АИГ наоборот, происходило снижение до $19,4 \pm 1,4\%$. Употребление настоя крысами с АИГ не приводило к изменениям значений данного показателя ($12,1 \pm 1,4\%$).

Процент времени груминга у интактных крыс составил $16,3 \pm 1,6\%$ (рис. 3). Моделирование РА приводило к достоверному снижению уровня показателя до $6,7 \pm 1,1\%$, АИГ – до $8,5 \pm 1,4\%$, а развитие АИГ способствовало его достоверному увеличению до $19,8 \pm 1,6\%$. Применение многоколосника фенхельного незначительно повышало процент времени груминга у животных с РА ($7,8 \pm 0,9\%$), что было ниже установленной физиологической нормы. Обращает на себя внимание, что в опытной группе с моделью АИГ наблюдалось значительное как по сравнению с контролем, так и по сравнению с интактной группой увеличение значений данного показателя до $25,0 \pm 2,0\%$. Применение настоя способствовало нормализации повышенного уровня показателя у животных с АИГ – $16,6 \pm 2,5\%$.

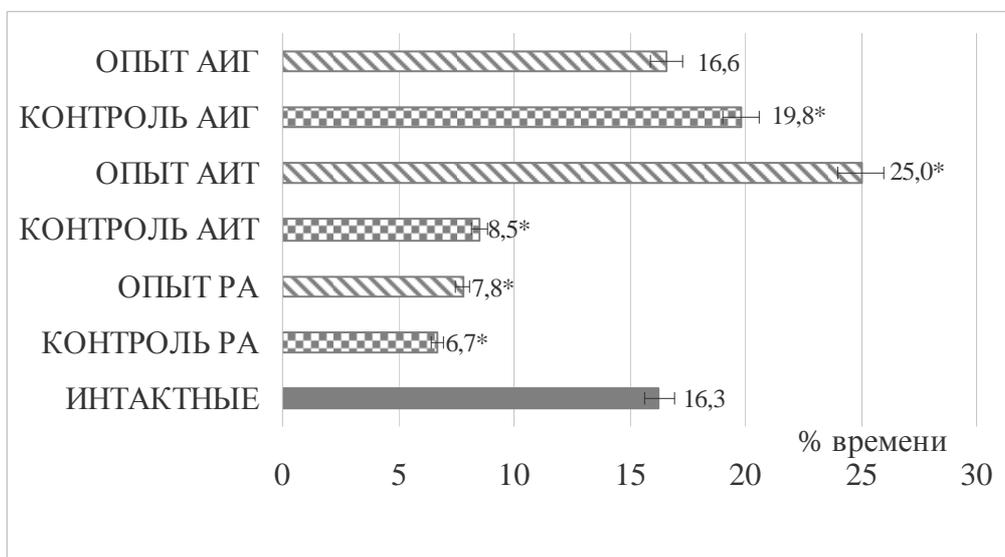


Рис. 3. Изменения процента времени груминга лабораторных животных с моделями САЗ при коррекции настоем многоколосника фенхельного (* – $p \leq 0,05$ при сравнении с интактной группой)

Несмотря на многовекторность влияния примененной коррекции на показатели груминга, можно выявить тенденцию к их нормализации в особенности выраженную у крыс с РА и АИГ.

Сходная тенденция при развитии САЗ и их коррекции в эксперименте наблюдалась у животных по показателям лейкоцитарной формулы. Длительное применение настоя ЛРС способствовало частичному восстановлению исходного уровня соотношения различных популяций лейкоцитов, что является косвенным свидетельством его иммуномодулирующего воздействия на организм (рис. 4).

Так, моделирование РА приводило к достоверному снижению уровня ПН ($1,2 \pm 0,3\%$ при норме $2,9 \pm 0,6\%$), СН ($16,3 \pm 1,7\%$ при норме $31,9 \pm 2,1\%$), Э ($1,9 \pm 0,6\%$ при норме $4,1 \pm 0,6\%$) и М ($2,2 \pm 0,8\%$ при норме $7,0 \pm 0,7\%$) и резкому возрастанию количества лимфоцитов ($78,4 \pm 2,1\%$ при норме $54,1 \pm 1,9\%$). Дальнейшая терапия настоем многоколосника фенхельного способствовала нормализации показателей лейкоформулы. Уровень ПН повышался до $3,6 \pm 0,7\%$, СН – до $28,2 \pm 3,9\%$, Э – до $2,3 \pm 0,7\%$, М – до $3,4 \pm 0,7\%$, а количество лимфоцитов снижалось до $62,5 \pm 3,7\%$.

Развитие АИТ сопровождалось снижением уровня нейтрофильных гранулоцитов (ПН – $0,9 \pm 0,4\%$ и СН – $14,8 \pm 1,1\%$) и эозинофилов ($2,9 \pm 0,6\%$). При неизменном количестве моноцитов ($6,8 \pm 0,8\%$) уровень лимфоцитов так же, как и в случае с РА был значительно выше нормы ($74,7 \pm 1,6\%$).

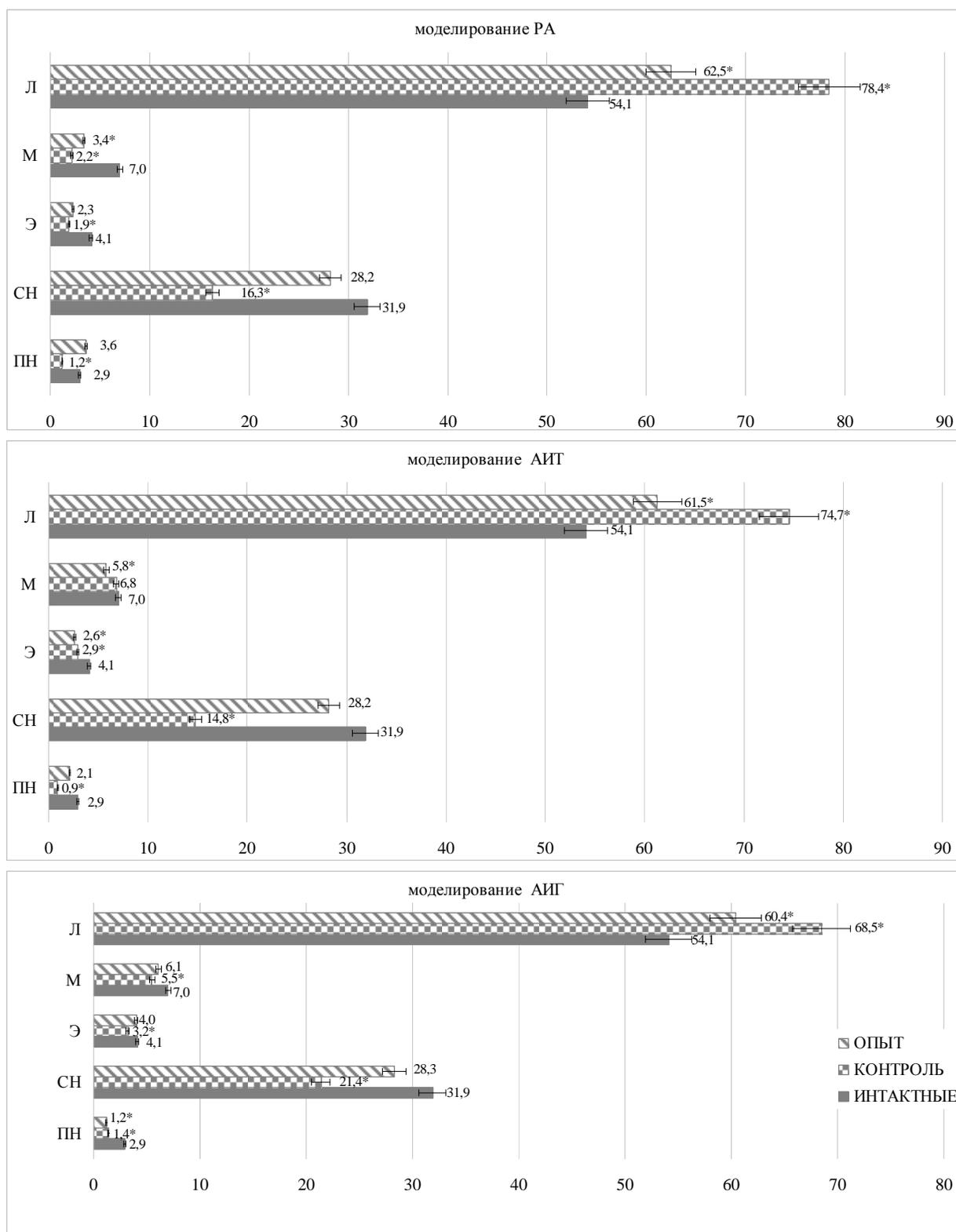


Рис. 4. Изменения лейкоцитарной формулы крови (%) лабораторных животных с моделями САЗ при коррекции настоем многоколосника фенхельного (* – $p \leq 0,05$ при сравнении с интактной группой)

Длительное применение настоя ЛРС восстанавливало уровень ПН ($2,1 \pm 0,5\%$) и СН ($28,2 \pm 1,5\%$), практически не влияло на показатель эозинофилов ($2,6 \pm 0,7\%$) и достоверно снижало уровень моноцитов ($5,8 \pm 0,8\%$). Притом, что уровень Л в этой группе крыс существенно снижался до $61,5 \pm 1,5\%$, он все же оставался выше отмеченного у интактных особей.

Моделирование АИГ вызывало достоверное снижение уровня гранулярных лейкоцитов (ПН – до $1,4 \pm 0,5\%$, СН – до $21,4 \pm 1,3\%$ и Э – до $3,2 \pm 0,8\%$). Также происходило снижение

уровня моноцитов ($5,5 \pm 0,9\%$), в то время как уровень Л достоверно повышался до $68,5 \pm 1,4\%$. Воздействие настоя приводило к нормализации уровней СН ($28,3 \pm 1,5\%$), Э ($4,0 \pm 0,7\%$) и М ($6,1 \pm 0,8\%$), не влияя на показатель ПН, составивший $1,2 \pm 0,4\%$, и достоверно снижая количество лимфоцитов до $60,4 \pm 1,7\%$, но не доводя его до уровня физиологической нормы.

На рис. 5 приведены данные изменения времени свертывания крови у животных с различными САЗ до и после коррекции настоем многоколосника фенхельного. Развитие РА вызывало достоверное увеличение значений данного показателя с $119,0 \pm 9,7$ с до $161,4 \pm 16,3$ с, не изменяло время свертывания у крыс с АИТ ($124,7 \pm 7,2$ с) и способствовало его снижению у животных с АИГ до $101,8 \pm 7,7$ с. Настой ЛРС в разной степени вызывал сокращение времени свертывания крови во всех опытных группах. Так, у крыс с РА значения показателя составили $63,6 \pm 5,5$ с, у животных с АИТ – $84,3 \pm 8,6$ с и у особей с АИГ – $79,5 \pm 6,6$ с. Таким образом, можно видеть, что длительное применение многоколосника фенхельного способствовало сокращению времени свертывания крови у животных с САЗ. Эти данные свидетельствуют о необходимости дальнейшего изучения влияния препаратов растения на систему гемостаза. Поскольку процесс свертывание крови начинается с активации тромбоцитов, предварительно мы можем предположить, что выявленный гемостатический эффект реализуется на уровне сосудисто-тромбоцитарного звена.

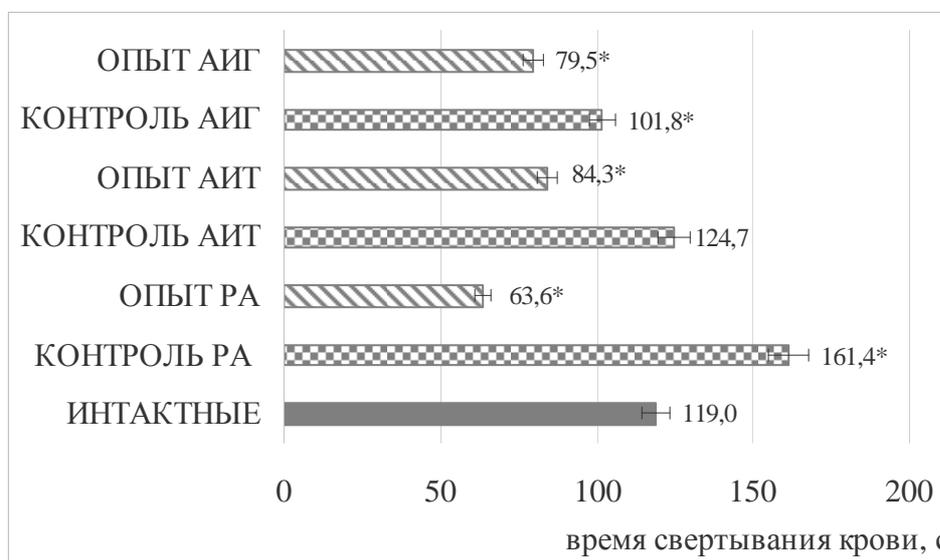


Рис. 5. Изменения времени свертывания крови (с) лабораторных животных с моделями САЗ при коррекции настоем многоколосника фенхельного (* – $p \leq 0,05$ при сравнении с интактной группой)

В доступной научной литературе мы не обнаружили информации, подтверждающей эффективность применения многоколосника фенхельного в лечении САЗ. Наши исследования согласуются с данными коллектива авторов о психо- и иммуномодулирующем влиянии его флавоноидов на поведение животных и лейкоцитарную формулу крови. Однако авторы отметили, что при общей тенденции восстановления уровня лейкоцитов периферической крови не наблюдалось значимое улучшение в лейкоцитарной формуле, что может быть связано с недостаточной длительностью курса терапии в эксперименте – 10 дней [12]. По результатам проведенных исследований нами был запатентован способ коррекции состояния нейроиммуноэндокринной системы при указанных системных аутоиммунных расстройствах. Коррекция предполагает длительный курс терапии в течение не менее 30–90 дней настоем многоколосника фенхельного [9].

Выводы

Впервые проведено интегративное медико-биологическое исследование влияния лекарственного растительного сырья многоколосника фенхельного, интродуцированного в Донецком ботаническом саду, на формулу крови и поведенческие реакции лабораторных животных с моделями разных системных аутоиммунных заболеваний.

Выявлено психо- и иммуномодулирующее действие настоя ЛРС, что позволяет рекомендовать его в качестве источника лечебно-профилактических средств. На основании полученных результатов разработан способ коррекции психонейроиммуоэндокринной системы.

Список литературы

1. Западнюк И. П., Западнюк В. И., Захария Е. А., Западнюк Б. В. Лабораторные животные : разведение, содержание, использование в эксперименте. К. : Вища шк., 1983. 382 с.
2. Кустов Д. Ю., Кустова О. К., Приходько С. А., Глухов А. З., Шевченко Т. А. Иммуномодулирующее действие *Agastache foeniculum* L. на параметры крови у самок белых крыс с моделью ревматоидного артрита // Архив клинической и экспериментальной медицины. 2018. Т. 27, № 1. С. 63–69.
3. Кустов Д. Ю., Кустова О. К., Приходько С. А., Глухов А. З., Шевченко Т. А. Влияние применения настоя *Agastache foeniculum* L. на поведение самок белых крыс с моделью ревматоидного артрита // Архив клинической и экспериментальной медицины. 2018. Т. 27, № 3. С. 44–50.
4. Кустова О. К., Приходько С. А., Глухов А. З., Кустов Д. Ю. Интродукция видов рода *Agastache* Claut. ex Gronov. в Донецком ботаническом саду и перспективы их использования // Промышленная ботаника : сб. науч. тр. Донецк : ГУ «ДБС», 2019. Вып. 19, № 1. С. 17–22.
5. Меньшиков В. В. Клиническая лабораторная аналитика. Т. 2 : Частные аналитические технологии в клинической лаборатории. Псков, 1999. С. 43–44.
6. Патент № 114861, UA. МПК : G09B 23/28. Спосіб моделювання аутоімунного гіпогонадізму. Кустов Д. Ю., Кокіна І. В., Реготун Т. А., Валігун Я. С., Косторев О. С. Заява № u201609474 від 13.09.2016. Друк. 27.03.2017. Бюл. № 6.
7. Патент № 114862, UA. МПК : G09B 23/28. Спосіб моделювання ревматоїдного артриту. Кустов Д. Ю., Кокіна І. В., Реготун Т. А., Валігун Я. С. Заява № u201609475 від 13.09.2016. Друк. 27.03.2017. Бюл. № 6.
8. Патент № 118029, UA. МПК: G01N 33/564, A61K 35/55. Спосіб моделювання аутоімунного тиреоїдиту. Кустов Д. Ю., Кокіна І. В., Реготун Т. А., Валігун Я. С., Косторев О. С. Заява № u201610892 від 31.10.2016. Друк. 25.07.2017. Бюл. № 14.
9. Патент № 139599, UA. МПК : A61P 37/00. Спосіб корекції нейроіммуоендокринної системи при системних аутоімунних розладах в експерименті. Кустов Д. Ю., Кустова О. К. Заява № u201907028 від 24.06.2019. Друк. 10.01.2020. Бюл. № 1.
10. Патент № 16150, UA. МКВ : A61B5/00. Спосіб оцінки стану організму тварини. Кустов Д. Ю., Ракша-Слюсарєва О. А., Слюсарєв О. А., Друпп Ю. Г. Заява № u200602422 від 06.03.2006. Друк. 17.07.2006. Бюл. № 7.
11. Руководство к практическим занятиям по клинической лабораторной диагностике / Под ред. М. А. Базарновой, В. Т. Морозовой. К. : Вища шк., 1988. 318 с.
12. Хлебцова Е. Б., Сорокина А. А. Иммуномодулирующее действие флавоноидов лопанта анисового // Фармация. 2014, № 4. С. 45–48.
13. Чумакова В. В., Попова О. И. Лопант анисовый (*Agastache foeniculum* L.) – перспективный источник получения лекарственных средств // Фармация и фармакология. 2013. № 1. С. 39–43.

Kustov D. Yu., Kustova O. K. Application of *Agastache foeniculum* (Pursh) Kuntze for systemic autoimmune diseases correction in technogenic region. – An integrative medical and biological study of the effect of medicinal plant extract materials *Agastache foeniculum* (Pursh) Kuntze, introduced in the Donetsk Botanical garden, on the blood formula and behavioral responses of laboratory animals with various systemic autoimmune diseases models was conducted. The psycho- and immunomodulatory effect of extract infusion was revealed, which allows us to recommend it as a source of therapeutic and preventive measures. On the results, developed methods of psychoneuroimmunoendocrinous system correction.

Key words: *Agastache foeniculum* (Pursh) Kuntze, systemic autoimmune diseases, psychoneuroimmunoendocrinous system.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. Для публикации в научно-практическом журнале «Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона» принимаются не опубликованные ранее научные работы по всем разделам биологии (ботаника, физиология растений, зоология, физиология человека и животных, биофизика и др.), которые касаются проблем экологии и охраны природы.

В печать принимаются научные статьи на русском и английском языках, которые имеют необходимые элементы: постановка проблемы в общем виде и её связь с важнейшими научными и практическими задачами; анализ последних достижений и публикаций, в которых рассмотрена данная проблема и на которые ссылается автор, выделение нерешенных ранее частей общей проблемы, на решение которых направлена данная статья; формулирование цели и постановка задач; изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных научных результатов; выводы из этого исследования и перспективы дальнейших исследований в данном направлении.

2. Статья набирается в редакторе MS Word 2003 как документ Word (*.doc) или текст в формате RTF (*.rtf). Шрифт – Times New Roman Cyr, размер – 12 пунктов, межстрочный интервал – одинарный; поля со всех сторон – по 2 см; абзацный отступ – 1 см; выравнивание – по ширине, без переносов; колонтитулы – 1,2 см, стиль «Обычный». Страницы рукописи не нумеруются.

Объем статьи (включая иллюстративный материал, таблицы, список литературы, резюме) – 5–16 страниц.

3. Текст статьи должен соответствовать структурной схеме:
УДК (в верхнем левом углу страницы)

Инициалы и фамилия автора (-ов)

Название статьи – ЗАГЛАВНЫМИ БУКВАМИ

*Полное официальное название учреждения и его почтовый адрес с индексом
(для каждого из авторов, если они представляют разные учреждения)
и адрес электронной почты*

4. Резюме (не более 50 слов) и ключевые слова подаются на русском и английском языках по такому образцу (размер шрифта – 10 пунктов):

Фамилия и инициалы автора (-ов). Название статьи. – Текст, который должен содержать краткое изложение предмета исследований, результатов и выводов.

Ключевые слова: не более 5–8 слов.

5. В тексте статьи выделяют разделы: **Введение, Материал и методы исследования, Результаты и обсуждение, Выводы, Список литературы.**

Благодарности подаются в конце статьи перед списком литературы.

6. **Список литературы** приводится согласно с правилами оформления библиографического списка (ГОСТ Р 7.05-2008).

Фамилии и инициалы авторов выделить курсивом.

Ссылки на литературные источники подаются цифрами в квадратных скобках.

Фамилии авторов в списке литературы размещаются в алфавитном порядке. Названия работ приводятся на языке оригинала.

Следует тщательно выверить соответствие литературных источников в тексте и в списке, проверить правильность названий периодических источников. При цитировании материалов и тезисов конференций, съездов, симпозиумов и др. обязательно указывать место и дату их проведения. При цитировании издания коллектива авторов следует указывать инициалы и фамилию ответственного редактора.

7. Латинские названия *родов* и *видов* необходимо выделить *курсивом*. Первое упоминание любого названия организма должно сопровождаться полным научным (латинским) названием с указанием автора (фамилия полностью) и года опубликования

(например, *Passer domesticus* (Linnaeus, 1758)), при следующем упоминании фамилия автора и год не приводятся, а название рода можно подавать сокращенно (*P. domesticus*).

8. В тексте, таблицах и списке литературы (там, где необходимо) следует употреблять короткое тире (–), а не дефис (-). Любой знак препинания набирается слитно с предыдущим словом и отделяется от последующего одним пробелом. Текст статьи должен быть тщательно выверен, без орфографических и стилистических ошибок.

9. Таблицы следует набирать в редакторе MS Word 2003. Их следует размещать в «книжном», а не в «альбомном» формате, с максимальной насыщенностью информацией в строках. В названиях граф сокращение слов нежелательно. Следует избегать составления слишком громоздких таблиц. Заголовок таблицы оформить по следующему примеру:

Таблица 1

Название таблицы

10. Рисунки, схемы, графики, диаграммы, фотографии в электронной форме должны быть вставлены в текст, сразу после ссылки на них (или на следующей странице). Подписи под рисунками делать в текстовом редакторе MS Word (**Рис. 1. Название**), размер шрифта – 10 пунктов, выравнивание – «по середине». Все элементы текста на графиках и диаграммах должны быть набраны шрифтом Times New Roman Cyr. Фотографии должны быть качественными и контрастными. Объем иллюстративного материала и таблиц не должен превышать 30 % объема статьи.

11. Математические формулы и уравнения приводить с использованием редактора MS Equation 3.0.

12. Сокращения слов, кроме общепринятых, не допускаются или обязательно дается их расшифровка.

13. К статье прилагается заявка с указанием для каждого автора фамилии, имени и отчества (полностью), ученого звания и научной степени, полного названия и адреса организации, где выполнена работа, адреса электронной почты (обязательно!) и контактного телефона.

14. Если статья подается на английском языке, то прилагается её русский вариант.

15. Ответственность за содержание статей и качество рисунков несут авторы.

16. Рукопись проходит независимое анонимное рецензирование специалистами на предмет научной ценности статьи, её соответствия профилю и требованиям журнала. По рекомендации рецензентов редколлегия принимает решение о возможности и условиях опубликования статьи. Редакционная коллегия оставляет за собой право редактировать текст по согласованию с авторами.

Все материалы направляйте электронной почтой по адресу: eco-1999@mail.ru

Адрес редакции:

Биологический факультет ДонНУ,
ул. Щорса, 46, к. 310, г. Донецк, 283050

Отв. секретарь: к.б.н. Штирц Артур Давыдович

Тел.: (062) 302-09-95
(071) 419-59-19

RULES FOR AUTHORS

1. The scientific and practical journal «Problems of ecology and nature protection of technogenic region» publishes scientific works in all fields of biology (botany, physiology of plants, zoology, physiology of man and animals, biophysics and others) that were not previously published and touches problems of ecology and nature protection.

We accept scientific articles in Russian and English, containing all the necessary elements: general problem statement and its connection with major scientific and practical objectives; analysis of latest achievements and publications on the given problem the author refers to, underlining the parts of the general problem that were not solved before, the article being aimed at solving; formulating the aim and stating tasks; presenting basic research data with full justification of the scientific results obtained; conclusion to this research and prospects for further research in this direction.

2. The article must be typed in MS Word. Font Times New Roman of size 12, single space, 2 cm in all margins; with indentation of 1 cm; justified alignment with no word division; style «Ordinary». Pages of manuscripts must not be numbered.

The length of an article (including illustrations, tables, bibliography, summary) is 5–16 pages.

3. The text of the article should correspond to the following structural scheme:
UDC (in the upper left corner)

Initials and surname of the author(s)

The title of the article – **IN CAPITAL LETTERS**

Full official name of the institution and its mailing address with postal code

(for each author, if they represent different institutions) and e-mail

4. Extended abstract in English (up to 1 page, not longer than 3000 symbols) must be attached to the article. The extended abstract has to be written according to the following example (font size 12):

Surname and initials of the author(s).

The title of the article.

Full official name of the institution and its mailing address with postal code (for each author, if they represent different institutions).

The extended abstract must contain short narration of article structure (including introduction, the purpose and objectives, methods, main results and conclusions), should be original and independent from the article source of information.

Key words: no more than 5–8.

5. The body of the article should contain the following elements: **Introduction, Material and methods of the research, Results and discussion, Conclusions, Bibliographic references.**

Acknowledgements are given at the end of the article before bibliographic references.

6. Latin names of *genus* and *species* should be typed *in italics*. The name of any organism mentioned for the first time should be accompanied with the full scientific (Latin) name with indication of the author (full surname) and publication year (for example, *Passer domesticus* (Linnaeus, 1758)). Further mentioning doesn't require the author's name and year, and the name can be shortened (*P. domesticus*).

7. The text of the article should be carefully checked, without orthographic errors. Abbreviations of words, except for generally accepted ones, are not permissible or otherwise they must be deciphered.

8. Tables should be made in MS Word. Sheet size – Letter, lines are to be maximally filled with information. Names of the columns should not contain shortened words. You should avoid creating too bulky tables. Table's title should be made as follows:

Table 1

Title of the Table

9. Figures, graphs, diagrams, photos in electronic form should be inserted in the text immediately after the reference to them (or on the next page). The legend is placed under the graph in MS Word (**Fig. 1. Legend**). All the elements of the text in the graphs and diagrams must be typed

in Times New Roman font. The pictures must be of high quality and contrast. The volume of illustrations should not exceed 30% of the article.

10. Mathematical formulas and equations are to be given using MS Equation 3.0.

11. You should enclose to your article the following documents on separate sheets: an application with full names (surname, name and patronymic) of every author, academic status and academic degree, full name and address of the organization, where the work was carried out, e-mail (obligatory!) and contact telephone.

12. The authors bear the responsibility for the article content and the figures quality.

13. The submitted manuscript is anonymously peer-reviewed by experts on the subject of its scientific value, compliance with the requirements and profile of the journal. On the recommendations of the reviewers editorial board makes a decision on the possibility of the article publication. The Editorial Board reserves the right to itself to edit the text as agreed with the authors.

All the materials are to be sent to: **eco-1999@mail.ru**

Editorial office address:

Biological faculty of Donetsk National University
Schorsa Str., 46/310
Donetsk, 283050

Managing editor: PhD in biology, Arthur Shtirts

Tel.: +38 (062) 302-09-95
+38 (071) 419-59-19

ISSN 2077-3366 Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2020. № 3–4

Научно-практический журнал

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И ОХРАНЫ ПРИРОДЫ ТЕХНОГЕННОГО РЕГИОНА

2020

№ 3–4

Учредитель: ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

Свидетельство о регистрации СМИ, выданное Министерством информации ДНР:
Серия ААА № 000073 от 21.11.2016 г.

Оригинал-макет: А. Д. Штирц

Адрес редакции:
283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46, к. 310
Донецкий национальный университет,
биологический факультет

Тел.: (062) 302-09-95
(071) 419-59-19
e-mail: eco-1999@mail.ru

Сайт журнала: <http://donnu.ru/ecolog>