

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΑΣ

Πτυχιακή Διατριβή:

«Μελέτη της συμπεριφοράς ορισμένων εδαφικών συστατικών στην πρόσληψη αμμωνιακών και νιτρικών ιόντων από τις καλλιέργειες αραβόσιτου και σπανακιού»



Φοιτητής: ΣΙΑΗΡΟΠΟΥΛΟΣ ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ

Επιβλέπων: Δημήτρου Ανθούλα

Βόλος, 2012



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 10934/1
Ημερ. Εισ.: 07-09-2012
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΦΠΑΠ
2012
ΣΙΔ

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά

- την επιβλέπουσα Καθηγήτριά μου κ. Ανθούλα Δημήρκου, Καθηγήτρια του τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος και διευθύντρια του Εργαστηρίου Εδαφολογίας που μου έδωσε τη δυνατότητα να εκπονήσω την πτυχιακή μου εργασία στον επιστημονικό τομέα που επιθυμούσα. Επίσης, θα ήθελα να την ευχαριστήσω για τη καθοδήγηση και τη βοήθεια της οποιαδήποτε στιγμή τη χρειαζόμουν καθώς και για την αμέριστη συμπαράσταση κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.
- τον κ. Βασίλειο Αντωνιάδη, Λέκτορα Εφαρμοσμένης Εδαφολογίας του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος και τον Καθηγητή Γενετικής και Βελτίωσης φυτών Ιμπραχίμ – Αβραάμ Χα, για την συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή, το χρόνο που αφιέρωσαν στην διόρθωση της παρούσας πτυχιακής και την βοήθεια που μου παρείχαν όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου.
- Την Αικατερίνη Μόλλα, Υποψήφια Διδάκτορα του τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, για τη βοήθεια και τη συμπαράστασή της τόσο κατά την εκτέλεση του πειραματικού μέρους όσο και κατά τη συγγραφή της.
- Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω από καρδιάς τους γονείς μου για την αγάπη τους και τη συνεχή ηθική και οικονομική συμπαράσταση τους όχι μόνο κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της πτυχιακής μου εργασίας αλλά και καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	2
Περιεχόμενα.....	5
1 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	7
1.1 Ζεόλιθος.....	7
1.1.1 Δομή.....	7
1.1.2 Φυσικές και χημικές ιδιότητες.....	8
1.1.3 Χημισμός.....	9
1.1.4 Ζεόλιθοι ανά τον κόσμο.....	10
1.1.5 Ζεόλιθοι στην Ελλάδα.....	11
1.1.6 Χρήσεις ζεόλιθων.....	13
1.2 Μπεντονίτης.....	16
1.2.1 Χρήσεις.....	20
1.3 Γκαιτίτης.....	23
2 ΝΙΤΡΙΚΑ.....	25
2.1 Άζωτο.....	25
2.2 Ιδιότητες.....	26
2.3 Ενώσεις του αζώτου.....	26
2.4 Προέλευση και μορφές αζώτου στο έδαφος.....	27
2.5 Κύκλος Αζώτου.....	28
2.6 Απώλειες αζώτου.....	31
2.7 Τροφοπενίες αζώτου και αλληλεπίδραση.....	32
2.8 Αζωτούχα λιπάσματα.....	32
2.9 Πρακτικές λίπανσης με αζωτούχα λιπάσματα.....	34
2.10 Νιτρορύπανση.....	35
2.11 Νιτρορύπανση από την γεωργία.....	36
2.12 Απονίτρωση υπόγειων υδάτων.....	37
2.13 Επιπτώσεις στην υγεία.....	39
3. ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ.....	40
3.1 Αραβόσιτος.....	40
3.1.1 Εισαγωγή.....	40
3.1.2 Μορφολογία.....	41
3.1.3 Οικολογικές απαιτήσεις.....	42
3.1.4 Καλλιέργεια.....	43
3.2 Σπανάκι.....	47
3.2.1 Εισαγωγή.....	47
3.2.2 Μορφολογία.....	48
3.2.3 Καλλιέργεια.....	48
3.2.4 Οικολογικές απαιτήσεις.....	49
3.2.5 Εχθροί και Ασθένειες.....	50
4 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	50
4.1 Έδαφος.....	50
4.2 Υλικά προσρόφησης.....	50
4.2.1 Ζεόλιθος.....	50
4.2.2 Μπετονίτης.....	50
4.2.3 Γκαιτίτης.....	51

4.3 Πειράματα θερμοκηπίου	53
4.3.1 Περιοχή Μελέτης	53
4.3.2 Πείραμα	53
4.4 Μέθοδοι Ανάλυσης	55
4.4.1 Προσδιορισμός νιτρικών ιόντων με την μέθοδο της Ιοντικής Χρωματογραφίας	55
4.4.2 Προσδιορισμός νιτρικού αζώτου σε δείγματα εδαφών και φυτικών ιστών	55
4.4.3 Προσδιορισμός αμμωνιακού αζώτου σε δείγματα εδαφών	57
5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ	60
5.1 Η επίδραση των εδαφοβελτιωτικών στην περιεκτικότητα νιτρικού αζώτου στο έδαφος όπου καλλιεργήθηκε αραβόσιτος.	60
5.2 Η επίδραση των εδαφοβελτιωτικών στην περιεκτικότητα του νιτρικού αζώτου στους φυτικούς ιστούς του αραβόσιτου.....	61
5.3 Η επίδραση των εδαφοβελτιωτικών στο τελικό ύψος του αραβόσιτου.....	63
5.4 Η επίδραση των εδαφοβελτιωτικών στο ξηρό βάρος του αραβόσιτου.....	65
5.5 Η επίδραση των εδαφοβελτιωτικών στην περιεκτικότητα αμμωνιακού αζώτου στο έδαφος όπου καλλιεργήθηκε αραβόσιτος.	66
5.6 Η επίδραση των εδαφοβελτιωτικών στην περιεκτικότητα του νιτρικού αζώτου στο έδαφος μετά την καλλιέργεια σπανακιού.....	68
5.7 Η επίδραση των εδαφοβελτιωτικών στην ποσότητα νιτρικού αζώτου στους φυτικούς ιστούς του σπανακιού.....	69
5.8 Η επίδραση των εδαφοβελτιωτικών στο τελικό ύψος του σπανακιού.....	71
5.9 Η επίδραση των εδαφοβελτιωτικών στην περιεκτικότητα νιτρικού αζώτου στο ξηρό βάρος του σπανακιού.	72
5.10 Η επίδραση των εδαφοβελτιωτικών στην περιεκτικότητα αμμωνιακού αζώτου στο έδαφος όπου καλλιεργήθηκε σπανάκι.....	74
6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	76
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	78
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	83

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής διατριβής είναι η μελέτη της συμπεριφοράς ορισμένων εδαφοβελτιωτικών φιλικών προς το περιβάλλον σε έδαφος ρυπασμένο με νιτρικό ($\text{NO}_3\text{-N}$) και αμμωνιακό άζωτο ($\text{NH}_4\text{-N}$) και η επίδρασή τους σε φυτά (αραβόσιτος, σπανάκι) που καλλιεργήθηκαν στο ρυπασμένο με νιτρικά και αμμωνιακά ιόντα έδαφος. Για τον σκοπό αυτό, ως εδαφοβελτιωτικά χρησιμοποιήθηκαν ο ζεόλιθος, ο μπετονίτης, ο γκαιτίτης και δυο συστήματα αυτών (Z-GI και Z-GII).

Το νιτρικό και αμμωνιακό άζωτο χρησιμοποιήθηκε σε δυο συγκεντρώσεις (40 kg/στρ. και 80 kg/στρ. για το αραβόσιτος και 30 kg/στρ. και 60 kg/στρ. για το σπανάκι.) Σε φυτοδοχεία τοποθετήθηκε το ρυπασμένο έδαφος, σπόροι αραβόσιτου και σπανακιού και τα παραπάνω εδαφοβελτιωτικά. Για κάθε μεταχείριση έγιναν τρεις επαναλήψεις. Μετά από περίπου 50 ημέρες από την ημέρα φύτευσης των φυτών, τα φυτά συλλέχθηκαν και στο έδαφος προσδιορίστηκε το νιτρικό και αμμωνιακό άζωτο, ενώ στα φυτά προσδιορίστηκε το νιτρικό άζωτο και το ξηρό βάρος. Επίσης στις 30 και 50 ημέρες από την ημέρα φύτευσης των φυτών μετρήθηκε το ύψος των φυτών.

Από την ανάλυση των πειραματικών δεδομένων προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα για τον αραβόσιτο :

Την μεγαλύτερη μείωση στην περιεκτικότητα του N-NO_3 στο έδαφος όπου προστεθήκαν 40 η 80 κιλά αζώτου ανά στρέμμα και εδαφοβελτιωτικά μετά την καλλιέργεια του αραβόσιτου επέφερε το σύστημα ζεόλιθου – γκαιτίτη κόκκινου.

Την μεγαλύτερη μείωση στην περιεκτικότητα του N-NO_3 στο φυτικό ιστό του αραβόσιτου στην δόση των 40 κιλών ανά στρέμμα επέφερε το σύστημα ζεόλιθου – γκαιτίτη κόκκινου ενώ στη δόση των 80 κιλών ανά στρέμμα επέφερε ο γκαιτίτης.

Την μεγαλύτερη επίδραση στο ύψος του φυτού του αραβόσιτου και στις δυο δόσεις των 40 και 80 κιλών ανά στρέμμα επέφερε η προσθήκη του συστήματος ζεόλιθου – μπετονίτη 3:1.

Την μεγαλύτερη επίδραση στη βιομάζα του φυτού αραβόσιτου και στις δυο δόσεις αζώτου επέφερε η προσθήκη του γκαιτίτη.

Την μεγαλύτερη μείωση στην συγκέντρωση του N-NH_4 στο έδαφος όπου

καλλιεργήθηκε ο αραβόσιτος στη δόση των 40 κιλών ανά στρέμμα επέφερε ο μπετονίτης ενώ στη δόση των 80 κιλών ανά στρέμμα ο ζεόλιθος.

Ενώ για το σπανάκι:

Την μεγαλύτερη μείωση στην περιεκτικότητα του N-NO₃ στο έδαφος όπου προστέθηκε 30 κιλά άζωτο ανά στρέμμα και εδαφοβελτιωτικό μετά την καλλιέργεια σπανακιού επέφερε το σύστημα ζεόλιθου – μπετονίτη 3:1 ενώ για δόση 60 κιλών αζώτου ανά στρέμμα όλα τα εδαφοβελτιωτικά επέφεραν το ίδιο αποτέλεσμα.

Την μεγαλύτερη μείωση στην περιεκτικότητα του N-NO₃ στο φυτικό ιστό του σπανακιού στην δόση των 30 κιλών ανά στρέμμα επέφερε ο ζεόλιθος ενώ στη δόση των 60 κιλών ανά στρέμμα μεγαλύτερη μείωση επέφερε ο μπετονίτης.

Τη μεγαλύτερη επίδραση στο ύψος του φυτού του σπανακιού στη δόση των 30 κιλών ανά στρέμμα επέφερε η χρήση του μπετονίτη ενώ για τη δόση των 60 κιλών ανά στρέμμα μεγαλύτερη επίδραση επέφερε η χρήση του ζεόλιθου και το σύστημα ζεόλιθου – μπετονίτη 3:1.

Τη μεγαλύτερη επίδραση στη βιομάζα του φυτού σπανακιού στη δόση των 30 κιλών ανά στρέμμα επέφεραν ο μπετονίτης, ο γκαιτίτης και τα συστήματα ζεόλιθου – μπετονίτη 3:1 και ζεόλιθου – γκαιτίτη κόκκινου ενώ για τη δόση των 60 κιλών ανά στρέμμα τη μεγαλύτερη επίδραση επέφερε η χρήση του συστήματος ζεόλιθου – γκαιτίτη κόκκινου.

Τη μεγαλύτερη μείωση στην συγκέντρωση του N-NH₄ στο έδαφος όπου καλλιεργήθηκε σπανάκι στην δόση των 30 κιλών ανά στρέμμα επέφερε η χρήση του μπετονίτη, του ζεόλιθου, του γκαιτίτη και τα συστήματα ζεόλιθου – γκαιτίτη κόκκινου και ζεόλιθου – μπετονίτη 3:1 ενώ στη δόση των 60 κιλών ανά στρέμμα μεγαλύτερη μείωση επέφερε η χρήση του γκαιτίτη, του μπετονίτη και τα δυο συστήματα ζεόλιθου – γκαιτίτη.

1 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

1.1 Ζεόλιθος



Εικόνα 1.1. Το ορυκτό ζεόλιθος (υπό μορφή πούδρας)

Οι ζεόλιθοι είναι αργιλλοπυριτικά ορυκτά μιας ευρείας ομάδας ένυδρων αργιλλοπυριτικών ορυκτών με πολύ κοντινές ομοιότητες στη χημική σύνθεση και τη βασική κρυσταλλική δομή. Χαρακτηρίζονται από ένα τρισδιάστατο αργιλλοπυριτικό πλέγμα, που συντίθεται από κατιόντα αλκαλίων και αλκαλικών γαιών, κυρίως Na^+ και Ca^{2+} καθώς και μεγάλες ποσότητες H_2O που εισέρχονται στα κενά του πλέγματος. Πολλοί ζεόλιθοι τήκονται με ταυτόχρονη αύξηση του όγκου τους. Η ιδιότητα αυτή έγινε γνωστή από τον Σουηδό ορυκτολόγο Barol Axel Fredrick Gronstedt ο οποίος ανακάλυψε το 1756 καλά σχηματισμένους κρυστάλλους και τους ονόμασε ζεόλιθους από τις ελληνικές λέξεις «ζέω» και «λίθος» δηλαδή αναβράζουσες πέτρες.

1.1.1 Δομή

Κύριο δομικό στοιχείο των ζεόλιθων είναι ένα τετράεδρο, αποτελείται από ένα μικρό άτομο πυριτίου ή αργιλίου περιστοιχιζόμενο από τέσσερα οξυγόνα. Το δομικό πλέγμα των ζεολίθων συνίσταται από τετράεδρα SiO_4 και AlO_4 έτσι ώστε κάθε οξυγόνο να βρίσκεται μεταξύ δύο τετραέδρων.

Η ατομική αναλογία του οξυγόνου προς τα άτομα του αργιλίου και του πυριτίου είναι ίση με δύο. Επειδή το Al έχει ένα λιγότερο αρνητικό φορτίο απ' ότι το Si το πλέγμα έχει ένα αρνητικό σθένος το οποίο εξισορροπείται από την ιονική ανταλλαγή. Κάθε ιόν K^+ και Na^+ μπορεί να εξισορροπήσει ένα Al αλλά κάθε ιόν Ca^{+2} με δύο θετικά σθένη μπορεί να εξισορροπήσει δύο Al. Αστρίοι και αστριοειδή έχουν παρόμοια

δομικά πλέγματα αλλά η δομή τους είναι πιο συμπαγής από αυτή των ζεόλιθων (Gottardi, G. 1985).

Οι δομές των ζεόλιθων ομαδοποιούνται ανάλογα με το είδος των συνδέσεων μεταξύ των τετραέδρων σε:

- Συνδέσεις που είναι σχεδόν συγκεντρωμένες σε μια κρυσταλλογραφική διεύθυνση (όπως νατρόλιθος, mesolite, σολεσίτης, τομσονίτης).
- Συνδέσεις συγκεντρωμένες σε ένα επίπεδο (όπως ευλανδίτης, σωλβίτης, brewsterite).
- Συνδέσεις ομοιόμορφα κατανεμημένες προς τις τρεις κρυσταλλογραφικές διευθύνσεις.

Στο πλέγμα των ζεόλιθων υπάρχουν κενοί χώροι, γνωστοί ως «κανάλια», μέσα στα οποία εισέρχονται μόρια νερού και κατιόντα που συγκρατούνται ασθενώς στο πλέγμα με αποτέλεσμα να μπορούν να αποσπασθούν και να αντικατασταθούν από άλλα ιόντα, χωρίς διάρρηξη των δεσμών του πλέγματος (Gottardi, G. 1985).

1.1.2 Φυσικές και χημικές ιδιότητες

Οι ζεόλιθοι όταν είναι καθαροί είναι άχρωμοι ή λευκοί. Συχνά όμως λόγω της παρουσίας τους σε λεπτομερή διασπορά οξειδίων του σιδήρου και άλλων προσμίξεων παρουσιάζονται έγχρωμοι. Η πυκνότητα τους ποικίλει από 2 έως 2,3 gr cm^{-3} εκτός των πλούσιων σε Ba ζεόλιθων στους οποίους η πυκνότητα κυμαίνεται μεταξύ 2,5 και 2,8 gr cm^{-3} . Ο δείκτης διάθλασης των διαφόρων μελών της ομάδας κυμαίνεται μεταξύ 1,47 και 1,52 (http²).

Η παρουσία των μεγάλων κενών χώρων και καναλιών στο πλέγμα των ζεόλιθων έχει πολύ μεγάλη σημασία. Όταν το νερό αποβληθεί, οι χώροι αυτοί είναι δυνατόν να πληρωθούν με διάφορες αεριώδεις ουσίες, όπως αμμωνία, ατμούς ιωδίου ή ακόμα και ατμούς υδραργύρου, π.χ. τοσμονίτης που απορροφά την αιθυλική και την ισοπροπυλική αλκοόλη. Μόρια που έχουν μεγαλύτερη διάμετρο από αυτή των καναλιών δεν μπορούν να μπουν στα κοιλώματα της δομής των ζεόλιθων και έτσι είναι αδύνατον να προσροφηθούν. Η διεργασία αυτή εξαρτάται φυσικά από το εκάστοτε είδος ζεόλιθου. Σε αυτή την απλή αρχή βασίζεται η γνωστή εφαρμογή πολλών ζεόλιθων ως «μοριακά κόσκινα» που χρησιμοποιούνται κυρίως για τον διαχωρισμό αέριων μειγμάτων (Gottardi, G. 1985).

Η διαπερατότητα των καναλιών εξαρτάται από το εύρος τους αλλά και από την παρουσία πολλών κατιόντων που μπορούν να φράξουν τα κανάλια, ενώ η μοριακή και η ιοντική διάχυση επηρεάζονται από το προσροφημένο νερό. Γενικά η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων ελαττώνεται με την απώλεια νερού.

Με εξαίρεση τον ανάλκιμο και τον νατρώλιθο στους περισσότερους πυριτικούς ζεόλιθους το K^+ και το Na^+ τείνουν να είναι πιο εύκολα ανταλλάξιμα από το Ca^{+2} αφού είναι μονοσθενή κι έτσι συγκρατούνται με ασθενέστερο ηλεκτροστατικό φορτίο.

Στους περισσότερους ζεόλιθους σε κάθε μόριο νερού αντιστοιχεί ένας αριθμός από πιθανές θέσεις στο εσωτερικό του πλέγματος κι αυτό μπορεί να μετακινείται από τη μία στην άλλη. Γενικά οι ασβεστούχοι ζεόλιθοι απορροφούν περισσότερο νερό, και στον χαβαζίτη, τον ευλανδίτη και τον στυλβίτη, το νερό συγκρατείται ευκολότερα όταν αυτοί έχουν στο πλέγμα τους Ca^{+2} και όχι K^+ (Gottardi, G. 1985).

1.1.3 Χημισμός

Οι περισσότεροι ζεόλιθοι δείχνουν μια θεωρητική διαφοροποίηση στη χημική σύνθεση συμπεριλαμβανομένης και της διαφοροποίησης στην περιεκτικότητα σε νερό, την περιεκτικότητα των κατιόντων και τον λόγο Si/ Al. Τα περισσότερα συνηθισμένα κατιόντα στους φυσικούς ζεολίθους είναι το K^+ , το Na^+ και το Ca^{+2} , ενώ τα βάριο, στρόντιο και μαγνήσιο βρίσκονται σε μερικούς μόνο ζεόλιθους. Το βάριο είναι υψηλής ενέργειας κατιόν στο Harmotone των ζεολίθων (Kuzvart, M. 1984). Αν και το K περιέχεται σε πολλούς ζεολίθους γενικά δεν είναι υψηλής ενέργειας κατιόν ίσως λόγω του μεγάλου σχετικά μεγέθους του.

Ο κανονικός αριθμός των K^+ , Na^+ , Ca^{+2} ατόμων στον σχηματισμό των ζεολίθων πρέπει να σχετίζεται με το λόγο Si/ Al και προκύπτει από την σχέση $Na^+ K^+ 2Ca^{+2} = Al$.

Αντικαταστάσεις των Al^{+3} από Si^{+4} στο πλέγμα του ζεόλιθου απαιτούν την παρουσία ενός κατιόντος το οποίο θα διατηρήσει την ισορροπία. Η μεγαλύτερη αντικατάσταση Al για Si γίνεται όταν ο λόγος Si/ Al τείνει στο ένα. Ο τομσονίτης, ο γινομονδίνης και ο γονναδίτης είναι οι μόνοι φυσικοί ζεόλιθοι που έχουν Si/ Al που τείνει στη μονάδα. Ένας εμπορικής σημασίας ζεόλιθος που ονομάζεται Τύπου A έχει συντεθεί με λόγο Si/ Al= 1 (Kuzvart, M. 1984).

Η μικρότερη αντικατάσταση Al^{+3} από Si^{+4} είναι στον μορδενίτη ο οποίος έχει λόγο Si/ Al περίπου 5. Όπως και οι άστριοι έτσι και οι ζεόλιθοι δίνουν αντικατάσταση του Ca^{+2} και Al^{+3} από K^+ , Na^+ και Si. Γίνεται αντικατάσταση επίσης Ca^{+2} από Na^+ και K^+ χωρίς να αλλάζει η δομή του πλέγματος. Η αντικατάσταση αυτή μπορεί να υπάρξει στους ζεόλιθους κάθε στιγμή μετά την κρυστάλλωση τους.

Ο λόγος Si/ Al ενός ζεόλιθου είναι σχεδόν καθορισμένος από τη στιγμή της κρυστάλλωσης, δε διαμορφώνεται περιστασιακά ανάλογα με τη δυσκολία της κίνησης του Si και Al στο πλέγμα.

Μερικοί ερευνητές έχουν βρει μια σχέση μεταξύ της περιεκτικότητας σε νερό των ζεόλιθων και το είδος του εναλλασσόμενου κατιόντος στη δομή. Έχει παρατηρηθεί ότι η περιεκτικότητα σε νερό των ζεόλιθων μεγαλώνει καθώς μειώνεται η ακτίνα του κατιόντος (Kuzvart, M. 1984). Η περιεκτικότητα σε νερό είναι επίσης μεγαλύτερη για ένα δισθενές κατιόν από ότι για ένα μονοσθενές κατιόν με την ίδια ακτίνα.

Οι ζεόλιθοι θεωρούνται ότι ανήκουν στα πυριτικά ορυκτά που απαντούν σε ιζηματογενή πετρώματα και ότι τα ζεολιθικά κοιτάσματα του τύπου αυτού είναι τα μεγαλύτερα και τα πλέον ενδιαφέροντα από οικονομική άποψη. Σχηματίζονται σε διάφορα από άποψη ηλικίας, λιθολογίας και αποθέσεως, περιβάλλοντα κατά τη διεργασία της διαγενετικής εξαλλοιώσεως των ιζηματογενών πετρωμάτων.

1.1.4 Ζεόλιθοι ανά τον κόσμο

Ιαπωνία: για πρώτη φορά το 1949 ανακαλύφθηκε κοιτάσμα ζεόλιθων με μεγάλη περιεκτικότητα σε κλινοπτινόλιθο μέσα σε συμπαγείς πράσινους τόφφους καθώς και κοιτάσματα μορντενίτη μέσα σε μειοκενικούς μπετονίτες. Σήμερα υπάρχουν 14 εταιρίες που εκμεταλλεύονται τα κοιτάσματα ζεόλιθων. Δύο από αυτές παράγουν ποσότητες μεγαλύτερες από 10.000 tn το χρόνο. Μαζί με τους ζεόλιθους εξορύσσεται και μοντμοριλονίτης (Kuzvart, M. 1984).

Η.Π.Α: Η παραγωγή ζεόλιθων είναι πολύ μικρή παρότι έγιναν σημαντικές επενδύσεις σε αυτόν τον τομέα. Υπάρχουν τρία κοιτάσματα: στην Αριζόνα, στην Καλιφόρνια και στη Νεβάδα. Το μέταλλευμα αποτελείται από χαβαζίτη, κλινοπτινόλιθο, εριονίτη. Τελευταία έχει ξεκινήσει η χρήση ζεόλιθων σε εμπορικές εφαρμογές (Kuzvart, M. 1984).

Κούβα: Έχουν βρεθεί μεγάλα αποθέματα ζεόλιθων. Το μέταλλευμα αποτελείται από κλινοπτινόλιθο, ευλανδίτη, μορντενίτη, ανάκλιμο. Τα στρώματα μεταλλεύματος έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε Ca αλλά χαμηλή σε Na. Χρησιμοποιείται στη γεωργία και τη κτηνοτροφία (Kuzvart, M. 1984).

Στον υπόλοιπο κόσμο αποθέματα ζεόλιθων πλούσια σε κλινοπτινόλιθο, εργονίτη, μορντενίτη έχουν βρεθεί στην Α. Ευρώπη, στη Γερμανία, στην Τουρκία, και στην Ιταλία. Σε Τουρκία και Ελλάδα δεν έχει αναπτυχθεί η εκμετάλλευση ζεόλιθων, χρησιμοποιούνται κυρίως σαν συστατικό στα τσιμέντα.

1.1.5 Ζεόλιθοι στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα η συστηματική κοιτασματολογική έρευνα για ανεύρεση κοιτασμάτων ζεόλιθων άρχισε να εκτελείται από το ΙΓΜΕ πριν από μια δεκαετία περίπου. Η έρευνα αυτή είναι αποτέλεσμα του ότι οι ζεόλιθοι βρίσκουν εφαρμογές σε πολυάριθμους σταθερά αυξανόμενους τομείς, και έχουν καταστεί από τα πολυτιμότερα μη μεταλλικά ορυκτά (Κοσιάρης Γ. 1991).

Οι ζεόλιθοι στον ελλαδικό χώρο υποδιαιρούνται:

1. Με βάση τα πετρώματα που συναντώνται
2. Με βάση τον τρόπο γέννησής τους.

Οι ζεόλιθοι συναντώνται μέσα σε βαλσατικά πετρώματα, μέσα σε αμυγδαλοειδή και διάκενα βαλσατικών και ανδρσιτικών λαβών αναπτύσσονται καλοσχηματισμένοι κρύσταλλοι φυσικών ζεόλιθων. Οι γνωστότερες περιοχές εύρεσης ζεόλιθων σε ανδρσιτικές λαβές είναι:

- i.** Το όρος Όρθρυς όπου απαντώνται τα ορυκτά λομοντίτης, στιλβίτης και νατρόλιθος.
- ii.** Η Δ. Θράκη (Βυρίνη) όπου βρέθηκαν κρύσταλλοι στιλβίτη και λαβμονίτη
- iii.** Η Λήμνος: όπου απαντώνται κρύσταλλοι νατρόλιθου δομσονίτη
- iv.** Η Μυτιλήνη και
- v.** Η Σάμος όπου βρέθηκαν κρύσταλλοι νατρόλιθου ανακίμου.

Οι ζεόλιθοι συναντώνται σε τοφφικά υλικά. Μόλις στα μέσα της δεκαετίας του 1970 άρχισαν να μελετώνται οι ζεόλιθοι των τοφφών με βάση διαφορετικά μοντέλα σχηματισμού. Για την Ελλάδα ισχύουν τέσσερα μοντέλα δημιουργίας:

- *Ζεόλιθοι που οφείλουν την γένεσή τους σε περιβάλλον αβαθούς θάλασσας (ανοικτού υδρολογικού συστήματος).* Σε αυτό το μοντέλο ανήκουν οι περιοχές: Δ. Θράκης, Μεταξάδες, Πεντάλοφο, Λευκίμη, Κίρκη και Φερρές όπου τα κύρια ζεολιθικά ορυκτά είναι ο κλινοπτινόλιθος και ο μορδενίτης τα περιέχουν σε μικρές ποσότητες καλιούχους αστρίους, χαλαζίες, βιοτίτες και σε ασήμαντη αναλογία αργιλικά ορυκτά (χλωρίτες, ιλλίτες, βερμικουλίτη).

- *Ζεόλιθοι ανοικτού υδρολογικού συστήματος.* Απαντώνται στα νησιά Μήλος, Κίμωλος, Σαντορίνη, Πολύαιγος. Σε αυτές τις περιοχές έχουμε όξινης σύστασης τοφφίτες πράσινου χρώματος. Τα τοφφικά υλικά εμφανίζονται πάρα πολύ λεπτομερή με αποτέλεσμα η μικροκρυσταλλική τους μάζα μερικές φορές στο μικροσκόπιο να φαίνεται άμορφη. Το μέγεθός της είναι μικρότερο από 0,02 mm. Τα κύρια ζεολιθικά ορυκτά είναι ο μορντενίτης, ο κλινοπτινόλιθος που συνοδεύονται από σμεκτίτη.

- *Ζεόλιθοι από αποθέσεις αλκαλικών αλμυρών λιμνών.* Το μοντέλο αυτό συναντάται στη δυτική λεκάνη της Σάμου στο Καρλόβασι όπου υπάρχουν τραχειτικής σύστασης πετρώματα με χρώματα γκρι- καφέ- πράσινα πολύ λεπτομερή, τα οποία κατατάσσονται στην ηφαιστειακή στάχτη. Τα πετρώματα περιέχουν κλινοπτινόλιθο, ανάλκιμο, μικρότερες ποσότητες, μορντενίτη, οπάλιο C, χριστοβαλίτη, τριδυμίτη και μεγαλύτερες ποσότητες αυθιγενούς K- άστριου και σμεκτίτη.

- *Υπάρχουν ζεόλιθοι που οφείλουν τη γένεσή τους σε υδροθερμική εξαλλοίωση.* Τέτοιο μοντέλο συναντάμε στα ερείπια Βυρίνης και στα « άσπρα χώματα» Φερρών. Τα ζεολιθικά ορυκτά που συναντώνται είναι μορδενίτης, στυλβίτης και κλινοπτινόλιθος τα οποία περιέχουν σε μικρότερες ποσότητες χαλαζία, αστρίους και θραύσματα ασβεστίτη. Η υδροθερμική ζεολιθίωση στις περιοχές αυτές είναι νεώτερη του Πριαμπονίου γιατί τα φλεβίδια του στυλβίτη διαπερνούν τους ηφαιστιζήματογενείς σχηματισμούς Πριαμπονίου.

- *Συναντώνται ζεόλιθοι σε ιζηματογενή πετρώματα.* Μοντέλο σχηματισμού είναι σε λιμναίο ή θαλάσσιο περιβάλλον χωρίς απευθείας ένδειξη για ύπαρξη αρχικού ηφαιστειακού υλικού. Στις περιοχές που ισχύει το μοντέλο αυτό είναι οι Λευκάδα, Ζάκυνθος, Κεφαλονιά. Το μοναδικό ζεολιθικό ορυκτό, που προσδιορίζεται μετά την

απομάκρυνση των ανθρακικών ορυκτών των δειγμάτων είναι ο κλινοπτινόλιθος. Τα πετρώματα στα οποία φιλοξενείται είναι μάργες πορσελανίτες (πλούσια σε χαλκηδόνιο και οπάλιο CT). Ο κλινοπτινόλιθος προκύπτει από την υδρόλυση του βιογενούς πυριτίου. Ο όρος βιογενές πυρίτιο αναφέρεται στο πυρίτιο που προέκυψε στη φύση από την αποσύνθεση ζωντανών οργανισμών όπως είναι τα ακτινόζωα, τα διάτομα, οι βελόνες και οι σπόγγοι. Από άποψη αποθεμάτων η περίπτωση αυτή είναι μη επιθυμητή γιατί ο ζεόλιθος αποτελεί μικρό ποσοστό του πετρώματος.

Συμπερασματικά οι φυσικοί ζεόλιθοι παρουσιάζονται μέσα σε ηφαιστειακούς τοφφούς στο προσκίνηιο σαν ένα δυναμικό κομμάτι του ορυκτού πλούτου της χώρας μας για αυτό χρειάζεται η δημιουργία όλων των προϋποθέσεων για την ολοκληρωμένη έρευνα τους.

Οι σχηματισμοί που φιλοξενούνται είναι ηφαιστειακοί τοφφοί. Η εξόρυξη και η κατεργασία τους είναι απλή, δεν απαιτεί μεγάλες δαπάνες ενώ οι τομείς εφαρμογών έχουν ευρύ φάσμα με μεγάλες δυνατότητες αξιοποίησης τους προς όφελος της βιομηχανικής και οικονομικής ανάπτυξης της χώρας.

1.1.6 Χρήσεις ζεόλιθων

Δεν θα μπορούσε όμως να μη γίνει αναφορά στην τόσο πολύτιμη χρήση τους. (Dyer A., 1984).

1. *Ως προσθετικά χαρτομάζας.* Οι ζεόλιθοι χρησιμεύουν σαν προσθετικά μάζας στην Ιαπωνία γιατί δεν υπάρχουν άλλα πληρωτικά όπως π.χ. ο καολίνης. Στην αγορά της Ιαπωνίας χρησιμοποιείται η μεγαλύτερη ποσότητα φυσικών ζεόλιθων ήτοι 44.000 t το χρόνο. Η ποιότητα που χρησιμοποιείται είναι τόφφοι με κλινοπτινόλιθο. Αυτό το υλικό επεξεργασμένο αυξάνει το πάχος του χαρτιού.

2. *Ως εδαφοβελτιωτικό.* Περίπου 5.000- 6.000 t ζεόλιθων χρησιμοποιούνται σαν βελτιωτικά εδαφών στην Ιαπωνία. Η χρήση τους και κυρίως του κλινοπτινόλιθου είναι πολλαπλή. Συγκεκριμένα οι ζεόλιθοι με σωστό μέγεθος χρησιμοποιούνται μόνο για τον αερισμό των εδαφών, για την εξουδετέρωση των όξινων εδαφών, ελέγχουν επίσης αποτελεσματικά την ελευθέρωση του αμμωνίου, του αζώτου και του καλίου από τα λιπάσματα. Έτσι η λίπανση ελευθερώνεται βαθμιαία για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα, καθώς ξεπλένεται από τα επιφανειακά νερά ή από τον ήλιο, παραμένει για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα μέσα στο έδαφος με αποτέλεσμα να αυξάνεται η συγκομιδή. Ο ζεόλιθος είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί

στο έδαφος είτε ακατέργαστος στα λιπάσματα είτε εμπλουτισμένος από ιόντα αμμωνίου και καλίου. Επίσης είναι δυνατόν με τη βοήθεια του ζεόλιθου να παραμείνουν και κάποια άλλα στοιχεία στο έδαφος όπως π.χ. ο σίδηρος, ο χαλκός, το μαγγάνιο, και ο ψευδάργυρος. Η χρήση ακατέργαστου ζεόλιθου προτιμάται λόγω χαμηλότερου κόστους.

3. *Ως αποσκληρυντικό στα απορρυπαντικά.* Η χρήση του ζεόλιθου στον τομέα των απορρυπαντικών έχει συζητηθεί πολύ τα τελευταία χρόνια ως αποσκληρυντικό του νερού αλλά και για την απορρόφηση βαφών χρωστικών ουσιών καθώς επίσης και σαν υπόστρωμα για την απόθεση των ελάχιστα διαλυτών αλάτων. Η κύρια τάση σε αυτήν την εφαρμογή αφορά την αντικατάσταση του νατριούχου τριφωσφορικού άλατος το οποίο χρησιμοποιείται ως αποσκληρυντικό του νερού. Οι υπερβολικές ποσότητες όμως του φωσφορικού προκαλούν σημαντική ρύπανση με αποτέλεσμα την ανάγκη αντικατάστασής του από άλλο συστατικό. Ο ζεόλιθος παρουσιάζει το μειονέκτημα ότι δεν προσδίδει λευκό χρώμα σε απορρυπαντικά όπως το φωσφορικό άλας. Αν όμως μελλοντικά υπάρξει κάποια νομοθετική ρύθμιση τότε οι ζεόλιθοι θα είναι αυτοί που θα αντικαταστήσουν το φωσφορικό άλας. Βέβαια πρέπει να γίνει μελέτη για το μέγεθος και το μοριακό σχήμα που θα πρέπει να έχουν οι ζεόλιθοι ώστε να μην δημιουργούν πρόβλημα στην πλύση των ρούχων. Έτσι μπορεί να αποτελέσουν μια πολύ επικερδή αγορά.

4. *Στην κτηνοτροφία.* Οι Ιάπωνες χρησιμοποίησαν φυσικούς ζεόλιθους (κλινοπτινόλιθο, μορντενίτη) σαν προσθετικό στην τροφή για τις κότες, τα χοιρινά και τα βοοειδή. Παρατηρήθηκε ότι ο αριθμός ανάπτυξης των ζώων αυξήθηκε, η αξία των ζωοτροφών μειώθηκε, τα περιστατικά νόσων του πεπτικών οργάνων ελαττώθηκαν ενώ η ίδια η ζωοτροφή προστατεύεται από το μούχλιασμα. Ο ζεόλιθος εμφανίζεται να λειτουργεί ως προστατευτική ασπίδα στο στομάχι των μηρυκαστικών, όπου εξαιτίας της εκλεκτικότητας στο ιόν του αμμωνίου το άζωτο συγκεντρώνεται στο πεπτικό σύστημα του ζώου και απελευθερώνεται μόνο σταδιακά διαμέσου της ανταλλαγής ιόντων Na^+ και K^+ που προέρχονται από το σάλιο που εισέρχεται στο στομάχι. Έτσι το όφελος είναι μεγαλύτερο από λόγω της συγκράτησης των θρεπτικών συστατικών για μεγαλύτερο διάστημα στον οργανισμό του ζώου. Πρέπει βέβαια να μελετηθεί η αναλογία των ζεόλιθων στην ζωοτροφή για τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα.

5. *Στις ιχθυοκαλλιέργειες.* Κυρίως ο κλινοπτινόλιθος και λιγότερο ο μορντενίτης χρησιμοποιούνται στον χώρο της ιχθυοκαλλιέργειας. Στα ιχθυοτροφεία

όπου ο χώρος είναι κλειστός και δεν υπάρχει παρατεταμένη ανανέωση των υδάτων η αποβολή αμμωνίας από το ίδιο το ψάρι μπορεί να φτάσει σε τοξικά επίπεδα. Η παρουσία του ζεόλιθου στο νερό μειώνει την περιεκτικότητα της αμμωνίας, έτσι μειώνεται η θνησιμότητα των ιχθύων, αλλά η εφαρμογή παρουσιάζει ένα αδύνατο σημείο. Ο ζεόλιθος στο θαλάσσιο νερό έχει την προτίμηση να συγκρατεί τα ιόντα Na^+ αντί του αμμωνίου. Αυτή η δυσκολία μπορεί να ξεπεραστεί με την χρήση της μεμβράνης «φίλτρου» που θα επιτρέπει τα ιόντα του αμμωνίου να περάσουν μέσα από αυτή σε καθαρό νερό χαμηλότερου pH αφήνοντας πίσω τα ιόντα του Na^+ . Επίσης ο ζεόλιθος μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν ένα σημαντικό στοιχείο διατροφής που θα βοηθήσει την ανάπτυξη των ψαριών.

6. *Στον έλεγχο της ρύπανσης.* Πρόσφατες μελέτες έδειξαν ότι οι ζεόλιθοι σε πολλές εφαρμογές μπορούν να περιορίσουν την ρύπανση. Οι περισσότερες από αυτές βασίζονται στην ικανότητα συγκεκριμένων ζεόλιθων να ανταλλάσσουν εκλεκτικά κατιόντα σε ένυδρα διαλύματα. Σημαντικά πεδία εφαρμογών αποτελούν τα ραδιενεργά κατάλοιπα, οι ακαθαρσίες των υπονόμων, απόβλητα από τις γεωργικές εργασίες. Η απομάκρυνση του SO_2 από συγκεντρώσεις αερίων, η παραγωγή οξυγόνου και τέλος οι εργασίες καθαρισμού διάλυσης των πετρελαιοκηλίδων. Ο κλινοπτινόλιθος είναι εκλεκτικός στην απομάκρυνση των ραδιενεργών καΐσιου, στροντίου από τα χαμηλού βαθμού απόβλητα των πυρηνικών εγκαταστάσεων. Μετά την απομάκρυνση, τα ιόντα μπορούν να αποθηκευτούν στο ζεόλιθο ή να απομακρυνθούν με χημικά μέσα. Προβλέπεται ότι οι ζεόλιθοι θα παίξουν σημαντικό ρόλο στην ασφαλή ανάπτυξη της χρήσης της ραδιενέργειας μιας και είναι φθηνότεροι από τις ρητίνες που χρησιμοποιούνται ως τώρα.

Επίσης η απομάκρυνση του SO_2 και άλλων αερίων θα αποτελέσει μια πολύ σημαντική εφαρμογή για τους φυτικούς ζεόλιθους. Αν και το κόστος τους είναι υψηλό μερικοί μορδενίτες και κλινοπτινόλιθοι είναι ικανοί να απορροφήσουν περισσότερα από 200 mg SO_2 / gr ζεόλιθου διευκολύνοντας την απομάκρυνση του SO_2 . Η χρήση τους σε αυτή την εφαρμογή είναι πολύ σημαντική γιατί επιτρέπει σε γαιάνθρακες με υψηλό περιεχόμενο σε S να χρησιμοποιηθούν στην παραγωγή ηλεκτρισμού.

7. *Καθαρισμός υγρών.* Φυσικοί ζεόλιθοι και κυρίως κλινοπτινόλιθος χρησιμοποιήθηκαν για τον καθαρισμό ρευστών και την επεξεργασία των λυμάτων από βιομηχανίες και ξενοδοχεία στην Ιαπωνία και τις Η.Π.Α με εντυπωσιακά αποτελέσματα.

8. Στα οικοδομικά υλικά. Σαν συστατικό στο τσιμέντο και σαν συστατικό χαμηλής αντοχής στα μονωτικά υλικά. Επίσης οι φυσικοί ζεόλιθοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την απομάκρυνση του πλεονάζοντος διοξειδίου του άνθρακα από ορισμένα φυσικά αέρια για την παραγωγή μεγαλύτερης θερμότητας κατά την καύση τους. Ακόμη για τον διαχωρισμό αζώτου και οξυγόνου στον αέρα. Ο αέρας μετά από αυτό περιέχει 95% οξυγόνο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε νοσοκομεία, στην επεξεργασία του νερού, του καθαρισμού των μετάλλων ή στον αποχρωματισμό του χαρτοπολτού.

Οι φυσικοί ζεόλιθοι μπορούν να δεσμεύουν με ιοντοανταλλαγή ιόντα βαρέων μετάλλων όπως μόλυβδο και κάδμιο και να απομακρύνουν τους ρυπαντές αυτούς από βιομηχανικά και μεταλλευτικά απόβλητα. Μπορούν επίσης να δεσμεύουν πολύτιμα και ημιπολύτιμα μέταλλα όπως ο χρυσός και ο άργυρος.

Όπως διαπιστώνει κανείς οι εφαρμογές των φυσικών ζεόλιθων είναι ενδιαφέρουσες, οι επενδύσεις είναι απαραίτητες και η ευκαιρία εδραίωσης των ζεόλιθων στο εμπόριο δεν πρέπει να χαθεί.

1.2 Μπεντονίτης

Ο μπεντονίτης (εικόνα 1.2) είναι πλαστική άργιλος που προέρχεται από την *in situ* μετατροπή ηφαιστειακής τέφρας.

Ο μπεντονίτης είναι ένα αργιλικό πέτρωμα με κύριο συστατικό το ορυκτό μοντμοριλλονίτη ($\text{AlO}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) σε ποσοστό μεγαλύτερο από 80 %.

Όταν η περιεκτικότητα σε μοντμοριλλονίτη είναι μικρότερη (60–80 %), το υλικό χαρακτηρίζεται ως μπεντονιτική άργιλος. Ο μπεντονίτης πήρε το όνομά του από την τοποθεσία Fort Benton της πολιτείας Yoming των Η.Π.Α., όπου πρωτοανακαλύφθηκε και άρχισε να εξορύσσεται.



Εικόνα 1.2 Το ορυκτό μπεντονίτης

Η ευρεία χρήση του ακατέργαστου ή κατεργασμένου μπεντονίτης οφείλεται στις παρακάτω χαρακτηριστικές του ιδιότητες:

- μεγάλη προσροφητική ικανότητα,
- υψηλή πλαστικότητα,
- δυνατότητα ιοντοανταλλαγής,
- θιξοτροπία σε ιξώδη αιωρήματα,
- δυνατότητα να δρα σαν συνδετικό υλικό, κ.λ.π.

(<http://www.isocon.gr/showprod.php?id=45>).

Τις ιδιότητες του αυτές τις οφείλει κύρια στο βασικό ορυκτολογικό του συστατικό τον μοντμοριλλονίτη όπως και στα άλλα συνυπάρχοντα ορυκτά της ομάδας των σμεκτιτών μπαϊντελίτη (beidellite), νοντρονίτη (nontronite), εκτορίτη (Li-hectorite) και σαπονίτη (saponite).

Ο μοντμοριλλονίτης και τα ορυκτά της ομάδας του χαρακτηρίζονται ως ορυκτά δομής 2:1. Αποτελούνται δηλαδή από δύο φύλλα τετραέδρων $[\text{SiO}_4]^{4-}$ τα οποία εμπεριέχουν μια στρώση κατιόντων Al^{3+} , Mg^{2+} ή Fe^{2+} σε οκταεδρική διάταξη.

Όταν το Si^{4+} του κέντρου των τετραέδρων υποκατασταθεί από ιόντα μικρότερου σθένους π.χ. από Al^{3+} ή όταν το Al^{3+} των οκταέδρων υποκατασταθεί από δισθενή κατιόντα π.χ. Mg^{2+} , Fe^{2+} , τότε δημιουργείται περίσσεια αρνητικών φορτίων τα οποία εξουδετερώνονται με δέσμευση άλλων κατιόντων υπό ανταλλάξιμη μορφή προκειμένου να επέλθει ηλεκτροστατική ισορροπία (California Earth Minerals Corp., 2003).

Έτσι, ο μοντμοριλλονίτης αποκτά την τάση να προσροφά και να συγκρατεί κατιόντα (κυρίως Na^+ , Ca^{2+}), ανάλογα με την παρουσία τους στο περιβάλλον του.

Ο μοντμοριλλονίτης προσροφά πολλά μόρια νερού τόσο στην επιφάνειά του όσο κυρίως και στο διαστρωματικό του χώρο (interlayer space) λόγω των ασθενών δυνάμεων που αναπτύσσονται μεταξύ των κρυστάλλων του. Έτσι, τα μόρια του νερού τα οποία εισδύουν μεταξύ των κρυστάλλων προκαλούν την απομάκρυνση των κρυστάλλων αυτών μέχρι την πλήρη διασπορά τους σε ιξώδες αιώρημα.

Πίνακας 1.2.1 Χημικές αναλύσεις μοντμοριλλονίτη.

	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	53.98	51.14	51.52	49.90	51.90	59.75
TiO ₂	0.08	-	0.48	-	0.23	-
Al ₂ O ₃	15.97	19.76	17.15	20.23	18.61	24.41
Fe ₂ O ₃	0.95	0.83	5.65	1.23	2.81	3.73
FeO	0.19	-	0.32	0.21	0.95	-
MnO	0.06	-	-	-	0.03	-
MgO	4.47	3.22	2.80	2.20	3.29	3.10
CaO	2.30	1.62	1.72	2.41	3.52	3.36
Na ₂ O	0.13	0.11	0.15	0.25	0.64	-
K ₂ O	0.12	0.04	0.85	0.06	1.59	1.44
H ₂ O ⁺	9.12	7.99	8.55	8.84	6.05	3.93
H ₂ O ⁻	13.06	14.81	11.22	14.58	10.40	-
Total	100.43	99.52	100.41	99.91	100.02	99.82

Πηγή: (California Earth Minerals Corp., 2003)

Όπως φαίνεται από διάφορες χημικές αναλύσεις (πίνακας 1.2.1), ο μοντμοριλλονίτης εκτός από το Al₂O₃ και το SiO₂, περιέχει Fe₂O₃ και MgO, εξ' αιτίας των υποκαταστάσεων που συμβαίνουν στο πλέγμα του. Περιέχει επίσης και K₂O, Na₂O και CaO, δεδομένου ότι προσροφά τα αντίστοιχα κατιόντα προκειμένου να εξουδετερωθεί η περίσσεια των αρνητικών φορτίων και να επέλθει ηλεκτροστατική ισορροπία (Mitchell and Soga, 2005).

Οι φυσικοί μπεντονίτες ανάλογα με το εάν το υπό ανταλλάξιμη μορφή επικρατούν κατιόν στο μοντμοριλλονίτη είναι το Ca²⁺ ή το Na⁺ χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες:

- Τους νατριούχους μπεντονίτες ή ισχυρά διογκούμενους μπεντονίτες ή «Wyoming type», οι οποίοι προσροφούν ικανές ποσότητες νερού και διογκώνονται μέχρι και το 20-πλάσιο του αρχικού ξηρού όγκου τους. Σε περίσσεια H₂O οι μπεντονίτες αυτοί παραμένουν ως αιωρήματα.
- Τους ασβεστούχους μπεντονίτες (εδώ ανήκουν και οι καλιούχοι μπεντονίτες) ή «μη διογκούμενους μπεντονίτες» ή «μεταμπεντονίτες», οι οποίοι προσροφούν

περισσότερο νερό από άλλες αργίλους. Δε διογκώνονται όμως σε αξιόλογο βαθμό και καθιζάνουν γρήγορα στο H₂O.

Πίνακας 1.2.2 Χημικές αναλύσεις φυσικών μπεντονιτών διαφόρων προελεύσεων

Σε ξηρό δείγμα	Η.Π.Α. Wyoming	Η.Π.Α. Mississippi	Ιταλία Ponze	Γερμανία Mossburg	Μήλος (Κώμια)	Μήλος (Τρογαλάς)
SiO ₂	64.32	64.00	67.42	59.42	67.46	69.68
Al ₂ O ₃	20.74	17.10	15.83	19.08	16.10	17.09
FeO+Fe ₂ O ₃	3.49	4.70	0.88	4.64	3.60	2.16
TiO ₂	0.14	-	-	0.26	0.26	0.20
CaO	0.52	1.50	2.64	2.14	2.62	0.96
MgO	2.30	3.80	1.09	4.72	1.40	2.18
Na ₂ O	2.59	0.20	0.30	0.08	0.72	0.44
H ₂ O	0.39	0.50	0.79	0.36	0.87	0.44
P ₂ O ₄	0.01	-	-	ίχνη	ίχνη	ίχνη
SO ₃	0.35	-	0.01	ίχνη	0.32	0.87
Απώλεια Πύρωσης	5.14	8.00	10.88	9.04	6.40	5.05
Σύνολο	99.99	99.80	99.84	99.74	99.75	100.09

Πηγή: (Mitchell and Soga, 2005)

Στον πίνακα 1.2.2 δίνονται οι χημικές αναλύσεις διαφόρων τύπων μπεντονίτη. Ο πρώτος τύπος, μπεντονίτης «Wyoming» των Η.Π.Α. χαρακτηρίζεται ως νατριούχος μπεντονίτης (Na₂O=2.59 %, CaO=0.52 %) ενώ όλοι οι άλλοι είναι ασβεστούχοι μπεντονίτες (CaO: 0.96-2.64 %, Na₂O: 0.08-0.72 %).

Οι μπεντονίτες των οποίων η περιεκτικότητα σε Ca, κυρίως, αλλά και σε ανταλλάξιμο Mg, είναι υψηλή ενώ αντίθετα η περιεκτικότητά τους σε Na είναι χαμηλή χαρακτηρίζονται ως «μπεντονίτες κατώτερης ποιότητας» (low-grade bentonites).

Η ορυκτολογική σύσταση του μπεντονίτη προσδιορίζεται με πολωτικό μικροσκόπιο, με μεθόδους ακτίνων X, με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, με διαφορική θερμική ανάλυση (D.T.A.), με χρωματογραφικές μεθόδους, κ.λ.π..

Ο βαθμός διόγκωσης εκτιμάται βάζοντας 2 gr ξηρού και κονιοποιημένου μπεντονίτη σε 100 ml H₂O σε ένα ειδικά βαθμολογημένο σωλήνα και διαβάζοντας τον όγκο μετά τη διόγκωση.

Το χρώμα του μπεντονίτη είναι συνήθως κιτρινοπράσινο ή γκρι κοντά στην επιφάνεια του εδάφους και οφείλεται στην ύπαρξη τρισθενούς σιδήρου (Fe³⁺) ενώ σε

βάθος μεγαλύτερο από δέκα μέτρα το χρώμα γίνεται μπλε ή πράσινο και οφείλεται στο γεγονός ότι στα βαθύτερα στρώματα ο σίδηρος εμφανίζεται ως δισθενής (Fe^{2+}). Επειδή η οξειδωση προχωρεί μέσω των ρωγμών του εδάφους είναι δυνατόν να συναντήσουμε και στα βαθύτερα στρώματα μπεντονίτη με κίτρινο ή πράσινο χρώμα.

Η αναλογία των ιοντοανταλλακτικών κατιόντων Na/Ca αυξάνεται από τον μπλε προς τον κίτρινο μπεντονίτη όπως επίσης και η ποιότητά του.

Ο μπεντονίτης συνήθως εξορύσσεται από υπαίθρια λατομεία. Αρκετές φορές εξορύσσεται και με υπόγεια έργα όπως στις Η.Π.Α, στην Αγγλία, κ.λ.π..

Στη συνέχεια, υφίσταται φρύξη στους 80 °C και κονιοποίηση. Ο κονιοποιημένος μπεντονίτης μεταφέρεται σε πλαστικούς σάκους για να αποφευχθεί η απορρόφηση υγρασίας.

Η μεταφορά δια θαλάσσης του ελληνικού μπεντονίτη στον ανατολικό Καναδά, όπου χρησιμοποιείται για τη μετατροπή του σιδηρομεταλλεύματος σε «pellets» είναι οικονομικά περισσότερο συμφέρουσα από τη μεταφορά του σιδηροδρομικά από το πολύ πιο κοντινό Wyoming των Η.Π.Α.. Γι' αυτό σήμερα οι έρευνες για μπεντονίτη γίνονται κοντά σε λιμάνια σε όλες τις ηπείρους.

1.2.1 Χρήσεις

Ο μπεντονίτης είναι γνωστός από τις αρχές του αιώνα μας. Από το 1930 χρησιμοποιήθηκε ευρέως στη διύλιση, στη διήθηση, στον καθαρισμό και στον αποχρωματισμό του πετρελαίου.

Κύρια εφαρμογή βρίσκει στις γεωτρήσεις πετρελαίου, ειδικά ο νατριούχος μπεντονίτης, ο οποίος αποτελείται κατά 70-90 % από υλικό με διάμετρο κόκκων μικρότερο των 0.0005 mm (0.5 μm). Αυτό το υλικό δημιουργεί με το νερό σταθερό αιώρημα με υψηλό ιξώδες και μεγάλη θιξοτροπία, εξ αιτίας του ότι σπάνε οι ασθενείς ηλεκτρικοί δεσμοί και δημιουργείται διασπορά. Το αιώρημα αυτό δρα σαν λειαντικό στα γεωτρήματα και στεγανοποιεί τα τοιχώματα της γεώτρησης.

Στις Η.Π.Α. το 1/3 της κατανάλωσης του νατριούχου μπεντονίτη και το 10 % του ασβεστούχου μπεντονίτη χρησιμοποιούνται γι' αυτό το σκοπό. Το είδος του υλικού που χρησιμοποιείται για τον πολφό της γεώτρησης (drilling mud) εξαρτάται από το βάθος, τη γεωγραφική θέση όπως και το είδος του πετρώματος που συναντά η γεώτρηση. Σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιείται και βαρύτης προκειμένου να αυξηθεί το ειδικό βάρος του πολφού ενώ σε πολύ βαθιές γεωτρήσεις ή σε γεωτρήσεις

γεωθερμίας χρησιμοποιείται ο σηπιόλιθος ($2\text{H}_2\text{O}\cdot 2\text{MgO}\cdot 3\text{SiO}_2$) επειδή το ορυκτό αυτό είναι σταθερό σε μεγάλες θερμοκρασίες.

Επίσης, το ορυκτό μπεντονίτης χρησιμοποιείται ευρέως και στη γεωργία για την αποκατάσταση των επιβαρυνμένων εδαφών με βαρέα μέταλλα (Cu, Zn, Cr, Cd, Mn, κ.α.). Ο μπεντονίτης παρουσιάζει υψηλή εκλεκτικότητα για τη δέσμευση βαρέων μετάλλων λόγω της ιδιότητας του να παρουσιάζει ενεργή επιφάνεια και πορώδες στο οποίο μπορούν να προσροφηθούν κατιόντα και ανιόντα. Ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά του μπεντονίτη είναι τα εναλλάξιμα κατιόντα τα οποία μπορούν να αντικατασταθούν με άλλα κατιόντα όπως βαρέα μέταλλα με ιοντοεναλλαγή.

Ο μπεντονίτης χρησιμοποιείται και σε υδρογεωτρήσεις όπου εκτός από τη στεγανοποίηση συντελεί και στον καθαρισμό των τοιχωμάτων της γεώτρησης λόγω της θιξοτροπίας του.

Ακόμα, ο μπεντονίτης χρησιμοποιείται ευρέως ως συνδετικό υλικό στη σφαιροποίηση κονιοποιημένου σιδηρομεταλλεύματος (τακονιτικού σιδηρομεταλλεύματος).

Επίσης, στη βιομηχανία χυτηρίων ο μπεντονίτης χρησιμοποιείται σαν συνδετική ύλη για να προσδίδει πλαστικότητα σε άμμους χυτηρίων. Σ' αυτές τις περιπτώσεις πρέπει να πληρεί ορισμένες προδιαγραφές όσον αφορά την αντοχή στη συμπίεση καθώς και τη ρευστότητα και τη διαπερατότητα (<http://www.tovima.gr/default.asp?pid=2&ct=33&artId=278211&dt=12/07/2009>).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η χρήση του μπεντονίτη στην απομάκρυνση των ραδιενεργών αποβλήτων (removal of radioactive waste). Λόγω της πυροσυσσώματωσης (sintering) που παρουσιάζει ο μοντμοριλλονίτης κατά την πύρωση στους $900\text{ }^\circ\text{C} - 1000\text{ }^\circ\text{C}$ χάνει την ιοντοανταλλακτική του ικανότητα και έτσι συγκρατεί σταθερά τα ραδιενεργά κατιόντα, τα οποία έχει προσλάβει λόγω ιοντοανταλλαγής σε χαμηλές θερμοκρασίες.

Επιπλέον, ο μπεντονίτης χρησιμοποιείται στην ταφή των ραδιενεργών αποβλήτων. Αυτή η χρήση του μπεντονίτη οφείλεται κυρίως:

1. Στην πλαστική παραμόρφωση την οποία παρουσιάζει με την οποία εμποδίζεται η μετάδοση υπερβολικών πιέσεων στα δοχεία με τα ραδιενεργά απόβλητα.
2. Στην υδατοστεγανότητα του. Η υδατοστεγανότητα του μπεντονίτη περιορίζει την προσβολή των δοχείων που περιέχουν τα ραδιενεργά απόβλητα από το νερό για

πάνω από 1000 χρόνια (η τοξικότητα των αποβλήτων ελαττώνεται στο 1 % της αρχικής τους τιμής).

3. Στην ιοντοανταλλακτική του ικανότητα. Λόγω της ιοντοανταλλακτικής του ικανότητας αυξάνεται ο χρόνος που απαιτείται ώστε οι ραδιενεργές ουσίες να διασχίσουν το στρώμα του μπεντονίτη (από 104 χρόνια σε 106 χρόνια). Έτσι, η τοξικότητα των περιεχομένων αποβλήτων μετά παρέλευση χρονικού διαστήματος 10000 ετών αντιστοιχεί σ' αυτή των φυσικών κοιτασμάτων.

Ο μπεντονίτης επίσης χρησιμοποιείται:

- Στη στεγανοποίηση φραγμάτων με στεγανοποιητικές τσιμεντενέσεις,
- Στην παρασκευή διαυγαστικών και αποχρωστικών γαιών προκειμένου να προσροφά λίπη, έλαια και χρωστικές ουσίες με βάση την ικανότητα του μοντμοριλλονίτη να προσροφά οργανικά μόρια μεταξύ των στρωμάτων του.
- Στη χαρτοποιία.
- Στη σταθεροποίηση γαλακτωμάτων στα καλλυντικά και σε προϊόντα οικιακής χρήσης, σε ηλεκτρικά κεραμικά και
- Ως μαλακτικό σε απολυμαντικά
- Στην κεραμική δε μπορούν να κατασκευαστούν προϊόντα με υψηλή περιεκτικότητα σε μπεντονίτη λόγω της μεγάλης του πλαστικότητας. Σε ορισμένα ειδικά κεραμικά είναι δυνατόν η περιεκτικότητα σε μπεντονίτη να φτάσει το 5 % προκειμένου να βελτιστοποιηθούν ορισμένες ιδιότητες τους. Ένα ποσοστό μπεντονίτη περίπου 0,5 % προστιθέμενος σε βιοκεραμικά βελτιστοποιεί σημαντικά την πλαστικότητά και την αντοχή αυτών. Ακόμα, η μεγαλύτερη περιεκτικότητα του κεραμικού σε μπεντονίτη αλλοιώνει το χρώμα του δεδομένου ότι ο μπεντονίτης περιέχει σίδηρο, ο οποίος σε υψηλή θερμοκρασία σχηματίζει σκούρα καφέ υαλώματα.
- Ως προσροφητικό για την απομάκρυνση των ανεπιθύμητων ουσιών σε διάφορες διεργασίες και για την προσρόφηση των προσθέτων στα προϊόντα.
- Ως καταλύτης σε χημικές αντιδράσεις.
- Ως σταθεροποιητικό του αναμορφωμένου εδάφους και ως πηγή αποθήκευσης των θρεπτικών συστατικών και της υγρασίας

(<http://www.tovima.gr/default.asp?pid=2&ct=33&artId=278211&dt=12/07/2009>).

Η παγκόσμια παραγωγή του μπεντονίτη το 2003 ήταν 12.000.000 τόνοι. Η χώρα με τη μεγαλύτερη παραγωγή μπεντονίτη είναι οι Η.Π.Α. με την Ελλάδα να

ακολουθεί. Η Ευρώπη έχει το 30,7 % της παγκόσμιας παραγωγής μπεντονίτη με την Ελλάδα να παράγει το 32,5 % της συνολικής παραγωγής στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

1.3 Γκαιτίτης

Ο γκαιτίτης (εικόνα 1.3) είναι το ορυκτό που έχει χημικό τύπο $\alpha\text{-FeOOH}$, ανήκει στην κατηγορία των υδροξειδίων και κρυσταλλώνεται στο ρομβικό σύστημα. Πήρε το όνομα του Γερμανού ποιητή, συγγραφέα και φιλόσοφο *Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832)*. Το ορυκτό ανακαλύφθηκε το 1806 σε περιοχές της Γερμανίας .



Εικόνα 1.3: Ορυκτό του γκαιτίτη

Έχει λάμψη αδαμαντώδη, μεταλλική, ημιμεταλλική, μεταξώδη ή θαμπή. Το χρώμα του διαφέρει και μπορεί να πάρει πολλές αποχρώσεις του καστανού μέχρι του μαύρου, του ωχροκίτρινου ή του καστανοκίτρινου. Η σκληρότητα του κυμαίνεται από 5 – 5,5 Mohs ενώ το ειδικό του βάρος από 3,3- 4,3 g/cm³. Μπορεί να είναι ημιδιαφανής ή αδιαφανής. Οι κρύσταλλοι του είναι σπάνιοι, πρισματικοί με κατακόρυφες γραμμώσεις. Είναι προϊόν αποσάθρωσης των σιδηρούχων ορυκτών ενώ αποτελεί μέταλλευμα σιδήρου.

Συναφή ορυκτά με τον γκαιίτη βάση της κατάταξης του Strunz είναι τα παρακάτω:

4/F.06-10	Diaspore	AlO (OH)
4/F.06-20	Böhmite	AlO (OH)
4/F.06-25	Tsumgallite	GaO(OH)
4/F.06-40	Lepidocrocite	Fe ^{γ-3+} O(OH)
4/F.06-50	Akaganéite	Fe ^{β-3+} O(OH, Cl)
4/F.06-60	Feroxyhyte	Fe ³⁺ O(OH)
4/F.06-70	Manganite	Mn ³⁺ O(OH)
4/F.06-80	Groutite	Mn ³⁺ O(OH)
4/F.06-90	Feitknechtite	Mn ³⁺ O(OH)

Η ύπαρξη γκαιίτη στο περιβάλλον είναι περιορισμένη όχι όμως στα εδάφη, όπου το ορυκτό αυτό είναι το πιο κοινό οξειδίο του σιδήρου. Απαντάται σε αποθέσεις μεταλλευμάτων, σε θαλάσσια ιζήματα και σε βιολογικούς ιστούς. Από τα τέσσερα οξειδία του σιδήρου, ο αιματίτης και κυρίως ο λειμωνίτης ευρίσκονται σε μεγαλύτερες ποσότητες από τον γκαιίτη και τον μαγνητίτη. Τα ορυκτά αυτά απελευθερώνουν σίδηρο και προσδίδουν στον έδαφος χαρακτηριστικές κοκκινοκίτρινες αποχρώσεις (κοκκινόχωμα) (Foreman and Daniel, 1986).

Ο φυσικός γκαιίτης που υπάρχει στο περιβάλλον συνήθως δεν βρίσκεται σε καθαρή μορφή (α -FeOOH) ενώ περιέχει προσμίξεις από διάφορα ξένα στοιχεία όπως είναι το Mn και το H₂O. Για τις περισσότερες προσμίξεις δεν έχει γίνει συστηματική έρευνα και δεν είναι γνωστό για τα περισσότερα στοιχεία με ποιο ακριβώς τρόπο συγκρατούνται στο κρυσταλλικό πλέγμα του γκαιίτη. Το αργίλιο μπορεί να προσροφηθεί σε αρκετά μεγάλο ποσοστό (περισσότερο από 33%) με ισόμορφη αντικατάσταση του καλίου.

Δεν υπάρχουν συγκεκριμένα δεδομένα σε σχέση με την επικινδυνότητα για την υγεία ή την πιθανή τοξικότητα του, παρόλα αυτά δείγματα του ορυκτού θα πρέπει πάντα να μεταχειρίζονται ως πιθανώς τοξικά ή επικίνδυνα και να παίρνονται τα κατάλληλα μέτρα.

Μετά από έρευνες έχει βρεθεί ότι στα εδάφη το πλήρως οξειδωμένο σελήνιο αντιδρά κατά προτίμηση με τα οξειδία και υδροξειδία του σιδήρου άρα και τον γκαιίτη. Η προσρόφηση του σεληνίου από τον γκαιίτη είναι ιδιαίτερα σημαντική

καθώς, όταν τα επίπεδα του σεληνίου στο έδαφος είναι υψηλά, συχνά συσσωρεύεται στα φυτά με αποτέλεσμα να δρα τοξικά στα ζώα που θα τα καταναλώσουν (Derek and Sparks, 2002).

Στον ελλαδικό χώρο γκαϊτίτης έχει βρεθεί σε ασβεστόλιθους στην Κρήτη. Τα πετρώματα της περιοχής αυτής περιέχουν ασβεστίτη σε ποσοστό που κυμαίνεται από 80% έως 84% ενώ σε μικρότερες αναλογίες περιέχονται ιλλίτης, χαλαζίας, αλβίτης και γκαϊτίτης (Μαρκόπουλος et al, 2004) .

Ο γκαϊτίτης αποτελεί παραπροϊόν της υδρομεταλλουργικής διαδικασίας για την παρασκευή μεταλλικού ψευδαργύρου. Εξαιτίας της παρουσίας προσμίξεων(Zn, Pb, Ni, Cd, Cu κ. τ. λ) και της μεγάλης ποσότητας που παράγεται ετησίως, η διάθεση του γκαϊτίτη αποτελεί ένα σοβαρό περιβαλλοντικό πρόβλημα που ανεγείρει κοινωνικές και οικονομικές δυσκολίες για τις βιομηχανίες παρασκευής ψευδαργύρου. Μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση για την ανακύκλωση του γκαϊτίτη σε συνδυασμό με άλλα βιομηχανικά κατάλοιπα και την παρασκευή υλικών υαλουργίας (Pelino et al, 1995).

2 ΝΙΤΡΙΚΑ

2.1 Άζωτο

Το άζωτο είναι χημικό στοιχείο που ανήκει στα αμέταλλα, έχει σύμβολο το N και ατομικό αριθμό 7. Στη συνηθισμένη στοιχειακή του μορφή και κάτω από Κανονικές Συνθήκες είναι διατομικό αέριο, άχρωμο, άοσμο, άγευστο και σχετικά αδρανές στις Κ.Σ. Η λέξη άζωτο προέρχεται ετυμολογικά από τις λέξεις «α-» (στερητικό) και «ζωή». Έχει την έννοια ότι δεν υποστηρίζει τη ζωή, όπως το οξυγόνο.

Είναι το πιο διαδεδομένο χημικό στοιχείο του ατμοσφαιρικού αέρα της Γης, αποτελώντας το 78% του όγκου του και απαραίτητο συστατικό όλων των ζωντανών οργανισμών. Θεωρείται το πέμπτο πιο διαδεδομένο συστατικό του σύμπαντος.

Ελεύθερο άζωτο («διάζωτο», εφόσον αποτελείται από διατομικά μόρια) έχει βρεθεί σε μετεωρίτες, στον ήλιο και άλλα άστρα και νεφελώματα, ενώ είναι βασικό συστατικό της ατμόσφαιρας του Τιτάνα. Ενωμένο βρίσκεται σε όλους τους ζωντανούς ιστούς με τη μορφή πρωτεϊνών, αμινοξέων και άλλων χημικών ενώσεων. Επίσης, στην ατμόσφαιρα, στο νερό της βροχής και των θαλασσών, στο έδαφος και στα περιττώματα των ζώων με τη μορφή οξειδίων, αμμωνίας, νιτρικού οξέος, νιτρικών και αμμωνιακών αλάτων.

Σχηματίζει πολλές σημαντικές βιομηχανικά, βιοχημικά χημικές ενώσεις, όπως (εκτός από τις αναφερόμενες παραπάνω) νιτροενώσεις, αμίνες, αμινοξέα, νιτρίλια, νουκλεϊκά οξέα, καθώς και πλήθος άλλων ανόργανων και οργανικών ενώσεων. Η νανοτεχνολογία ερευνά εφαρμογές σε διάφορες τεχνητές αλλοτροπικές μορφές και χημικές ενώσεις μοριακού μεγέθους της τάξης των νανομέτρων.

2.2 Ιδιότητες

Το άζωτο είναι αέριο, άχρωμο, άοσμο, άγευστο, ελαφρότερο του αέρα. Ο τριπλός δεσμός ανάμεσα στα δύο άτομα που αποτελούν το μόριο του αζώτου (N_2) θεωρείται από τους ισχυρότερους στη φύση, με αποτέλεσμα να είναι αδρανές αέριο, ιδιαίτερα σε συνηθισμένες θερμοκρασίες. Διαλύεται ελάχιστα στο νερό, δεν είναι δηλητηριώδες, αλλά ασφυκτικό. Δεν καίγεται, αλλά έχει παρατηρηθεί ότι ορισμένα στοιχεία μπορούν να “καούν” σε άζωτο, όπως το μαγνήσιο στους $300\text{ }^\circ\text{C}$ και το λίθιο ακόμα και σε θερμοκρασία δωματίου, παράγοντας κρυσταλλικά μεταλλικά νιτρίδια. Όταν θερμανθεί υπό πίεση με το υδρογόνο παρουσία καταλύτη, σχηματίζεται αμμωνία.

Το φυσικό άζωτο στη Γη αποτελείται από μείγμα δύο σταθερών ισοτόπων του, το $14N$ (99,63%) και το $15N$ (0,37%). Από τα υπόλοιπα γνωστά ραδιενεργά ισότοπα, το $13N$ έχει χρόνο ημιζωής περίπου δέκα λεπτά ενώ τα υπόλοιπα λίγα δευτερόλεπτα ή και λιγότερο.

Το μόριο του αζώτου δεν έχει διπολική ροπή και έτσι είναι διάφανο στην υπέρυθρη και ορατή ακτινοβολία. Αντίθετα, σημαντική απορρόφηση υπεριώδους φωτός παρουσιάζεται σε μήκος κύματος περίπου 100 nm.

2.3 Ενώσεις του αζώτου

Το μεγαλύτερο μέρος του στοιχειακού αζώτου καταναλώνεται για την παραγωγή σημαντικών βιομηχανικών ενώσεών του.

Έτσι, μεγάλες ποσότητες αζώτου χρησιμοποιούνται μαζί με υδρογόνο για την συνθετική παραγωγή αμμωνίας, μίας από τις δύο σημαντικότερες εμπορικές αζωτούχες ενώσεις. Στη συνέχεια μέρος της αμμωνίας χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για την παραγωγή νιτρικού οξέος, νιτρικών αλάτων και ανθρακικής σόδας. Επίσης, από αμμωνία παρασκευάζεται η υδραζίνη, N_2H_4 , ένα άχρωμο υγρό που χρησιμοποιείται ως καύσιμο πυραύλων και σε άλλες βιομηχανικές εφαρμογές.

Η δεύτερη σημαντικότερη αζωτούχος ένωση είναι το νιτρικό οξύ, ένα εξαιρετικά διαβρωτικό υγρό, που βρίσκεται εφαρμογή στην παραγωγή λιπασμάτων, χρωμάτων, φαρμάκων και εκρηκτικών. Το νιτρικό αμμώνιο, NH_4NO_3 , είναι η πιο συνηθισμένη αζωτούχος ένωση των συνθετικών λιπασμάτων.

Το άζωτο επίσης μπορεί να ενωθεί με το οξυγόνο δίνοντας διάφορα οξείδια του αζώτου: α) Το υποξείδιο του αζώτου ή αέριο του γέλωτος (laughing gas), N_2O , το οποίο χρησιμοποιείται ως αναισθητικό, β) Το μονοξείδιο του αζώτου, NO , το οποίο αντιδρά ταχύτατα με οξυγόνο προς διοξείδιο του αζώτου και είναι σημαντικός ατμοσφαιρικός ρύπος, γ) Το διοξείδιο του αζώτου, NO_2 , ενδιάμεσο στην παραγωγή του νιτρικού οξέος και ισχυρό οξειδωτικό. Άλλα δύο οξείδια, το τριοξείδιο του διαζώτου (N_2O_3) και το πεντοξείδιο του διαζώτου (N_2O_5), είναι πολύ ασταθή και εκρηκτικά.

Τα αζίδια, ανόργανα ή οργανικά, είναι ενώσεις που περιέχουν μία ομάδα τριών ατόμων αζώτου και είναι εξαιρετικά ευαίσθητα σε δονήσεις και ασταθή. Κάποια από αυτά, όπως το αζίδιο του μολύβδου ή αζωτούχος μόλυβδος, χρησιμοποιούνται ως πυροκροτητές.

Τέλος, μια μεγάλη ποικιλία οργανικών ενώσεων έχουν ως βασικό συστατικό το άζωτο, όπως είναι τα αμινοξέα, οι αμίνες και τα αμίδια, και η νιτρογλυκερίνη.

2.4 Προέλευση και μορφές αζώτου στο έδαφος

Το άζωτο είναι ένα από τα πιο διαδεδομένα στοιχεία στη φύση. Αντίθετα με την επικρατούσα άποψη ότι η ατμόσφαιρα είναι η μεγαλύτερη αποθήκη αζώτου, τα μεγαλύτερα ποσά αυτού βρίσκονται στο φλοιό της γης. Το εδαφικό άζωτο είναι ένα ελάχιστο κλάσμα του αζώτου της λιθόσφαιρας και από αυτό το κλάσμα και πάλι μόνο ένα πολύ μικρό μέρος είναι άμεσα διαθέσιμο στα φυτά. Είναι το ποσό που βρίσκεται υπο τη μορφή νιτρικών, νιτρωδών και αμμωνιακών ιόντων στα εδάφη (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+)

Ανόργανες μορφές αζώτου:

-ΑΕΡΙΑ: μοριακό άζωτο (N₂), υπεροξείδιο αζώτου, μονοξείδιο αζώτου, διοξείδιο αζώτου, αμμωνία (NH₃)

-ΙΟΝΤΑ: νιτρικά (NO₃⁻), νιτρώδη(NO₂⁻), αμμωνιακά (NH₄⁺)

Οργανικές μορφές αζώτου:

το οργανικό άζωτο του εδάφους υπάρχει με τη μορφή πρωτεϊνών, αμινοξέων και άλλων πολύπλοκων αζωτούχων ενώσεων.

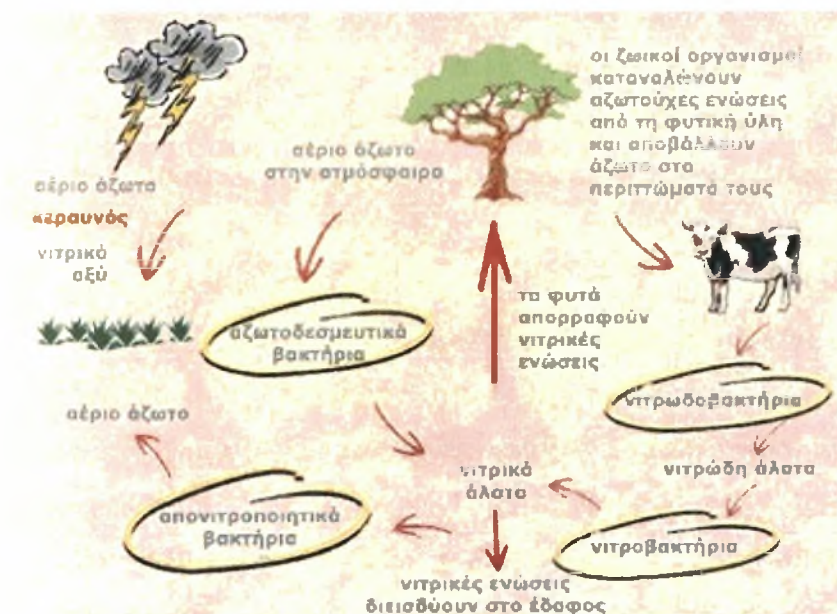
Συμπερασματικά, το N στα μη οργανικά (ορυκτά) εδάφη μπορεί να διακριθεί σε 3 κυρίες μορφές:

- 1) Οργανικό N που εδράζεται στο χούμο και στα υπολείμματα οργανικής προέλευσης
- 2) Αμμωνιακό N δεσμευμένο σε κρυσταλλικά ορυκτά της αργίλου
- 3) Διαλυτές ανόργανες μορφές αμμωνιακών και νιτρικού N, που είναι και οι μονές διαθέσιμες στα φυτά.

2.5 Κύκλος Αζώτου

Η αέναη μετατροπή του αζώτου μεταξύ των διαφόρων μορφών του αποτελεί ένα πολύπλοκο δίκτυο : τον κύκλο του αζώτου.

Ο κύκλος του αζώτου συνοπτικά δίνεται στην παρακάτω εικόνα



Όπως βλέπουμε εισροές (κέρδη) αζώτου λαμβάνουν χωρά με δέσμευση (βιολογική, ηλεκτρική, βιομηχανική) του μοριακού αζώτου καθώς και με την προσθήκη οργανικών λιπασμάτων και φυτικών υπολειμμάτων.

Εκροές (απώλειες) αζώτου συμβαίνουν με την αποκομιδή των καλλιεργειών, την απονιτροποίηση, την εξαέρωση και την έκλυση.

Ας δούμε ,συνοπτικά, ένα-ένα τα στάδια του κύκλου του αζώτου

- Δέσμευση Αζώτου

Η σημαντικότερη διεργασία με την οποία το «άχρηστο» για τα φυτά ανόργανο άζωτο της ατμόσφαιρας δεσμεύεται και μετατρέπεται σε οργανικό χαρακτηρίζεται ως δέσμευση του αζώτου.

Η δέσμευση γίνεται κυρίως από βακτήρια του είδους *Rhizobium* τα οποία ζουν συμβιωτικά με τα ψυχανθή σχηματίζοντας φυμάτια στις ρίζες των ψυχανθών. Υπάρχουν και μη συμβιωτικοί οργανισμοί που δεσμεύουν N(κυανοπράσινα φύκι , φωτοσυνθετικά βακτήρια κλπ)

Εκτός από τη βιολογική δέσμευση ένα μέρος του ατμοσφαιρικού αζώτου δεσμεύεται από τις ηλεκτρικές εκκενώσεις.

Η δέσμευση του ατμοσφαιρικού αζώτου από διάφορους μικροοργανισμούς είναι ένα πρώτο βιολογικό στάδιο της ανακύκλωσης του αζώτου στη φύση. Δεσμεύεται υπο διαφορές οργανικές μορφές και για να γίνει διαθέσιμο στα φυτά υπόκειται σε μια σειρά διεργασιών και μετασχηματισμών μέσα στο έδαφος. Στην ακολουθία αυτή περιλαμβάνονται η πρωτεόλυση-αμμωνιοποίηση, η νιτροποίηση και η απονίτρωση

-Πρωτεόλυση-Αμμωνιοποίηση

Το άζωτο στην οργανική ουσία του εδάφους περιέχεται κυρίως υπό αμινική μορφή (πρωτεΐνες). Η απελευθέρωση του αμινικού N από την οργανική ουσία ονομάζεται πρωτεόλυση και η εν συνεχεία ανάγωση προς αμμωνία ονομάζεται αμμωνιοποίηση.

Το αμμωνιακό κατιόν το οποίο παράγεται μπορεί στη συνέχεια να μετατραπεί σε νιτρικά ιόντα, να απορροφηθεί από τα φυτά απευθείας,

να δεσμευτεί στα αργυλικά ορυκτά και να καταστεί μη διαθέσιμο ή να ακινητοποιηθεί από ετερότροφους μικροοργανισμούς.

-Νιτροποίηση

Η βιολογική οξείδωση του αμμωνιακού N προς νιτρικά ιόντα είναι γνωστή ως νιτροποίηση. Η αμμωνία οξειδώνεται αρχικά προς νιτρώδη ιόντα και στη συνέχεια προς νιτρικά. Οι διεργασίες αυτές επιτελούνται από αυτότροφα βακτήρια και πιο συγκεκριμένα από δυο εξειδικευμένες ομάδες βακτηρίων. Στην πρώτη ομάδα ανήκουν τα γένη *Nitrosomonas*, *Nitrospira*, *Nitrosolobus* τα οποία οξειδώνουν τα αμμωνιακά προς νιτρώδη. Στη δεύτερη ομάδα ανήκει το γένος *Nitrobacter* που οξειδώνει τα νιτρώδη προς νιτρικά.

Η γενική αντίδραση που περιγράφει το φαινόμενο είναι



Η γενική αντίδραση δείχνει ότι η νιτροποίηση συνοδεύεται από τη αποβολή 4 κατιόντων υδρογόνου στο έδαφος γεγονός που σημαίνει όξυνση του εδάφους και άρα μείωση του εδαφικού pH (αυτό είναι σημαντικός παράγοντας κατά την προσθήκη αμμωνιακών λιπασμάτων στο έδαφος).

-Απονίτρωση

Πολλά είδη βακτηρίων στο έδαφος είναι σε θέση να ανάγουν τα νιτρικά και τα νιτρώδη ιόντα σε αέριες μορφές αζώτου(NO, NO₂, N₂) οι οποίες στη συνέχεια αποβάλλονται στην ατμόσφαιρα. Η διαδοχική αυτή ανάγωση είναι γνωστή σαν απονίτρωση. Με τη διαδικασία της απονίτρωσης έχουμε απώλειες στην ατμόσφαιρα αερίου αζώτου. Αυτό από τη μια είναι αρνητικό και από την άλλη θετικό μια και μειώνονται τα νιτρικά τα οποία είναι ευδιάλυτα και ευκίνητα και μολύνουν τα υπόγεια ύδατα.

Συνοψίζοντας μπορούμε να πούμε ότι οι διεργασίες του κύκλου του Αζώτου στο έδαφος είναι η εξής δυο: η ανοργανοποίηση (ή ορυκτοποίηση) και η ακινητοποίηση των ανόργανων μορφών N σε οργανικά συστατικά του εδάφους. Το άζωτο βρίσκεται σε οργανική μορφή και σε ανόργανη. Οι κυριότερες ανόργανες

είναι η νιτρική και η αμμωνιακή. Το αμμωνιακό άζωτο προσροφάται από τα σωματίδια του εδάφους. Στη συνέχεια οι ρίζες των φυτών μπορούν να το πάρουν από τα σωματίδια ή από το εδαφικό διάλυμα. Η ιδιότητα του αμμωνιακού αζώτου να συγκρατείται στα εδαφικά κolloειδή εξηγεί και γιατί αυτή η μορφή αζώτου δεν πλένεται εύκολα με τη βροχή ή με την άρδευση. Αντίθετα το νιτρικό άζωτο δε συγκρατείται και πλένεται εύκολα στα κατώτερα στρώματα. Το νιτρικό άζωτο δεν παραμένει για μεγάλο χρονικό διάστημα στο έδαφος και για αυτό απαιτούνται τακτικότερες λιπάνσεις σε μικρές δόσεις κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

2.6 Απώλειες αζώτου

Από τις ποσότητες αζωτούχων λιπασμάτων που προσθέτουμε στο έδαφος, το ποσοστό το οποίο εκμεταλλεύονται τα φυτά είναι γύρω στο 50%. Ουσιαστικά η μίση ποσότητα αζώτου χάνεται και ως εκ τούτου το άζωτο έχει μικρή αποτελεσματικότητα στις καλλιέργειες. Πιο συγκεκριμένα στα οπωρώφωρα οι απώλειες φτάνουν το 80%, στα αμπέλια το 63% στα λαχανικά το 45% και το χόρτο το 30%. Οι απώλειες αυτές οφείλονται σε :

-Έκλυση των νιτρικών στα υπόγεια ύδατα.

Η συγκεκριμένη αρνητικά φορτισμένη μορφή του αζώτου είναι ιδιαίτερα ευκίνητη στο έδαφος και εκλύεται εύκολα συντελώντας παράλληλα και στη ρύπανση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα.

-Απονιτροποίηση : απώλειες σε αέριες μορφές

-Εξαέρωση αμμωνίας στη ατμόσφαιρα:

Η απώλεια αζώτου από το έδαφος υπό μορφή αέριας NH_3 αποτελεί μια από τις κυριότερες μορφές διαφυγής του N προς την ατμόσφαιρα και μια από τις πιο σημαντικές αιτίες για το χαμηλό βαθμό αξιοποίησης του N από τις καλλιέργειες. Η συγκέντρωση της αμμωνίας στο εδαφικό διάλυμα αυξάνει σημαντικά κατά την προσθήκη αμμωνιακών λιπασμάτων και νωπής κοπριάς σε αλκαλικά και ουδέτερα εδάφη. Έτσι όταν τα λιπάσματα αυτά εφαρμόσουν επιφανειακά ή σε μικρό βάθος, τότε έχουμε μεγάλες απώλειες σε αέρια αμμωνία.

2.7 Τροφοπενίες αζώτου και αλληλεπίδραση με άλλα στοιχεία

Ο σημαντικότερος παράγοντας που συντελεί στην έλλειψη αζώτου είναι η κατάσταση υγρασίας του εδάφους και το βάθος του εδάφους. Το άζωτο μετακινείται γρήγορα μέσα στα φύλλα και ως εκ τούτου τα συμπτώματα τροφοπενίας εκδηλώνονται πρώτα στα κατώτερα φύλλα. Τα συμπτώματα είναι φύλλωμα με ανοικτό πράσινο χρώμα αρχικά και αργότερα κιτρινοπράσινο ή κίτρινο με παρουσία νεκρώσεων στα κατώτερα φύλλα. Οι βλαστοί έχουν μικρή ανάπτυξη, είναι λεπτοί, ξυλώδεις ανορθωμένοι με μικρά φύλλα σε οξείες γωνίες. Μικρού μεγέθους καρποί.



Όσο οι χρησιμοποιούμενες ποσότητες αζώτου αυξάνονται τόσο η βλάστηση των φυτών εντείνεται και το υπέργειο τμήμα αυξάνεται. Η αυξημένη αυτή βλάστηση μπορεί πολλές φορές να συνοδεύεται από μειωμένη περιεκτικότητα σε άλλα θρεπτικά στοιχεία. Πιο συγκεκριμένα από τα εννέα συνήθως θρεπτικά στοιχεία P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Cu, Zn, B μονό το Mn και το Mg επηρεάζονται θετικά από την αυξημένη αζωτούχο λίπανση ενώ τα υπόλοιπα επηρεάζονται αρνητικά.

2.8 Αζωτούχα λιπάσματα

Τα κυριότερα αμιγώς αζωτούχα λιπάσματα είναι τα εξής:

-Θειϊκή Αμμωνία $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$: Περιέχει N σε ποσοστό 21% και η προσθήκη της στο έδαφος συνεπάγεται όξινη, δηλαδή μείωση του pH λόγω των κατιόντων NH_4^+ . Συνίσταται σε ασβεστούχα εδάφη και να αποφεύγεται σε όξινα. Τύπος 21-0-0-24 S

-Νιτρική Αμμωνία NH_4NO_3 : Περιέχει 35% N και προκαλεί ομοίως όξυνση. Καθαρή νιτρική αμμωνία δεν προσφέρεται στο εμπόριο για τι είναι υγροσκοπική και συσσωματώνεται. Είναι επίσης εκρηκτική και άρα επικίνδυνη. Χρησιμοποιείται για την παρασκευή υγρών λιπασμάτων και για τον εμπλουτισμό σε N των συνθέτων λιπασμάτων. Τύπος 33-0-0

-Ασβεστούχος Νιτρική Αμμωνία: προκύπτει από τη νιτρική αμμωνία με την προσθήκη ανθρακικού ασβεστίου και λόγω του ασβεστόλιθου που περιέχει δεν επηρεάζει την οξύτητα του εδάφους. Περιέχει 21% N.

-Νιτρικό Νάτριο NaNO_3 ή Νάτριο της Χιλής: Περιέχει 16% άζωτο και στο έδαφος εξουδετερώνει οξύτητα. Θα πρέπει η χρήση του να γίνεται με μεγάλη προσοχή καθώς το νάτριο που περιέχει καταστρέφει τη δομή του εδάφους λόγω διασποράς των κολλοειδών, δημιουργεί κρούστα στην επιφάνεια του εδάφους κ.α. Τύπος 16-0-0

-Νιτρικό Ασβέστιο $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$: περιέχει 15% άζωτο. Είναι πολύ υγροσκοπικό λίπασμα με αλκαλική επίδραση στο έδαφος. Είναι το λίπασμα το οποίο προσλαμβάνεται περισσότερο από τα φυτά σε περιόδους ξηρασίας και το πιο σύνηθες λίπασμα στις μη ασβεστούχες περιοχές.

-Ουρία $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$: περιέχει 46% άζωτο. Είναι πολύ ευδιάλυτο οργανικό λίπασμα. Στο έδαφος διασπάται υπό την επίδραση της ουρεάσης σε CO_2 και σε NH_3 . Τύπος 45-0-0

-Άνυδρος αμμωνία: είναι η πλουσιότερη σε άζωτο πηγή καθώς και η φτηνότερη. Είναι αέριο που υγροποιείται εύκολα και περιέχει 82% N. Ως λίπασμα χρησιμοποιείται αυτούσια υγροποιημένη ή για την παρασκευή μεικτών λιπασμάτων. Τύπος 82-0-0

-Κυαναμιδή του ασβεστίου

-Αζωτούχα λιπάσματα βραδείας αποδέσμευσης: στα περισσότερα αζωτούχα λιπάσματα άζωτο βρίσκεται υπό νιτρική και αμμωνιακή μορφή. Και οι δυο μορφές υπόκεινται σε μεγάλες απώλειες λόγω έκπλυσης και ιδιαίτερα η νιτρική. Για τη

μείωση των απωλειών αυτών και για τη δημιουργία μιας διαρκέστερης πηγής παροχής διαθέσιμου αζώτου έχουν παρασκευάσει τα λιπάσματα βραδείας παροχής. Αυτά συνήθως είναι πολυμερή ουρίας-φορμαλδεΰδης καθώς και ουρία καλυμμένη με θείο.

2.9 Πρακτικές λίπανσης με αζωτούχα λιπάσματα

Όπως προείπαμε το άζωτο αποτελεί το στοιχείο κλειδί για τον έλεγχο της βλάστησης και της καρποφορίας. Ωστόσο το στοιχείο αυτό πρέπει να τύχει της μεγαλύτερης δυνατής προσοχής και λογά των πολλών του αρνητικών επιπτώσεων αλλά και των περιβαλλοντικών προβλημάτων τα οποία προκαλεί. Κατά τη χρήση αζωτούχων λιπασμάτων, η ποσότητα, η εποχή, ο τρόπος χορήγησης και ο τύπος του λιπάσματος πρέπει να τύχουν ιδιαίτερης προσοχής.

-Ποσότητα: οι χρησιμοποιούμενες ποσότητες αζώτου στη χώρα μας είναι υπερβολικές αν και παρατηρείται μια μείωση. Η ποσότητα του αζώτου δεν προκαθορίζεται αλλά πρέπει να καθορίζεται εξόριστα για κάθε περίπτωση. Το πόσο του αζώτου καθορίζεται από το είδος της καλλιέργειας και από το επίπεδο γονιμότητας του εδάφους. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι τα εσπεριδοειδή χρειάζονται 0,4-1 κιλά/δέντρο ενώ η πιπέρια 20-30 κιλά/στρέμμα.

-Εποχή χορήγησης: γενικά δεν ενδείκνυται η προσθήκη αζωτούχων λιπασμάτων πολύ πριν τη βλαστική ανάπτυξη των φυτών, αλλά αντίθετα θα πρέπει να εφαρμόζονται την πλέον κρίσιμη περίοδο που είναι αυτή της έντονης βλάστησης, έτσι ώστε το άζωτο (νιτρικής και αμμωνιακής) μορφής να διαλυθεί και να φτάσει γρήγορα στο ενεργό μέρος του ριζικού συστήματος. Η εφαρμογή της λίπανσης πρέπει να γίνεται με γνώμονα ότι το άζωτο οφείλει να βρίσκεται στα διάφορα όργανα του φυτού την εποχή που αυτό είναι απαραίτητο. Για παράδειγμα στα δέντρα οι μεγαλύτερες ανάγκες είναι κατά την περίοδο της άνθησης και στην αρχή της βλάστησης. Όμως στην περίοδο συγκομιδής των καρπών δεν πρέπει να υπάρχει αυξημένη συγκέντρωση αζώτου γιατί υποβαθμίζεται η ποιότητα των καρπών και δυσκολεύει η συντήρησή τους.

-Τρόπος εφαρμογής: το άζωτο χορηγείται κυρίως από εδάφους εκτός από τους διαυλικούς ψεκασμούς του φθινοπώρου. Στο έδαφος το N δίνεται είτε υπό στερεά μορφή είτε με υδρολίπανση. Με την υδρολίπανση έχουμε καλλίτερα αποτελέσματα. Στα δέντρα καλό θα είναι το λίπασμα να εφαρμόζεται στη ζώνη των ριζών και όχι κοντά στον κορμό. Σε γραμμικές φυτεύσεις η προθήκη να γίνεται επί των γραμμών.

-Τύποι αζωτούχων λιπασμάτων: το pH του εδάφους καθορίζει τη χρήση όξινων ή αλκαλικών λιπασμάτων. Το κατεξοχήν όξινο λίπασμα είναι η θειική αμμωνία και το πιο αλκαλικό η κυαναμίδη του ασβεστίου. Ο τύπος του εδάφους και κυρίως η μηχανική του σύσταση καθορίζουν σε κάποιο βαθμό επίσης τον τύπο του αζωτούχου λιπάσματος. Έτσι σε βαρεία υγρά εδάφη η χρήση αμμωνιακού αζώτου δεν είναι ενδεδειγμένη. Η ηλικία του δέντρου και η κατάσταση βλάστησης καθορίζουν τον τύπο του λιπάσματος, δεδομένου ότι η αμμωνιακή μορφή ευνοεί την καρποφορία και η νιτρική τη βλάστηση. Δένδρα νεαρής ηλικίας με μικρή βλάστηση ή δένδρα γερασμένα χρειάζονται περισσότερο τη νιτρική μορφή του αζώτου.

2.10 Νιτρορύπανση

Αιτία της νιτρορύπανσης είναι η άμεση ή έμμεση απόρριψη στο υδάτινο περιβάλλον αζωτούχων ενώσεων, με συνέπεια τη συσσώρευση υψηλών συγκεντρώσεων αζώτου, κυρίως με τη μορφή νιτρικών στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα.

Η νιτρορύπανση οφείλεται κατά κύριο λόγο σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες, με προεξάρχουσες τις αγροτικές και κτηνοτροφικές (υπερλίπανση, ανεξέλεγκτη διάθεση κοπριάς) αλλά και την εκτεταμένη χρήση βόθρων για τη διάθεση οικιακών λυμάτων.

Στα επιφανειακά νερά και ιδίως στις λίμνες και στους κλειστούς κόλπους η παρουσία αυξημένων συγκεντρώσεων αζωτούχων αλλά και φωσφορικών ενώσεων, με τη συνδρομή και της ηλιακής ακτινοβολίας, ενισχύει, συχνά σε υπερβολικό βαθμό, την ανάπτυξη υδρόβιας βλάστησης και φυτικών μικροοργανισμών στο νερό (φυτοπλαγκτόν), δημιουργώντας με τον τρόπο αυτό το φαινόμενο του ευτροφισμού. Στις συνέπειες του ευτροφισμού περιλαμβάνονται η μείωση του διαλυμένου οξυγόνου στα βαθύτερα στρώματα του νερού, η δημιουργία τοξινών που σκοτώνουν

τα ψάρια, η παραγωγή ενώσεων που προσδίδουν δυσάρεστη οσμή στο νερό και η εν γένει διαταραχή της οικολογικής ισορροπίας.

Στα υπόγεια ύδατα, η νιτρορύπανση εμφανίζεται κυρίως με τη μορφή αθροιστικής συσσώρευσης νιτρικών, τα οποία σε ορισμένες περιπτώσεις φθάνουν σε επίπεδα που είναι απαγορευτικά για τη χρήση του νερού για σκοπούς ύδρευσης.

Τα νιτρώδη και νιτρικά άλατα είναι χημικές ενώσεις του άζωτου με το οξυγόνο (NO_3^- ή NO_2^-) που συνδυάζονται με διάφορες άλλες οργανικές και ανόργανες ενώσεις. Όταν ληφθέν στο σώμα, τα νιτρικά μετατρέπονται σε νιτρώδη.

-Επιτρεπτά Ανώτατα όρια

Στην Ελλάδα και την ΕΕ από το νόμο τα όρια για τα νιτρικά άλατα στο πόσιμο νερό είναι 50 mg/L και για τα Νιτρώδη άλατα 0,5 mg/L σε συμμόρφωση προς την οδηγία 98/83/ΕΚ . Οι συναρμώδιες αρχές εξασφαλίζουν ότι τηρείται ο όρος $[\text{νιτρικά}]/50 + [\text{νιτρώδη}]/3 < 1$, οι αγκύλες υποδηλούν συγκέντρωση σε mg/l για νιτρικά για τα νιτρώδη άλατα, καθώς και ότι η τιμή 0,10 mg/l για τα νιτρώδη τηρείται για το νερό που προέρχεται από εγκαταστάσεις επεξεργασίας.

Στις ΗΠΑ τα μέγιστα επιτρεπτά επίπεδα νιτρικών αλάτων στο πόσιμο νερό έχουν καθοριστεί σε 10 μέρη ανά εκατομμύριο (ppm) (10 mg/L)), και για τα νιτρώδη σε 1 ppm (1mg/L), διότι πιστεύεται ότι σε αυτό το επίπεδο δεν προκαλούν κανένα από τα πιθανά προβλήματα υγείας.

2.11 Νιτρορύπανση από την γεωργία

Η Οδηγία 91/676/ΕΟΚ για την προστασία των υδάτων από τη νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης προβλέπει ότι τα κράτη μέλη υποχρεούνται:

-προσδιορίζουν τα υπόγεια ύδατα που περιέχουν ή θα μπορούσαν να περιέχουν περισσότερο από 50 mg/l νιτρικών ιόντων

-τα χαρακτηρίζουν ευπρόσβλητες ζώνες, Για το χαρακτηρισμό των ευπρόσβλητων ζωνών παρακολουθούν επί ένα έτος τη συγκέντρωση νιτρικών ιόντων στα γλυκά ύδατα

-εκπονούν προγράμματα δράσης όσον αφορά τις χαρακτηρισμένες ευπρόσβλητες περιοχές για να επιτύχουν τη μείωση της ρύπανσης των υδάτων που προκαλείται

άμεσα ή έμμεσα από νιτρικά ιόντα γεωργικής προελεύσεως και - στην πρόληψη της περαιτέρω ρύπανσης αυτού του είδους.

-Τα προγράμματα δράσης εφαρμόζονται εντός τετραετίας από τη σύνταξή τους και περιλαμβάνουν τις περιόδους κατά οποίες θα απαγορεύεται η διασπορά στο έδαφος ορισμένων τύπων λιπασμάτων, τη χωρητικότητα των δοχείων αποθήκευσης κοπριάς, τον περιορισμό της ποσότητας λιπάσματος που επιτρέπεται να διασπείρεται στο έδαφος. Τα μέτρα αυτά εξασφαλίζουν ότι, για κάθε γεωργική ή κτηνοτροφική μονάδα, η ποσότητα κόπρου που προστίθεται κάθε χρόνο στο έδαφος, είτε από ανθρώπους είτε από τα ίδια τα ζώα, δεν υπερβαίνει μια καθορισμένη ποσότητα ανά εκτάριο και θεσπίζουν κώδικες ορθής γεωργικής πρακτικής.

-καταρτίζουν και εφαρμόζουν κατάλληλα προγράμματα παρακολούθησης προκειμένου να εκτιμούν την αποτελεσματικότητα των προγραμμάτων δράσης

2.12 Απονίτρωση υπόγειων υδάτων

Οι συγκεντρώσεις των νιτρικών, εκφρασμένες σε άζωτο σε μη ρυπασμένα επιφανειακά νερά κυμαίνονται σε τιμές μικρότερες του 1 mg/L. Συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 1 mg/L υποδηλώνουν ανθρωπογενείς επιδράσεις, όπως αστικά λύματα και απορροή από αστικές και γεωργικές εκτάσεις.

Η νιτρορρύπανση γεωργικής προέλευσης, είναι μια σημαντική αιτία ποιοτικής υποβάθμισης των υπόγειων νερών. Οι συγκεντρώσεις NO_3^- είναι μικρότερες όταν παρεμβάλλεται αργίλικό στρώμα στην ακόρεστη ζώνη και μειώνονται με το βάθος κάτω από τη στάθμη του υπόγειου νερού. Γενικά οι αβαθείς υδροφόροι ορίζοντες ρυπαίνονται από νιτρικά ιόντα σε μεγαλύτερο βαθμό από τους βαθύτερους υδροφόρους. Οι συγκεντρώσεις του νιτρικού αζώτου στους αγρούς που λιπαίνονται υπερβαίνουν τα 10 mg/L. Η υπερβολική λίπανση μπορεί να προκαλέσει την έκπλυση των νιτρικών στο υπόγειο νερό.

Για την αποκατάσταση εφαρμόζονται οι εξής τεχνικές:

1) Φυσική απονίτρωση

Εφαρμόζεται διακοπή της λίπανσης ή μείωση αυτής εφαρμόζοντας τον Κώδικα Ορθής Γεωργικής Πρακτικής (Kariotis et al., 2001). Οι κώδικες ορθής γεωργικής πρακτικής (ΚΥΑ 16190/1335/97, ΦΕΚ 519B/25-6-1997) αποβλέπουν στη μείωση της νιτρορύπανσης γεωργικής προέλευσης και περιλαμβάνουν κανόνες σχετικά με τις χρονικές περιόδους κατά τις οποίες δεν ενδείκνυται η διασπορά λιπασμάτων στο έδαφος, τη διασπορά λιπασμάτων σε επικλινή ή σε κορεσμένα εδάφη, κοντά σε υδάτινα ρεύματα κ.λπ. Επιπλέον περιλαμβάνουν την κατάρτιση σχεδίων λίπανσης ανά αγρόκτημα, την τήρηση αρχείων για τη χρήση των λιπασμάτων και τη διαχείριση της χρήσης γης.

Σε περιοχές που έχουν χαρακτηριστεί ευπρόσβλητες ζώνες σύμφωνα με την ΚΥΑ 19562/1906/99 (ΦΕΚ 1575B/5-8-1999), όπως το Αργολικό πεδίο, η λεκάνη Κωπαΐδας, η λεκάνη του Πηνειού Ηλείας και η πεδιάδα Θεσσαλίας συντάσσονται σχέδια δράσης, ώστε να μειωθεί η ρύπανση των νερών.

Ο χρόνος απορρύπανσης εξαρτάται από την αρχική συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων, το πάχος και το πορώδες του υδροφόρου ορίζοντα και την κατείσδυση

2) Ιοντοανταλλαγή

Γίνεται ιοντοανταλλαγή μεταξύ των ιόντων NO_3^- και Cl^- , όταν το νερό περνάει από συνθετικές ρητίνες. Εφαρμόζεται κυρίως η μέθοδος της αντίστροφης ώσμωσης συνολικά για αφαλάτωση και απονίτρωση. Κατ' αυτήν το νερό ερνώντας από μια ημιπερατή μεμβράνη, κατακρατούνται τα νιτρικά ιόντα. Μειονέκτημα είναι η απόφραξη των μεμβρανών.

3) Ηλεκτροδιάλυση

Εφαρμόζεται ηλεκτρική τάση και τα ιόντα διέρχονται επιλεκτικά μέσω ημιπερατών μεμβρανών.

4) Χημική απονίτρωση

Προστίθεται αργίλιο σε υδατικό διάλυμα πλούσιο σε νιτρικά ιόντα και μέσω μιας σειράς αντιδράσεων παράγεται ελεύθερο άζωτο ή αμμωνία. Αν το τελικό προϊόν είναι η αμμωνία, γίνεται αεροδιαχωρισμός και ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα.

5) Βιολογική απονίτρωση

Χρησιμοποιούνται μικροοργανισμοί, οι οποίοι καταναλώνουν το άζωτο ως θρεπτική ουσία. Άλλη τεχνική είναι η δημιουργία βιομάζας από φύκη, που τρέφονται με νιτρικά.

2.13 Επιπτώσεις στην υγεία

-Βραχυπρόθεσμες επιπτώσεις:

Τα υπερβολικά επίπεδα νιτρικών αλάτων στο πόσιμο νερό έχουν προκαλέσει σοβαρές ασθένειες και μερικές φορές το θάνατο. Οι σοβαρές ασθένειες σε βρέφη οφείλονται στην μετατροπή των νιτρικών σε νιτρώδη από το σώμα, το οποίο μπορεί να επηρεασουν την ικανότητα του αίματος να μεταφέρει οξυγόνο στα παιδιά. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μια οξεία κατάσταση στην οποία η υγεία επιδεινώνεται ταχύτατα μέσα σε μια περίοδο λίγων ημερών. Τα συμπτώματα περιλαμβάνουν δυσκολία στην αναπνοή και κυανό χρώμα στο δέρμα.

-Μακροπρόθεσμες επιπτώσεις:

Τα νιτρικά και τα νιτρώδη έχουν τη δυνατότητα να προκαλέσουν τις ακόλουθες συνέπειες από μια χρόνια έκθεση σε επίπεδα πάνω από τα μέγιστα επιτρεπτά : διούρηση, αύξηση αμυλωδων αποθέσεων και αιμορραγία της σπλήνας.

3. ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

Αραβόσιτος



Φυτό αραβόσιτου

3.1.1 Εισαγωγή

Ο αραβόσιτος ανήκει στην φυλή Maydeae ή Tripsaceae της οικογένειας Gramineae ή Poaceae και αποτελεί το μοναδικό είδος του γένους *Zea* (Καραμάνος, 1999). Είναι φυτό μόνικο – δίκλινο. Οι κυριότερες ομάδες των καλλιεργούμενων υβριδίων αραβόσιτου είναι 7 και χωρίζονται σε ή τύπους με βάση το σχήμα του σπόρου και τα χαρακτηριστικά του ενδοσπερμίου (Cui et al, 2006).

- Οδοντωτός. Φέρει χαρακτηριστική κοιλότητα στη κορυφή του σπόρου, είναι πιο αποδοτικός και κατάλληλος και για παραγωγή χλωρής μάζας.
- Σκληρόκοκκος. Έχει λείους, στρογγυλούς και σκληρούς σπόρους που δεν παρουσιάζουν κοιλότητα ή συρρίκνωση στην κορυφή του.
- Αμυλώδης. Μοιάζει με σκληρόκοκκο και καλλιεργείται σε μικρές εκτάσεις.
- Ζαχαρώδης. Οι σπόροι έχουν γλυκιά γεύση και χρησιμοποιούνται κυρίως στις Η.Π.Α. για ανθρώπινη κατανάλωση.

- Μικρόκοκκος. Οι σπόροι του είναι μικροί και χρησιμεύουν για την παραγωγή ποπ κορν.
- Κηρώδης. Το άμυλο που αποτελείται από αμυλοπηκτίνη και χρησιμοποιείται στη βιομηχανία για παραγωγή κολλητικών ουσιών.
- Ντυμένος. Ο σπόρος του περιβάλλεται τελείως από τα αναπτυγμένα προβλήματα. Δεν έχει οικονομική σημασία, αλλά καλλιεργείται ως αξιοπερίεργο ή ως καλλωπιστικό φυτό.

Σημαντικό βήμα στην καλλιέργεια του αραβοσίτου ήταν η διάδοση των υβριδίων που προκύπτουν από τη διασταύρωση δύο καθαρών σειρών (Barton, 2001). Τα υβρίδια έχουν αυξημένη ευρωστία και παραγωγικότητα σε σύγκριση με τις καθарές σειρές που χρησιμοποιήθηκαν ως γονείς (Irfan et al, 2002). Αρχικά διαδόθηκαν τα διπλά υβρίδια και στη συνέχεια τα πιο παραγωγικά απλά, με αποτέλεσμα να σημειωθεί θεαματική αύξηση των αποδόσεων (Baack et al, 2007). Στα υβρίδια, οι αποστάσεις γραμμών και η πυκνότητα των φυτών επηρεάζει σημαντικά κάποια μορφολογικά χαρακτηριστικά (Turgut et al, 2005).

3.1.2 Μορφολογία

Το ριζικό σύστημα του αραβοσίτου είναι θυσανωτές και περιλαμβάνει εμβρυακές και μόνιμες ρίζες. Οι εμβρυακές ρίζες αποτελούνται από την κύρια εμβρυακή ρίζα, που είναι προέκταση του ριζιδίου και 3-5 δευτερεύουσες εμβρυακές ρίζες. Αυτές μπορούν να παραμείνουν ενεργές σε όλη τη διάρκεια της ζωής του φυτού και φθάνουν σε βάθος 1,5 μέτρων. Οι μόνιμες ρίζες αναπτύσσονται από τους πρώτους κόμβους του στελέχους κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Αρχικά προχωρούν οριζόντια, σε μια απόσταση 30-60 εκατοστά γύρω από το στέλεχος, διακλαδίζονται και στη συνέχεια, με κατακόρυφη διεύθυνση, εισχωρούν στα βαθύτερα εδαφικά στρώματα. Από τους 2-3 κόμβους του στελέχους, που βρίσκονται πάνω από την επιφάνεια του εδάφους, εκφύονται εναέριες ρίζες που εισχωρούν στο έδαφος και συμβάλλουν στη στήριξη, αλλά και στη θρέψη του φυτού.

Το στέλεχος του αραβόσιτου είναι κάλαμος συμπαγής, κυλινδρικός και φέρει κόμβους και 8-21 μεσογονάτια. Το ύψος του φυτού κυμαίνεται από 60 εκατοστά έως και 4 μέτρα και η διάμετρος του από 2 έως 5 εκατοστά. Σε κάθε κόμβο υπάρχει καταβολή οφθαλμού, ενώ στους κόμβους κοντά στη βάση του φυτού υπάρχουν και καταβολές ριζών. Οι κατώτεροι οφθαλμοί, που βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, μπορούν να δώσουν αδέρφια, ενώ οι ανώτεροι είναι ανθοφόροι και μπορούν να εξελιχθούν σε σπάδικες. Τα καλλιεργούμενα υβρίδια αραβόσιτου έχουν την τάση να μη σχηματίζουν αδέρφια.

Τα φύλλα του αραβόσιτου βγαίνουν εναλλάξ από τους κόμβους του στελέχους. Όπως και στα χειμερινά σιτηρά, κάθε φύλλο αποτελείται από κολεό, έλασμα και εμφανή γλωσσίδα. Το έλασμα είναι παραλληλόνηυρο με αναπτυγμένο το κεντρικό νεύρο. Η πάνω επιφάνεια του είναι τραχιά και φέρει τρίχες, ενώ η κάτω είναι λεία.

Ο καρπός του αραβόσιτου είναι καρύωση, όπως στα χειμερινά σιτηρά, και αποτελείται από το περικάρπιο, το ενδοσπέρμιο και το έμβρυο. Το ενδοσπέρμιο διακρίνεται σε ένα τμήμα αδιαφανές με αλευρώδη υφή και σε ένα τμήμα διαφανές με υαλώδη υφή. Η σχετική αναλογία και ο τρόπος κατανομής του αλευρώδους και του υαλώδους ενδοσπερμίου χρησιμεύει στη διάκριση του αραβόσιτου σε ομάδες. Οι ποικιλίες που έχουν μεγαλύτερο ποσοστό υαλώδους ενδοσπερμίου έχουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες. Η εξωτερική στρώση των κυττάρων του ενδοσπερμίου λέγεται αλευρώνη, έχει μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και σε αυτήν οφείλεται το κόκκινο ή το γαλάζιο χρώμα των καρπών ορισμένων υβριδίων, ενώ το λευκό ή κίτρινο χρώμα οφείλεται στο εσωτερικό τμήμα του ενδοσπερμίου

3.1.3 Οικολογικές απαιτήσεις

➤ ΚΛΗΜΑ

Ο αραβόσιτος είναι φυτό τροπικής προέλευσης που καλλιεργείται και στις εύκρατες περιοχές. Γενικά ο αραβόσιτος αναπτύσσεται σε περιοχές που επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες. Η ανάπτυξη επιταχύνεται σε θερμοκρασίες κοντά στο άριστο και εμφανίζεται γρηγορότερα η φόβη. Πολύ υψηλές θερμοκρασίες και χαμηλή ατμοσφαιρική υγρασία στο στάδιο της άνθισης και της γονιμοποίησης έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση των αποδόσεων (Hardegee *et al*, 2000). Ο αραβόσιτος χρειάζεται τουλάχιστον 400-800 χιλιοστά βροχής κατά τη διάρκεια της

καλλιεργητικής περιόδου. Στην περίπτωση μειωμένων βροχοπτώσεων πρέπει να αρδευτεί η καλλιέργεια, για να δώσει ικανοποιητική παραγωγή.

➤ ΕΔΑΦΟΣ

Σε περίπτωση συνεχούς καλλιέργειας του αραβόσιτου ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνετε στην διατήρηση της δομής του εδάφους και αυτό γιατί το επιπλέον όργωμα, τα σβαρνίσματα και τα σκαλίσματα μπορεί να την καταστρέψουν ή και να την υποβιβάσουν (Δαλιάνης, 1999). Ο αραβόσιτος ευδοκimeί σε βαθιά γόνιμα πηλώδη εδάφη με καλή στράγγιση. Είναι ευαίσθητος στην παρουσία αλάτων στο έδαφος και στο νερό της άρδευσης.

3.1.4 Καλλιέργεια

➤ ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΑΓΡΟΥ

Οι καλλιεργητικές εργασίες, πριν την σπορά, συμβάλλουν στην αύξηση της εδαφικής εργασίας, στην καταπολέμηση των ζιζανίων και στην δημιουργία καλής σποροκλίνης. Ένα φθινοπωρινό όργωμα σε μέτριο βάθος με υνιοφόρο άροτρο αυξάνει την υδατοπερατότητα και τον αερισμό του εδάφους. Τα εδαφικά συσσωματώματα, που δημιουργούνται, διασπώνται σε μικρότερους βόλους στη διάρκεια του χειμώνα. Το όργωμα αυτό δεν πρέπει να γίνεται σε περιπτώσεις εδαφών με μεγάλη κλίση λόγω προβλημάτων διάβρωσης. Ελαφρό όργωμα ή σβάρνισμα στο τέλος του χειμώνα ή στις αρχές της άνοιξης καταστρέφει τα ζιζάνια και δημιουργεί κοκκοποιημένη δομή, που είναι επιθυμητή για την σπορά.

➤ ΣΠΟΡΑ

Η σπορά του αραβόσιτου γίνεται την άνοιξη, 10-15 ημέρες μετά τους τελευταίους παγετούς μιας περιοχής, όταν η θερμοκρασία του εδάφους κυμαίνεται από 10 έως 12° C. Στη χώρας το μεγαλύτερο μέρος του αραβόσιτου σπέρνεται από τέλη Μαρτίου έως τέλη Απριλίου, ενώ ως δεύτερη καλλιέργεια η σπορά γίνεται Ιούνιο-Ιούλιο. Η ποσότητα του σπόρου που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάτε από την επιθυμητή πυκνότητα της φυτείας και το βάρος των 1000 σπόρων του υβριδίου. Η σπορά γίνεται σε γραμμές, με ειδικές σπαρτικές μηχανές σε αποστάσεις 75-80 εκατοστών μεταξύ των

γραμμών σποράς και 20 εκατοστών μεταξύ των φυτών επί της γραμμής. Το βάθος σποράς εξαρτάται από τη σύσταση, τη θερμοκρασία και την εργασία του εδάφους και κυμαίνεται από 2 έως 8 εκατοστά με άριστο τα 5 εκατοστά. Η απαιτούμενη ποσότητα σπόρου ανά στρέμμα κυμαίνεται 2-3 κιλά

➤ ΑΜΕΙΨΙΣΠΟΡΑ

Συνεχής καλλιέργεια αραβόσιτου στο ίδιο αγρό έχει σαν αποτέλεσμα το φύτευμα να ελαττώνεται σε σύγκριση με προς το φύτευμα που προέρχεται από αγρό που ο αραβόσιτος αναπτύσσεται και εφαρμόζεται αμειψισπορά. Η αμειψισπορά προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα, όπως η βελτίωση της εδαφικής δομής, η αποφυγή διάβρωσης των επικλινών εδαφών και ο έλεγχος εχθρών, ασθενειών και ζιζανίων

➤ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΜΕΤΑ ΤΟ ΦΥΤΡΩΜΑ

Μετά το φύτευμα του αραβόσιτου ακολουθεί σειρά σκαλισμάτων με σκοπό την καταπολέμηση των ζιζανίων μέχρι την συγκομιδή. Τα σκαλίσματα πρέπει να είναι επιφανειακά (μέχρι 8 εκατοστά), για να μην αποκόβονται τμήματα των επιφανειακών ριζών και γίνονται με καλλιεργητή ή φρέζα

➤ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΙΣΗ ΖΙΖΑΝΙΩΝ

Η εφαρμογή ζιζανιοκτόνων συνήθως πραγματοποιείται για καθολικό ψεκασμό του αγρού (Δαλιάνης, 1999). Εν τούτης σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να γίνει και κατά λωρίδες πίσω από τον σπορέα για την καταπολέμηση των ζιζανίων που θα βγουν στις γραμμές σποράς. Ο αραβόσιτος είναι ευαίσθητος στον ανταγωνισμό των ζιζανίων. Τα κυριότερα ζιζάνια που δημιουργούν σοβαρά προβλήματα στην καλλιέργεια του αραβόσιτου, είναι η μουχρίτσα, οι σεταριές, η λουβουδιά, η κύπερη, το κίρσο, η περικοκλάδα, κ.ά. Για παράδειγμα η ατραζίνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί και μετά το φύτευμα (Mortimore *et al*, 1965).

➤ ΛΙΠΑΝΣΗ

Ο αραβόσιτος απορροφά μεγάλες ποσότητες θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος εξαντλώντας τα αποθέματα του. Οι ανάγκες των φυτών σε άζωτο και φώσφορο είναι μεγάλες σε όλη τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου, με αιχμή ζήτησης το στάδιο της άνθησης και το αρχικό στάδιο ωρίμανσης των σπόρων. Για κάθε 100 κιλά παραγόμενου σπόρου αραβοσίτου απαιτούνται 1,8 κιλά αζώτου για το σπόρο και 1 κιλό για τα υπόλοιπα υπέργεια μέρη του φυτού.

Η έλλειψη αζώτου προκαλεί μείωση του ρυθμού αύξησης, καχεξία και χλωρωτικά φύλλα. Εξάλλου η επίδραση της αζωτούχου λιπάνσεως είναι μεγαλύτερη όταν υπάρχει αρκετή υγρασία στο έδαφος πάρα εάν επικρατούν ξερικές συνθήκες (Stringfield et al, 1960).

Ο φώσφορος συμβάλλει στην καλύτερη ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, στην πρωίμιση της παραγωγής και στην καρπόδεση. Έλλειψη φωσφόρου επιβραδύνει την ανάπτυξη, οψιμίζει την παραγωγή, μειώνει τον αριθμό κόκκων και το μέγεθος των σπαδικών.

Η χορήγηση των λιπασμάτων γίνεται κατά την σπορά με λιπασματοδιανομείς, ενώ συνηθισμένη πρακτική αποτελεί η εφαρμογή της μικρής δόσης του αζωτούχου λιπάσματος σε νιτρική μορφή μεταξύ των γραμμών σποράς, όταν τα φυτά έχουν ύψος 50-60 εκατοστά.

➤ ΑΡΔΕΥΣΗ

Το νερό είναι από τους βασικότερους παράγοντες για την ανάπτυξη του αραβόσιτο και έχει μεγάλες απαιτήσεις που κυμαίνονται από 400-800 χιλιοστά στη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, αυξάνουν με την ηλικία και είναι μεγαλύτερες κατά την διάρκεια της άνθησης. Για τα ελληνικά δεδομένα η άρδευση είναι αναγκαία στο διάστημα Ιουλίου-Αυγούστου που είναι το κρίσιμο στάδιο, πριν την άνθιση. Εάν υπάρχει άφθονο νερό γίνονται 6-10 αρδεύσεις με επιφανειακή εφαρμογή ή με τεχνητή βροχή. Ο αραβόσιτος χρησιμοποιεί 32 χιλιογραμμάρια νερού για την παράγωγη ενός χιλιογραμμαριού ξηρής ουσία των υπέργειων μερών (Δαλιάνης, 1999).

➤ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ

Η συγκομιδή του αραβοσίτου γίνεται, όταν ο καρπός έχει υγρασία 20-30% ανάλογα με τα χρησιμοποιούμενα μέσα. Τα μέσα μηχανικής συγκομιδής που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι οι συλλεκτικές σπαδικών και οι συλλεκτικές αλωνιστικές μηχανές. Οι πρώτες μπορούν να συγκομίζουν 2 ή περισσότερες γραμμές ταυτόχρονα, αποσπούν τους σπάδικες από τα στελέχη και απομακρύνουν τα βράκτια. Στη συνέχεια οι σπάδικες ξηραίνονται κάτω από φυσικές συνθήκες σε αλώνια ή σε ειδικά υπόστεγα ξήρανσης. Όψιμη συγκομιδή δημιουργεί υλικό τόσο ξηρό ώστε να μην στοιβάζεται καλά για να εκδιωχθεί ο αέρας, πράγμα που είναι απαραίτητο για την επιτυχία της ενσίρωσης (Kirpps, 1970).

➤ ΕΧΘΡΟΙ ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ

Τα έντομα που προκαλούν ζημιές στον αραβόσιτο μπορούν να χωριστούν σε τρεις κατηγορίες. Σε έντομα υπέργειων μερών του φυτού, σε έντομα υπόγειων μερών και σε έντομα αποθήκης (Δαλιάνης, 1999).

- Εχθροί:
 - Έντομα υπέργειων μερών: πράσινο σκουλήκι, σησάμια, πυραμίδα, λεπιδόπτερα, αφίδες φύλλων. Η ζημιά από το πράσινο σκουλήκι μπορεί να φτάσει μέχρι και το 50% της παραγωγής καρπού (Leonard et al, 1963).
 - Έντομα υπόγειων μερών: σιδηροσκώληκες, αγροτίδες, αφίδες ριζών.
 - Έντομα αποθηκών: σκώρος σίτου, σιτοτρώγος, εφέστια, πλόντια, ψείρα σίτου, ψείρα ρυζιού κ.α.

- Ασθένειες:
 - Τήξεις των σπόρων και των νεαρών φυτών που οφείλονται σε προσβολές από διάφορους μύκητες πριν ή μετά την βλάστηση των σπόρων.

- Σήψη στελέχους από μύκητες ή βακτήρια με αποτέλεσμα το πλάγιασμα τους.
- Σήψεις σπαδικών και σπόρων από μύκητες.
- Κοινός άνθρακας του αραβοσίτου που προσβάλλει σχεδόν όλα τα υπέργεια μέρη του φυτού σχηματίζοντας όγκους και άνθρακας των ταξιανθιών.
- Τα φύλλα προσβάλλονται από ελμινθοσποριώσεις, σκωρίαση και βακτηριακή κηλίδωση.

3.2 Σπανάκι



Φυτό σπανακιού

3.2.1 Εισαγωγή

Το σπανάκι ανήκει στη τάξη Καρυοφυλλώδη και στην οικογένεια των Χηνοποδιοειδών (Chenopodiaceae). Καλλιεργείται κυρίως στην Ευρώπη και τη Βόρεια Αμερική, ενώ η καταγωγή του είναι από την Ασία. Ανήκει στα πράσινα, φυλλώδη λαχανικά με πολλές θρεπτικές ουσίες και λίγες θερμίδες. Είναι μονοετές ή

διετές φυτό και καλλιεργείται για τα παχιά τριγωνικά φύλλα του. Υπάρχουν αρκετές ποικιλίες σπανακιού. Στην Ελλάδα οι πιο γνωστές είναι το κοινό σπανάκι, η πριγκίπισσα Τζουλιάνα, το κοντό σπανάκι και το πλατύφυλλο Άργους. Έχουν αναπτυχθεί και κάποια υβρίδια για μεγαλύτερη παραγωγή. Το σπανάκι έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε σίδηρο, σε βιταμίνες Α, C, E και K, σε χλωροφύλλη, άλατα ιωδίου και σαπωνίνες. Είναι πολύ καλό για την σωστή λειτουργία του εντέρου και κατά της αναιμίας.

3.2.2 Μορφολογία

Το ύψος του φυτού φτάνει μέχρι τα 30 εκατ.. Έχει ρίζα μικρή, θυσαννώδη και τα φύλλα βγαίνουν αμέσως μετά το χρώμα σαν ροζέτα.

Ο βλαστός αναπτύσσεται εντονότερα όταν η διάρκεια της ημέρας είναι μεγάλη και η θερμοκρασία υψηλή και φέρει πάνω του μία ταξιανθία με μικρά άνθη, τα οποία γονιμοποιούνται σταυρωτά με τη βοήθεια του ανέμου. Ο καρπός του σπανακιού είναι ένα πολύ μικρό μονόσπερμο καρύδι που μερικές φορές φέρει αγκαθωτό περίβλημα.

Τα φύλλα του σπανακιού είναι απλά, ωοειδή με τριγωνική βάση, κατ' εναλλαγή, με πολύ μεταβλητό μέγεθος από περίπου 20-30 εκατ., με μεγαλύτερα φύλλα στη βάση του φυτού και μικρά φύλλα ψηλά στο στέλεχος. Ως προς την υφή των φύλλων, το σπανάκι χαρακτηρίζεται ως σαβόι (με ζαρωμένο φύλλο), ημι-σαβόι ή επίπεδο και η υφή επιλέγεται μαζί με το σχήμα του φύλλου. Η υφή του φύλλου μεταβάλλεται ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης. Στο σπανάκι, υπάρχει ποικιλία στο χρώμα και αυτό μπορεί να επιλεγεί ανάλογα με τον τρόπο χρήσης και κατανάλωσης του. Συνήθως προτιμάται το σκούρο πράσινο χρώμα φύλλου. Το σκουρότερο χρώμα επίσης αποδίδεται σε υψηλότερη θρεπτικά αξία. Τα λουλούδια του σπανακιού είναι δυσδιάκριτα, κίτρινου-πράσινου χρώματος με διάμετρο 3-4 mm.

3.2.3 Καλλιέργεια

Το σπανάκι είναι χειμωνιάτικο φυτό, ταχύτατης βλάστησης. Η σπορά του γίνεται από το φθινόπωρο ως την άνοιξη διαδοχικά, για να υπάρχει συνέχεια συγκομιδή. Ο σπόρος ρίχνεται συνήθως «στα πεταχτά» ή οργανωμένα σε σειρές. «Στα πεταχτά» ο σπόρος ρίχνεται και σκεπάζεται σε βάθος 1,5-2,5 εκατ. Μετά τη σπορά ακολουθεί βοτάνισμα για καταστροφή ζιζανίων και σπάνια ποτίσματα (συνήθως την άνοιξη). Η συγκομιδή των φυτών αρχίζει μόλις αποκτήσουν 4-6 φύλλα, οπότε γίνεται και το

αραιώμα. Σε σειρές: σε κάθε σειρά, βάζουμε 3 με 4 σπόρους. Το βάθος σποράς πρέπει να είναι περίπου 1 εκατ. Ο κάθε σειρά θα πρέπει να απέχει 30 με 40 εκατ. Οι σπόροι, ανάλογα με την ποικιλία και τη θερμοκρασία του εδάφους, βλαστάνουν σε 6 με 21 ημέρες και ωριμάζουν 40-50 ημέρες μετά την σπορά.

3.2.4 Οικολογικές απαιτήσεις

Το σπανάκι προτιμά περιοχές που έχουν δροσερή και υγρή άνοιξη, ξηρά και δροσερά καλοκαίρια (οι θερμοκρασίες δεν πρέπει να υπερβαίνουν συνήθως τους 24 °C) και σχετικά ξηρό φθινόπωρο για τη συγκομιδή. Ο καλοκαιρινός καιρός, όπου η θερμοκρασία υπερβαίνει τους 28 °C, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της επικονίασης και της πρώιμης ανάπτυξης του σπόρου, μπορεί να μειώσει δραματικά τους ρυθμούς φυτρώματος, το μέγεθος του σπόρου και τις αποδόσεις. Επάνω από τους -8°C, οι καταστροφές είναι συνήθως ελάχιστες. Κάτω από τους -9 με -10 °C, οι καταστροφές μπορεί να είναι σοβαρές και μπορεί να χαθεί η σοδειά. Στο πεδίο θερμοκρασιών -8 με -10 °C, οι καταστροφές είναι μεταβλητές και επιτρέπουν την επιλογή των λιγότερο κατεστραμμένων φυτών.

Το σπανάκι, που καλλιεργείται για σπόρο, μπορεί να φυτευτεί σε μια ποικιλία εδαφών, αλλά τα εδάφη πρέπει να είναι καλά αποστραγγισμένα για να αποφεύγονται τα προβλήματα σήψης της ρίζας. Το pH του εδάφους πρέπει να διατηρείται επάνω από το 6, καθώς το σπανάκι είναι ευαίσθητο στα όξινα εδάφη. Στις καλλιέργειες για σπόρο, η ποσότητα του διαθέσιμου αζώτου δεν πρέπει να είναι πολύ υψηλή, για να αποφύγουμε την υπερβολική βλαστική ανάπτυξη, πριν από το σκίρτημα, καθώς αυτό ευνοεί τη συγκέντρωση μάζας του φυτού, κατά τη διάρκεια της παραγωγής του σπόρου. Καλοδιατηρημένα εδάφη, με υψηλή περιεκτικότητα σε μαυρόχρωμα (χούμος) και μικροβιακούς πληθυσμούς παρέχουν τα αναγκαία θρεπτικά συστατικά και το νερό για την μακρά εποχή παραγωγής του σπόρου. Το σπανάκι είναι κάπως ανεκτικό στην αλμυρότητα και πολύ ανεκτικό στα αλκαλικά εδάφη, αν και μπορεί να χρειαστούν εφαρμογές φυλλώδους λιπάσματος σε αλκαλικά εδάφη, για να εξουδετερωθεί η μείωση της διαθεσιμότητας πολύ μικρών (micro) θρεπτικών συστατικών, όπως το μαγνήσιο, σε εδάφη με υψηλό pH. (<http://scienceingreece.blogspot.com/>). Στις καλλιέργειες που καλλιεργούνται για κατανάλωση η ανάγκη για άζωτο είναι μεγάλη, για να αναπτύξουν πλούσιο φύλλωμα

και βαθύ πράσινο χρώμα. Η συνηθισμένη λίπανση είναι 2-3 τόνους κοπριά στο στρέμμα πριν τη σπορά. Αν η κοπριά δεν είναι αρκετή, συνοδεύεται από χημικά λιπάσματα (25-30 κιλά θειική αμμωνία, 30-40 κιλά υπερφοσφορικό και 15-20 κιλά καλιούχο στο στρέμμα).

3.2.5 Εχθροί και Ασθένειες

Οι κυριότεροι εχθροί του σπανακιού είναι αφίδες λαχανικών, οι κάμπιες των λεπιδόπτερον Pieris brassicae και το πράσινο σκουλήκι και οι κυριότερες ασθένειες είναι ο περονόσπορος, η ανθράκωση, η κηλίδωση των φύλλων, η βερτισιλλίωση και το μωσαικό.

4 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

4.1 Έδαφος

Το έδαφος που χρησιμοποιήθηκε για την πραγματοποίηση του πειραμάτων θερμοκηπίου συλλέχθηκε από το Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας που βρίσκεται στο Βελεστίνο.

4.2 Υλικά προσρόφησης

4.2.1 Ζεόλιθος

Ο ζεόλιθος (κλινοπτινόλιθος) που χρησιμοποιήθηκε ήταν της εταιρείας S & B Company (Greece), τα χαρακτηριστικά του οποίου δίνονται στον πίνακα 1.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα χημικά συστατικά και η ειδική επιφάνεια του Κλινοπτιλόλιθου.

SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	SSA
66,98%	13,31%	0,98%	0,87%	3,43%	0,53%	0,78%	30,7m ² g ⁻¹

4.2.2 Μπετονίτης

Ο μπετονίτης που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα αγοράστηκε έτοιμος από την εταιρεία Argilometalic Lot.

Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του Μπετονίτη

E.C.	Specific Surface	Cu	Mn	Ca	Mg
65,57Mmol ⁻¹ g ⁻¹	616,4 m ² g ⁻¹	27,1ppm	972ppm	2,12%	1,51%

4.2.3 Γκαιτίτης

Ο γκαιτίτης (FeOOH) παρασκευάστηκε με την μέθοδο Schwertmann και Cornell (2000) και τα δύο συστήματα ζεόλιθου - γκαιτίτη με την μέθοδο Dimirkou et al. (2009).

Παρασκευή γκαιτίτη από συστήματα Fe³⁺

Για την παρασκευή του γκαιτίτη χρησιμοποιήθηκε η παρακάτω μέθοδος. Αρχικά παρασκευάστηκαν τα παρακάτω διαλύματα:

- A) 1M νιτρικού σιδήρου το οποίο παρασκευάζεται διαλύοντας ένυδρο νιτρικό σίδηρο σε δισαπεσταγμένο νερό.
- B) 5M KOH

Από το διάλυμα A λαμβάνονται 50ml και τοποθετούνται σε φιάλη από πολυαιθυλένιο χωρητικότητας ενός λίτρου και εν συνεχεία προστίθενται γρήγορα 90ml από το διάλυμα B. Αμέσως εμφανίζεται κεραμέρυθρο ίζημα. Η φιάλη συμπληρώνεται με δισαπεσταγμένο νερό μέχρι την συμπλήρωση του ενός λίτρου και αφήνεται στους 70°C για εξήντα ώρες. Κατά την διάρκεια αυτής της περιόδου το καστανέρυθρο ίζημα του σιδηρο-υδρίτη μετατρέπεται σε ένα συμπαγές ωχροκίτρινο ίζημα οξειδίου του σιδήρου.

Στη συνέχεια το ίζημα αυτό διηθείται και στη συνέχεια ξεπλένεται με δισαπεσταγμένο νερό μέχρις ότου το νερό που διηθείται να είναι εντελώς καθαρό. Το στερεό που προκύπτει από τη διήθηση αφήνεται να στεγνώσει και στη συνέχεια ομογενοποιείται με την χρήση γουδιού. Το τελικό προϊόν είναι ένα ωχροκίτρινο λεπτόκοκκο υλικό.



Σύστημα I (εν τω γενέσθαι)

Για την παρασκευή του συστήματος I αρχικά ζυγίστηκαν 20gr ζεόλιθου τα οποία τοποθετήθηκαν σε φιάλη 1 λίτρου μαζί με 50ml $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 1M και 80ml KOH 5M. Η φιάλη συμπληρώνεται με δισαπεσταγμένο νερό μέχρι την συμπλήρωση όγκου ενός λίτρου. Το σύστημα αφήνεται στους 70°C για 310 ώρες. Μετά το πέρας του καθορισμένου χρονικού διαστήματος το διάλυμα διηθείται και καθαρίζεται με δισαπεσταγμένο νερό μέχρι τελικής διαύγειας του διηθούμενου νερού. Τέλος το διήθημα αφήνεται να στεγνώσει για τρεις ημέρες στους 40°C και στη συνέχεια παραλαμβάνεται το στερεό σύστημα. Το σύστημα I έχει χρώμα καστανέρυθρο.



Σύστημα II

Για την παρασκευή του συστήματος II αρχικά προστίθεται σε φιάλη ενός λίτρου 50ml $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ και 90ml KOH και συμπληρώνουμε με δισαπεσταγμένο νερό μέχρι συμπλήρωσης ενός λίτρου. Το μείγμα αφήνεται στους 70°C για 92 ώρες. Στη συνέχεια αφαιρούνται 100ml από την φιάλη και προστίθενται 20gr ζεολίθου. Το

μείγμα αφήνεται για άλλες 100 ώρες στην ίδια θερμοκρασία και στη συνέχεια διηθείται. Το διήθημα ξεπλένεται καλά για δύο μέρες και στη συνέχεια αφήνεται στο πυριαντήριο για άλλες δύο μέρες στους 40°C. Το διήθημα που προκύπτει είναι χρώματος κίτρινου.



4.3 Πειράματα θερμοκηπίου

4.3.1 Περιοχή Μελέτης

Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν τις περιόδους Μάιο - Ιούνιο 2010, Απρίλιο – Ιούλιο 2011 και Σεπτέμβριο – Νοέμβριο 2011 στο θερμοκήπιο της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.



4.3.2 Πείραμα

Ο κύκλος πειραμάτων πραγματοποιήθηκε την περίοδο Μάιο - Ιούνιο 2010 σε φυτοδοχεία στο θερμοκήπιο.

Χρησιμοποιήθηκε έδαφος το οποίο συλλέχθηκε από το Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας που βρίσκεται στο Βελεστίνο.

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε τρεις επαναλήψεις και είχε σκοπό τη μελέτη της αποτελεσματικότητας των εδαφοβελτιωτικών στην κατακράτηση νιτρικών και αμμωνιακών ιόντων καθώς και του τρισθενούς και εξασθενούς χρωμίου στις καλλιέργειες του αραβόσιτου και του σπανακιού.

Το πειραματικό περιελάμβανε :

- Έναν τύπο εδάφους
- Δυο δόσεις νιτρικών και αμμωνιακών ιόντων
 - 30Kg/στρ και 60Kg/στρ για την καλλιέργεια του σπανακιού
 - 40 Kg/στρ και 80Kg/στρ για την καλλιέργεια του αραβόσιτου

➤ Έξι εδαφοβελτιωτικά

Τα εδαφοβελτιωτικά που προστέθηκαν ήταν :

1. Ο ζεόλιθος (Z) - 1g/kg εδάφους
2. Ο μπεντονίτης (B) - 1g/kg εδάφους
3. Το σύστημα ζεόλιθος – μπετονίτης σε αναλογία 3:1 - 1g/kg εδάφους
4. Ο γκαιτίτης (G) - 0,2g/kg εδάφους
5. Το σύστημα ζεόλιθος - γκαιτίτης κίτρινος (Z-GY) - 0,2g/kg εδάφους
6. Το σύστημα ζεόλιθος - γκαιτίτης κόκκινος (Z-GR) - 0,2g/kg εδάφους

Η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του πειράματος στο θερμοκήπιο κυμαινόταν μεταξύ 25 – 35°C.

4.3.3 Θερμοκήπιο

Η εφαρμογή του αζώτου και η ενσωμάτωση των υλικών έγινε στις 6/5/2010. Η σπορά στο θερμοκήπιο πραγματοποιήθηκε στις 10/5/2010 σε φυτοδοχεία τα οποία περιείχαν περίπου 1Kg έδαφος. Ο τύπος του εδάφους που χρησιμοποιήθηκε σε όλα τα φυτοδοχεία ήταν ο ίδιος. Το βάθος σποράς των σπόρων των φυτών ήταν επιφανειακό περίπου πέντε εκατοστών. Τα φυτά αρδεύονταν κανονικά ενώ τοποθετήθηκαν ειδικοί δίσκοι στο κάτω μέρος των φυτοδοχείων για την διατήρηση των απαραίτητων συνθηκών υγρασίας.

Η κοπή πραγματοποιήθηκε στις 10/6/10 για το αραβόσιτος και στις 28/6/2010 για το σπανάκι. Χρειάστηκαν 94 επεμβάσεις από τις οποίες στις 72 έγινε η προσθήκη εδαφοβελτιωτικού.

Το πειραματικό σχέδιο της μελέτης στο θερμοκήπιο φαίνεται στους πίνακες, (Παράρτημα).

4.4 Μέθοδοι Ανάλυσης

4.4.1 Προσδιορισμός νιτρικών ιόντων με την μέθοδο της Ιοντικής Χρωματογραφίας

Ο προσδιορισμός πραγματοποιήθηκε με τη χρησιμοποίηση της στήλης προσδιορισμού ανιόντων τύπου IC Anion Column Metrosep Dual 2, 6.1006.100. Η στήλη περιέχει προστήλη για την συγκράτηση στερεών, τύπου PRP-1. Η στήλη αποτελείται από πολυμεθακρυλικό άλας με τεταρτοταγείς αμμωνιακές βάσεις.

Ο προσδιορισμός των νιτρικών ιόντων έγινε με ροή εκλουστικού διαλύματος 0,8ml/min και με τιμή πίεσης 37-40 bar.

Για να αποφευχθούν τα λάθη και η καταστροφή της στήλης, κατά την διάρκεια της μέτρησης, το κάθε δείγμα διήρχετο από φίλτρο διαμέτρου 0,45μm.

Το εκλουστικό διάλυμα το οποίο χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό των νιτρικών ιόντων αποτελείτο από :

1,3 mmol/L ανθρακικού νατρίου, υψηλής καθαρότητας + 2 mmol/L όξινου ανθρακικού νατρίου. Ο χρόνος απόδοσης των νιτρικών ιόντων στο χρωματογράφημα ήταν 10,5 λεπτά της ώρας από την στιγμή εισόδου του δείγματος.

4.4.2 Προσδιορισμός νιτρικού αζώτου σε δείγματα εδαφών και φυτικών ιστών

Εξοπλισμός

- Στήλη καδμίου αναγωγής νιτρικών
- Φασματοφωτόμετρο μοριακής απορρόφησης UV-VIS, με μονοχρωμάτορα διπλής δέσμης και λάμπα δευτερίου
- Παλινδρομικός ανακινητήρας
- Φυγόκεντρος
- Χωνιά διήθησης
- Φίλτρα κοινού ηθμού ή Whatman no 42
- Dispenser ρυθμιζόμενου όγκου με ονομαστικό όγκο 10ml και 50ml
- Ρυθμιζόμενη πιπέτα 0,5-5ml

- Ποτήρια ζέσεως των 500ml
- Ογκομετρικοί κύλινδροι 100ml και 500ml
- Σιφόνιο μιας χαραγής των 1, 2, 5, 10 και 50ml Class A
- Σιφόνιο μιας χαραγής των 20ml Class A
- Ογκομετρικές φιάλες 100, 250, 500, 1000, 2000 και 5000 ml Class A
- Πλαστικοί σωλήνες φυγοκέντρωσης με πάμα

Αντιδραστήρια

- Νερό
- Εκχυλιστικό KCl 2M
- Επιχαλωμένο κάδμιο
- Πυκνό διάλυμα NH₄Cl
- Αραιό διάλυμα NH₄Cl
- Αντιδραστήριο Diazotizing
- Αντιδραστήριο Coupling
- Stock διάλυμα , 50 mg NO₃⁻ -N /l
- Πρότυπο διάλυμα, 2 mg NO₃⁻ -N /l
- Πρότυπα διαλύματα βαθμονόμησης NO₃⁻ -N

Πορεία (για δείγματα εδάφους)

Εκχύλιση

4g ακατέργαστου δείγματος εδάφους και 40ml εκχυλιστικού μεταφέρονται σε πλαστική φιάλη φυγοκέντρωσης των 50ml και ακολουθεί ανακίνηση σε μηχανικό ανακινητήρα για 1 ώρα. Στην συνέχεια τα δείγματα φυγοκεντρούνται για 5min στις 2000rpm. Το υπερκείμενο υγρό από κάθε δείγμα διηθείτε με ηθμό Whatman no. 42 και τέλος το διήθημα μεταφέρετε σε ψυγείο στους 2 °C - 8 °C.

Υπολογισμοί – Έκφραση αποτελεσμάτων

Η περιεκτικότητα του εδαφικού δείγματος σε νιτρικό άζωτο, C_{NO_3-N} , σε mg/ kg ξηρού, υπολογίζεται από τον τύπο :

$$C_{NO_3-N} \text{ (mg/ kg ξηρού)} = ((100+W_{H_2O}) \cdot V_{KCl} \cdot a) / (V_s \cdot w) \text{ όπου}$$

V_{KCl} : ο όγκος, σε ml, του εκχυλιστικού KCl 2M (συνήθως 40 ml)

a : η συγκέντρωση, σε mg/ l, του εκχυλίσματος

w : η μάζα, σε g, του ακατέργαστου δείγματος

W_{H_2O} : η % υγρασία , του ακατέργαστου δείγματος

V_s : ο όγκος, σε ml, του διηθήματος που εισάγεται στη στήλη(συνήθως 2ml)

Πορεία (για φυτικούς ιστούς)

Εκχύλιση

0,1g δείγματος φυτικού ιστού και 40ml απιονισμένου νερού μεταφέρονται σε πλαστική φιάλη φυγοκέντρωσης των 50ml και γίνεται ανακίνηση σε μηχανικό ανακινητήρα για 1 ώρα. Στην συνέχεια τα δείγματα φυγοκεντρούνται για 5min στις 2000rpm. Το υπερκείμενο υγρό από κάθε δείγμα διηθείτε με ηθμό Whatman no. 42 και τέλος το διήθημα μεταφέρετε σε ψυγείο στους 2 °C - 8 °C.

4.4.3 Προσδιορισμός αμμωνιακού αζώτου σε δείγματα εδαφών

Αρχή της μεθόδου

Εξοπλισμός

- Φασματοφωτόμετρο μοριακής απορρόφησης UV – VIS με κυψελίδες G – 1cm
- Μηχανικός ανακινητήρας
- Υδατόλουτρο, με δυνατότητα επίτευξης θερμοκρασίας 37°C ± 1 °C
- Γυάλινα χωνιά διαμέτρου 7cm
- Φίλτρα κοινού ηθμού ή Whatman no 42

- Dispenser ρυθμιζόμενου όγκου έως 50 ml
- Dispenser ρυθμιζόμενου όγκου έως 10 ml
- Ρυθμοζόμενη πιπέττα 0,5 – 5 ml
- Ογκομετρικές φιάλες 100 ml και 2000 ml Class B
- Ογκομετρικές φιάλες 25 ml, 250 ml, 2000 ml Class A
- Ποτήρια ζέσεως των 200 ml & 500 ml
- Πιπέττες 5 και 10 ml
- Σιφόνια μιας χαραγής 1-2-5-10 ml Class A
- Πλαστικοί σωλήνες φυγοκέντρησης των 50 ml με πώμα

Αντιδραστήρια

- Νερό
- Εκχυλιστικό KCl 2M
- Διάλυμα Δ1 (7,813 gr sodium salicylate ($\text{NaC}_7\text{H}_5\text{O}_3$) και 0,125 gr sodium nitroprusside (disodium pentacyanonitrosylferrate) ($\text{Na}_2\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$) σε 100 ml νερό)
- Διάλυμα Δ2 (2,96g καυστικό νάτριο NaOH και 6,62g ένυδρου μονόξινου φωσφορικού νατρίου ($\text{Na}_2\text{HPO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ,10ml διαλύματος Clorox bleach σε 100 ml νερό)
- Διάλυμα EDTA (δινατριούχου αιθυλενοδιάμινο – τετραοξικού οξέως Na_2EDTA σε 100 ml νερό)
- Πρότυπο διάλυμα I, 100 mg NH_4^+ -N/l
- Πρότυπο διάλυμα II, 2 mg NH_4^+ -N /l
- Πρότυπα διαλύματα βαθμονόμησης NH_4^+ -N

Πορεία

4g ακατέργαστου δείγματος εδάφους και 40ml εκχυλιστικού μεταφέρονται σε πλαστική φιάλη φυγοκέντρησης των 50ml και ακολουθεί ανακίνηση σε μηχανικό ανακινητήρα για 1 ώρα. Στην συνέχεια τα δείγματα φυγοκεντρούνται για 5min στις

2000rpm. Το υπερκείμενο υγρό από κάθε δείγμα διηθείτε με ηθμό Whatman no. 42 και τέλος το διήθημα μεταφέρετε σε ψυγείο στους 2 °C - 8 °C.

Στην συνέχεια 5ml διηθήματος και 1ml διαλύματος EDTA μεταφέρονται σε ογκομετρική φιάλη των 25ml Class A και ακολουθεί ανάμιξη. Στη συνέχεια προστίθενται 4ml από το Διάλυμα Δ1, ακολουθεί ανακίνηση και αραιώση μέχρι όγκου περίπου 20ml με νερό. Επίσης, προστίθενται 2ml από το Διάλυμα Δ2 και γίνεται αραιώση μέχρις όγκου.

Οι ογκομετρικές φιάλες τοποθετούνται σε υδατόλουτρο 37°C±1°C για 30 λεπτά, προκειμένου να αναπτυχθεί το χρώμα. Στη συνέχεια, Οι ογκομετρικές φιάλες αφήνονται να κρυσώσουν για 10 λεπτά.

Υπολογισμοί – Έκφραση αποτελεσμάτων

Η περιεκτικότητα του εδαφικού δείγματος σε αμμωνιακά, C_{NH4-N}, σε mg/ kg ξηρού, υπολογίζεται από τον τύπο :

$$C_{NH4-N} \text{ (mg/ kg ξηρού)} = 0,05 \cdot (100 + W_{H2O}) \cdot V_{KCl} \cdot a/w \text{ όπου}$$

V_{KCl}: ο όγκος, σε ml, του εκχυλιστικού KCl 2M (συνήθως 40 ml)

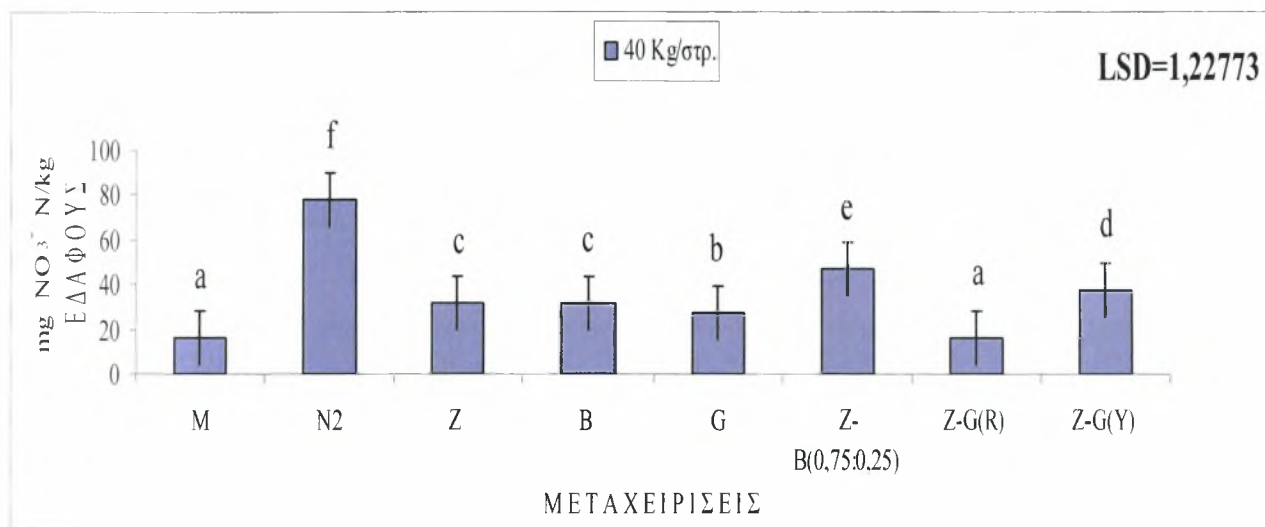
a : η συγκέντρωση, σε mg/ l, του δείγματος

w : η μάζα, σε g, του ακατέργαστου δείγματος

W_{H2O} : η % υγρασία , του ακατέργαστου δείγματος

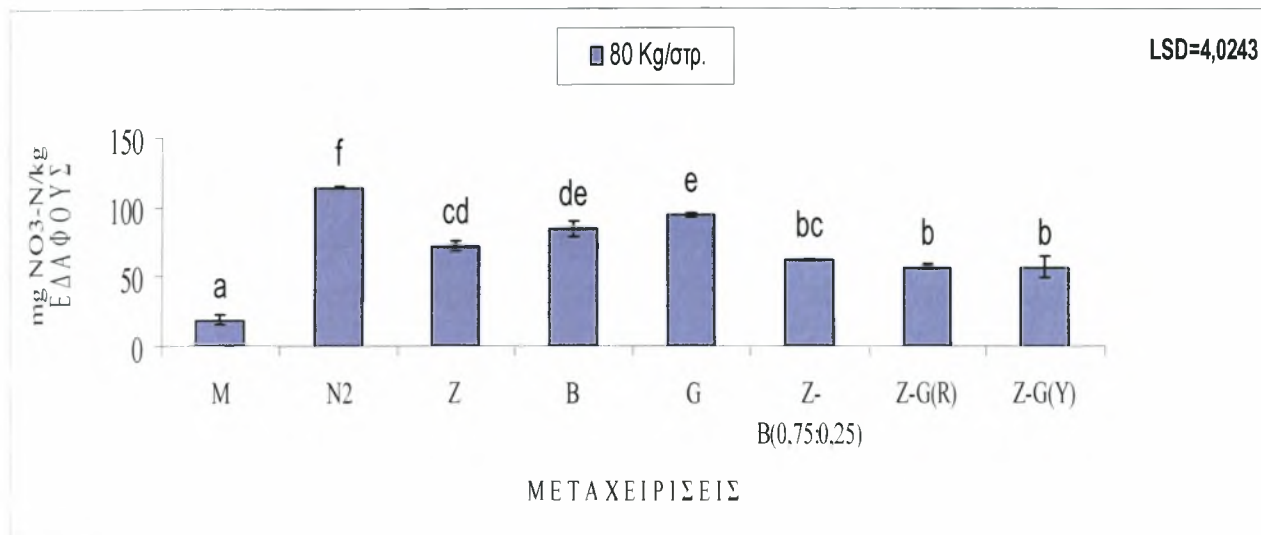
5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

5.1 Η επίδραση των εδαφοβελτιωτικών στην περιεκτικότητα νιτρικού αζώτου στο έδαφος όπου καλλιεργήθηκε αραβόσιτος.



Γράφημα 5.1.1 Η περιεκτικότητα του νιτρικού αζώτου στο έδαφος στο οποίο έχει προστεθεί N (40kg/στρέμμα) και έχουν χρησιμοποιηθεί εδαφοβελτιωτικά μετά την καλλιέργεια του αραβόσιτου.

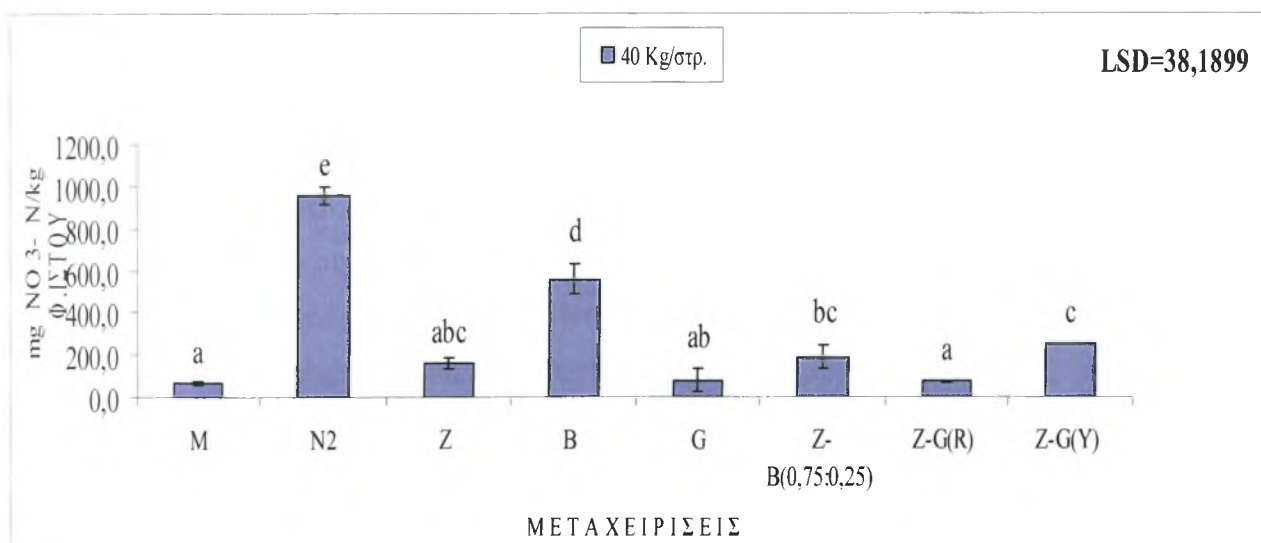
Η μέτρηση της περιεκτικότητας του νιτρικού αζώτου στο έδαφος στο οποίο είχε προστεθεί N (40kg/στρέμμα) και εδαφοβελτιωτικά πραγματοποιήθηκε 50 ημέρες μετά τη βλάστηση του αραβόσιτου. Από το διάγραμμα 5.1.1 φαίνεται ότι το σύστημα ζεόλιθος – γκαϊτίτης κόκκινος (Z-G(R)) είχε την καλύτερη απόδοση καθώς η περιεκτικότητα του νιτρικού αζώτου στο έδαφος που είχε προστεθεί το σύστημα αυτό ήταν χαμηλότερη του μάρτυρα όπου δεν είχε προστεθεί νιτρικό άζωτο.



Γράφημα 5.1.2 Ποσότητα νιτρικού αζώτου στο έδαφος σε καλλιέργεια αραβόσιτου μετά τη χρήση εδαφοβελτιωτικών και την προσθήκη αζώτου σε δόση 60 kg/στρ.

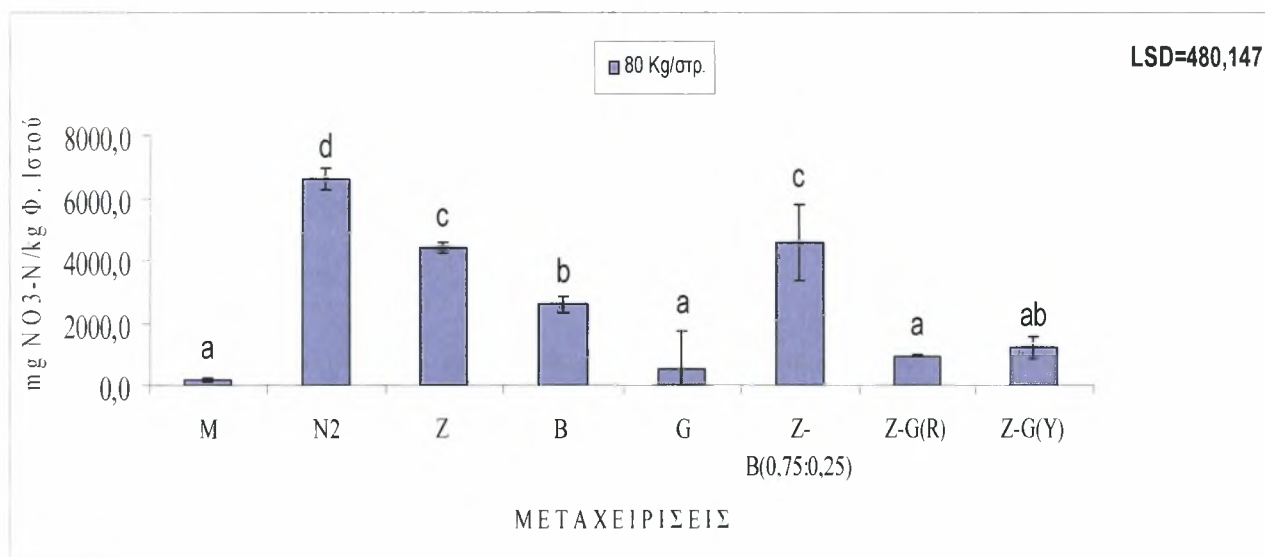
Αντίθετα η προσθήκη N (80 kg/στρέμμα) μείωσε την απόδοση όλων των εδαφοβελτιωτικών σε σύγκριση με την προσθήκη N (40 kg/στρέμμα). Την καλύτερη απόδοση στην δόση N (80 kg/στρέμμα) είχαν τα δύο συστήματα Z-G(R) και Z-G(Y) και την χειρότερη ο γκαϊτίτης.

5.2 Η επίδραση των εδαφοβελτιωτικών στην περιεκτικότητα του νιτρικού αζώτου στους φυτικούς ιστούς του αραβόσιτου.



Γράφημα 5.2.1 περιεκτικότητα του νιτρικού αζώτου στους φυτικούς ιστούς του αραβόσιτου μετά τη χρήση εδαφοβελτιωτικών και την προσθήκη αζώτου 40 kg/στρ.

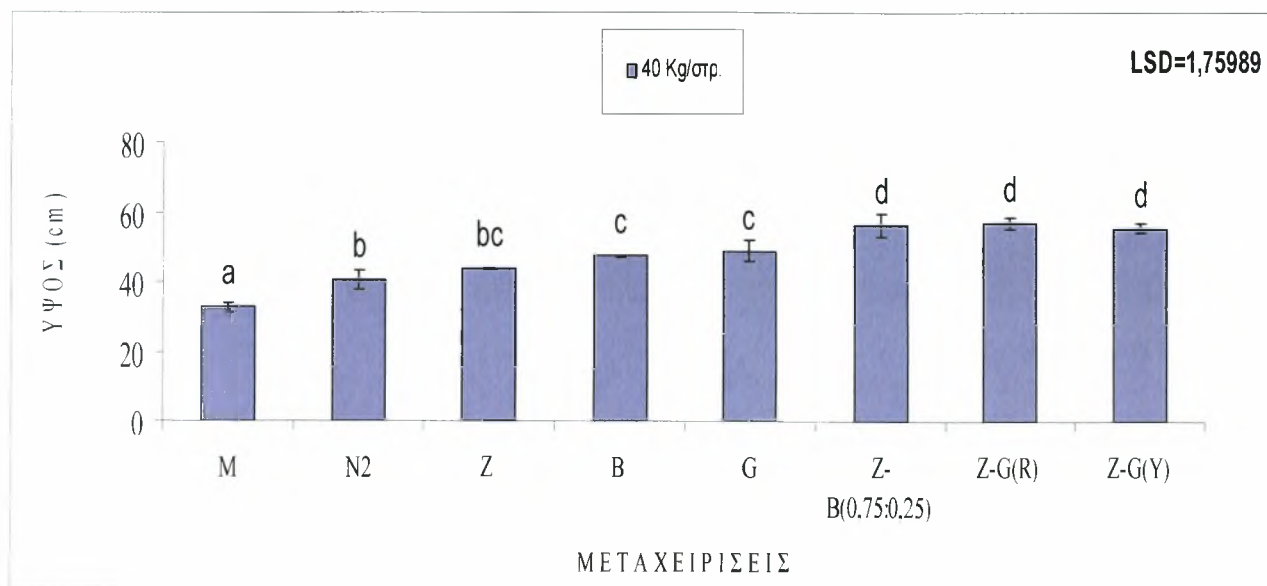
Από το γράφημα 5.2.1 προκύπτει ότι η χρήση ζεόλιθου, γκαϊτίτη και το σύστημα ζεόλιθου – γκαϊτίτη (red) είχαν τη μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα αφού η περιεκτικότητα του νιτρικού αζώτου που βρέθηκε ήταν περίπου ίση και μικρότερη της περιεκτικότητας του νιτρικού αζώτου στα φυτά αραβόσιτου όπου δεν είχε γίνει προσθήκη νιτρικού αζώτου. Αντίθετα ο μπετονίτης παρουσιάζει τη μικρότερη απόδοση όλων αφού η περιεκτικότητα του νιτρικού αζώτου στο φυτικό ιστό του αραβόσιτου ήταν αυξημένη. Παρατηρείται επίσης πως η προσθήκη του νιτρικού αζώτου επηρέασε πολύ το φυτό αφού απορρόφησε ένα πολύ μεγάλο μέρος.



Γράφημα 5.2.2 Η περιεκτικότητα του νιτρικού αζώτου στους φυτικούς ιστούς του αραβόσιτου μετά τη χρήση εδαφοβελτιωτικών και την προσθήκη αζώτου σε δόση 80 kg/στρ.

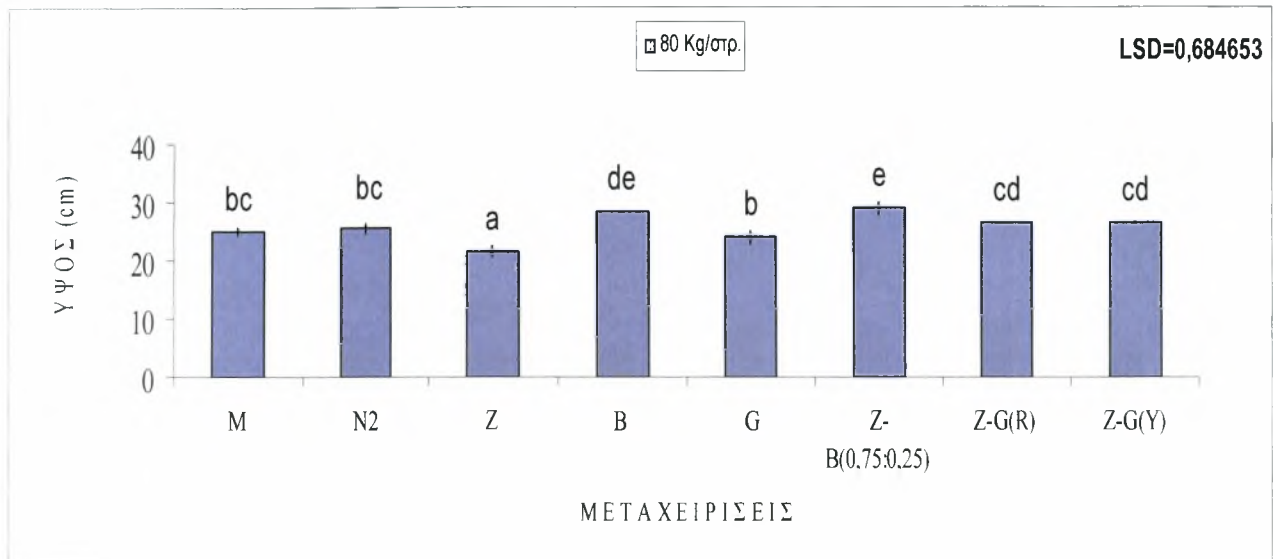
Από το γράφημα 5.2.2 προκύπτει ότι η εφαρμογή διπλάσιας ποσότητας νιτρικού αζώτου (60 kg/στρέμμα)είχε ως αποτέλεσμα την χαμηλότερη συγκέντρωση νιτρικού αζώτου στα φυτά στο χώμα των οποίων είχε προστεθεί γκαϊτίτης ή σύστημα ζεόλιθου – γκαϊτίτη (red). Ακολουθούν με φθίνουσα σειρά οι ζεόλιθος – γκαϊτίτης κίτρινος, μπετονίτης, ζεόλιθος και σύστημα ζεόλιθου – μπετονίτη 3:1.

5.3 Η επίδραση των εδαφοβελτιωτικών στο τελικό ύψος του αραβόσιτου.



Γράφημα 5.3.1 Ύψος φυτών μετά τη χρήση εδαφοβελτιωτικού και την προσθήκη αζώτου σε δόση 40 kg/στρ.

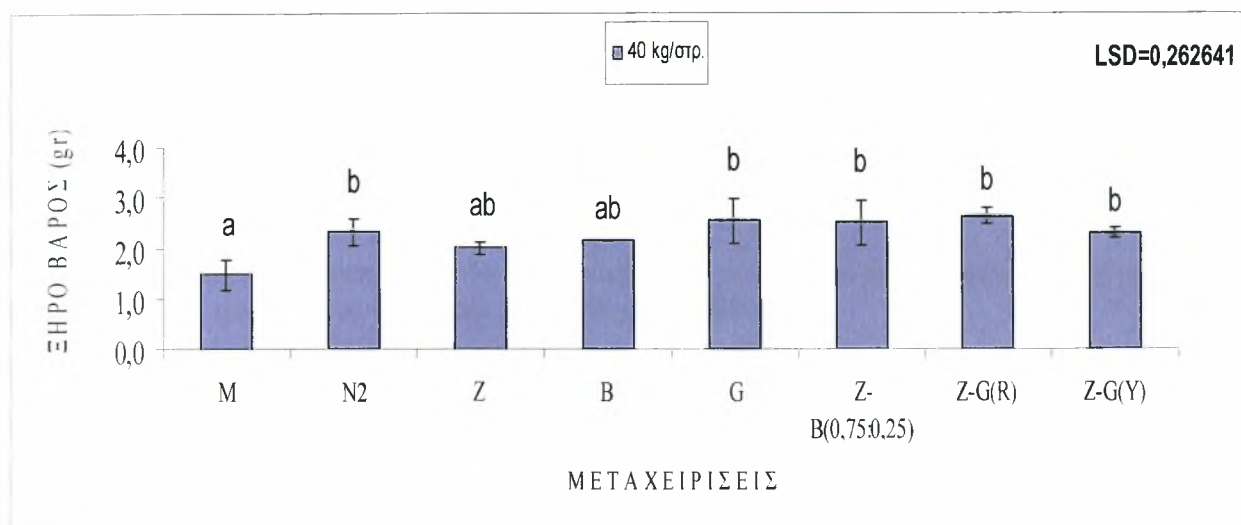
Από το γράφημα 5.3.1 προκύπτει ότι τα συστήματα ζεόλιθου – μπετονίτη 3:1 και ζεόλιθου – γκαϊτίτη είχαν τη μεγαλύτερη επίδραση στο ύψος των φυτών. Συγκρίνοντας τα με το μαρτυρά (M) παρατηρούμε ότι η διαφορά είναι μεγάλη. Αντίθετα μικρότερη επίδραση στο ύψος των φυτών είχαν τα υπόλοιπα εδαφοβελτιωτικά . Η προσθήκη του νιτρικού αζώτου σε δόση 40 kg/στρ. επηρέασε ελάχιστα την ανάπτυξη του φυτού δίχως τη χρήση των εδαφοβελτιωτικών.



Γράφημα 5.3.2 Τελικό ύψους φυτών μετά τη χρήση εδαφοβελτιωτικού και την προσθήκη αζώτου σε δόση 80 kg/στρ.

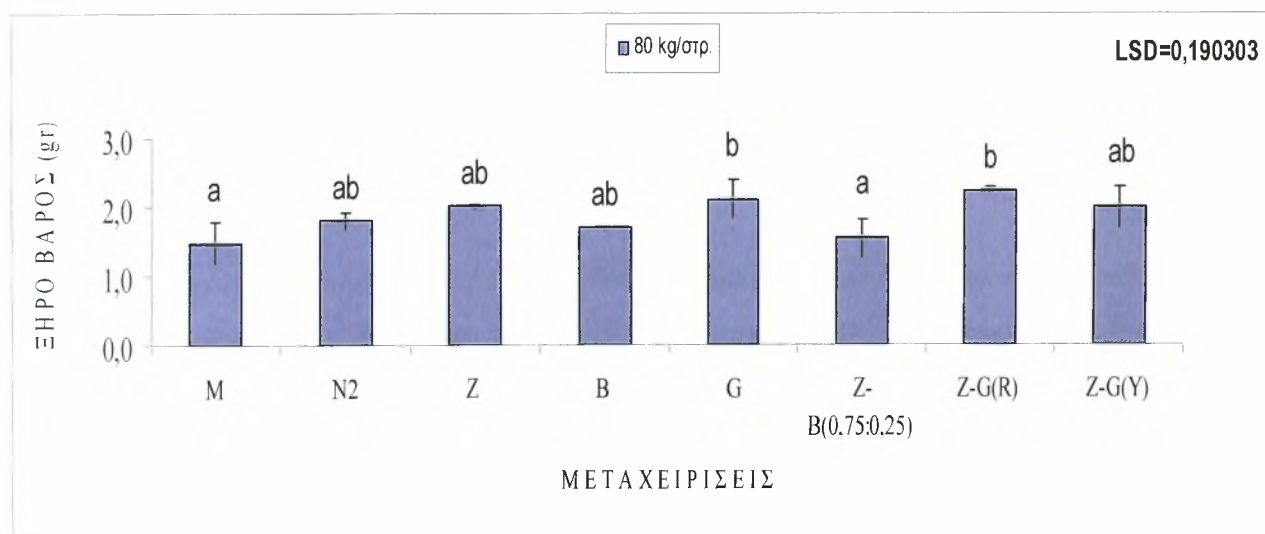
Από το γράφημα 5.3.2 προκύπτει ότι η χρήση των εδαφοβελτιωτικών στη δόση των 80 kg αζώτου ανά στρέμμα δεν είχε μεγάλη επίδραση. Η μεγαλύτερη διαφορά παρατηρήθηκε στη χρήση του συστήματος ζεόλιθου – μπετονίτη 3:1 όπου μετρήθηκε το μεγαλύτερο ύψους φυτού ενώ αρνητικό ήταν το αποτέλεσμα της χρήσης του ζεόλιθου αφού προέκυψαν φυτά με μικρότερο ύψος από αυτά του μάρτυρα. Η προσθήκη της συγκεκριμένης ποσότητας νιτρικού αζώτου (80 kg/στρ.) επηρέασε ελάχιστα το ύψος του φυτών στα οποία δεν έγινε χρήση εδαφοβελτιωτικών.

5.4 Η επίδραση των εδαφοβελτιωτικών στο ξηρό βάρος του αραβόσιτου.



Γράφημα 5.4.1 Ξηρό βάρος φυτών μετά τη χρήση εδαφοβελτιωτικού και την προσθήκη αζώτου σε δόση 40 kg/στρ.

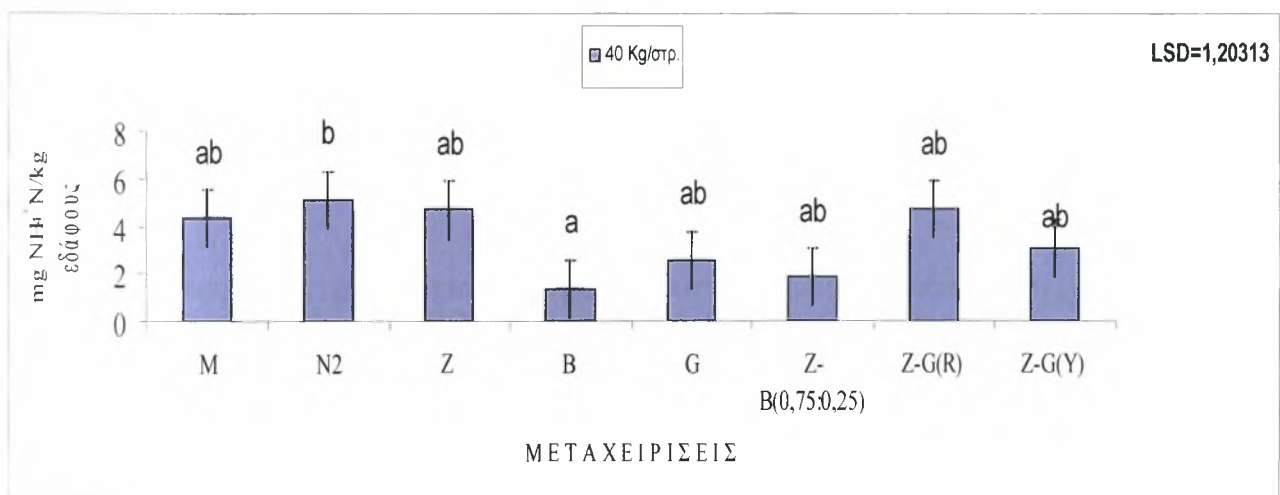
Από το γράφημα 5.4.1 προκύπτει ότι όλα τα εδαφοβελτιωτικά επέφεραν αύξηση του ξηρού βάρους του αραβόσιτου σε σύγκριση με το φυτό του μάρτυρα αλλά όχι σε σύγκριση με το φυτό στο οποίο είχε προστεθεί N αλλά όχι εδαφοβελτιωτικό.



Γράφημα 5.4.2 Ξηρό βάρος φυτών μετά τη χρήση εδαφοβελτιωτικού και την προσθήκη αζώτου σε δόση 80 kg/στρ.

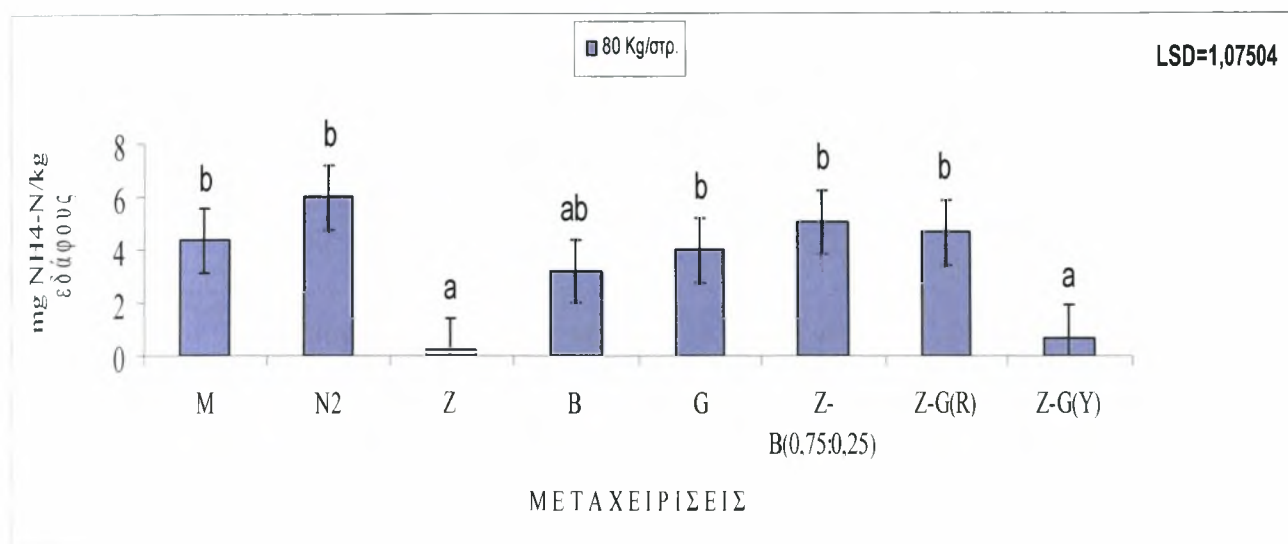
Από το γράφημα 5.4.2 προκύπτει ότι η προσθήκη του γκαϊτίτη και του συστήματος Z-G(R) σε έδαφος όπου καλλιεργήθηκε αραβόσιτος επέφεραν την μεγαλύτερη αύξηση βάρους των φυτών αραβόσιτου ενώ ακολουθούν το σύστημα Z-G(Y), ο ζεόλιθος και ο μπετονίτης. Το σύστημα ζεόλιθος – μπετονίτης 3:1 δεν επέφερε αύξηση του ξηρού βάρους του φυτού. Η συμπεριφορά του ήταν παρόμοια με αυτή του μάρτυρα.

5.5 Η επίδραση των εδαφοβελτιωτικών στην περιεκτικότητα αμμωνιακού αζώτου στο έδαφος όπου καλλιεργήθηκε αραβόσιτος.



Γράφημα 5.5.1 Η περιεκτικότητα του αμμωνιακού αζώτου στο έδαφος όπου καλλιεργήθηκε αραβόσιτος μετά τη χρήση εδαφοβελτιωτικών και την προσθήκη αζώτου σε δόση 40 kg/στρέμμα..

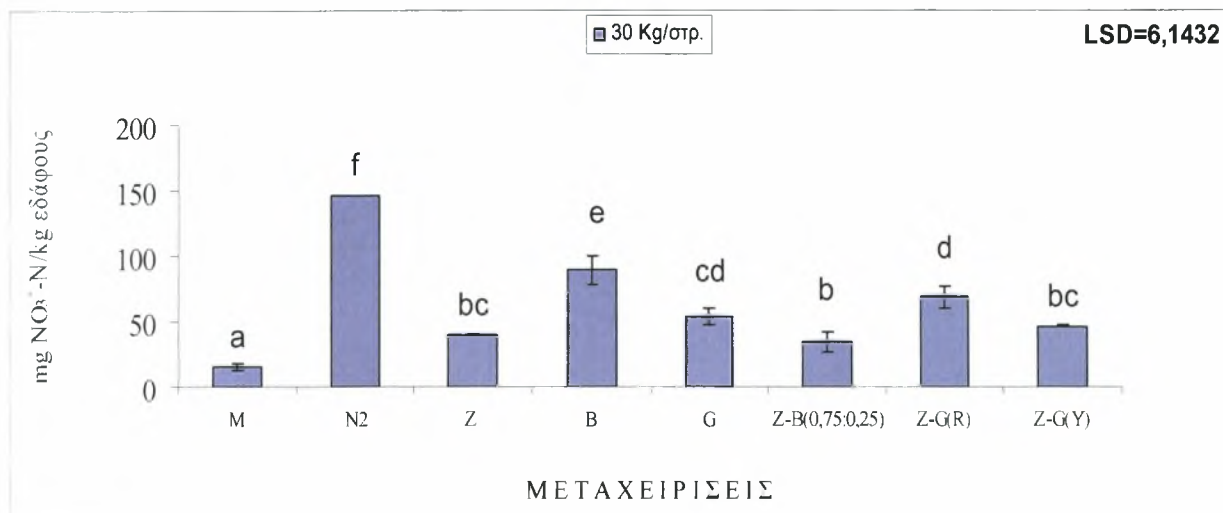
Το γράφημα 5.5.1 δείχνει ότι η χρήση του μπετονίτη μειώνει την περιεκτικότητα του αμμωνιακού αζώτου στο έδαφος. Ακολουθούν με φθίνουσα σειρά απόδοσης ο ζεόλιθος, ο γκαϊτίτης, τα συστήματα ζεόλιθου – γκαϊτίτη και το σύστημα ζεόλιθου – μπετονίτη 3:1



Γράφημα 5.5.2 Περιεκτικότητα αμμωνιακού αζώτου στο έδαφος όπου καλλιεργήθηκε αραβόσιτος μετά τη χρήση εδαφοβελτιωτικών και την προσθήκη 80 kg αζώτου ανά στρέμμα.

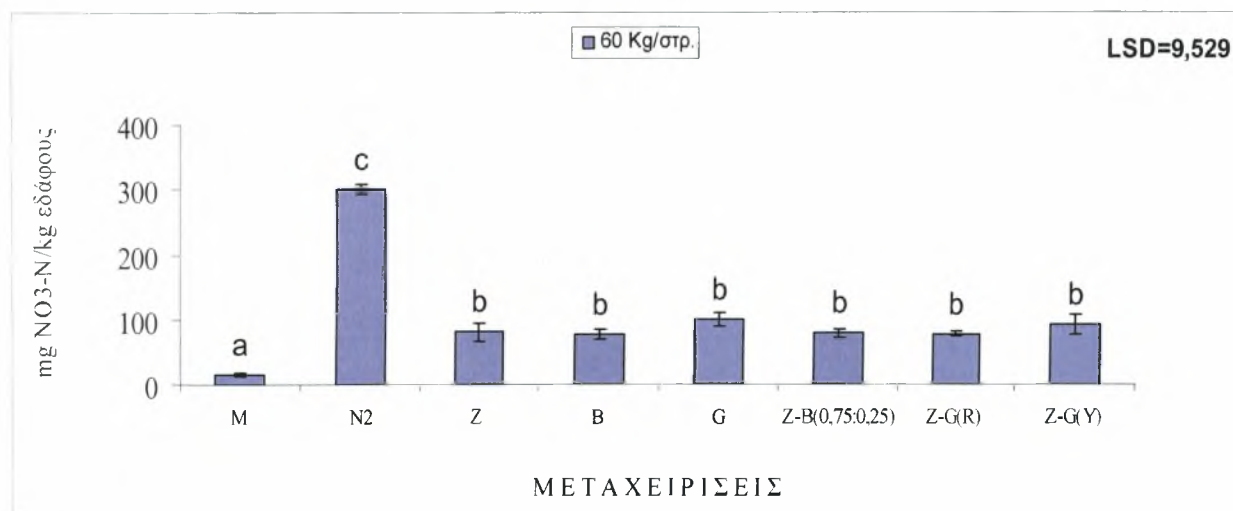
Η προσθήκη μεγαλύτερης δόσης αζώτου στο έδαφος και η προσθήκη ζεόλιθου ή του συστήματος ζεόλιθος – γκαιτίτης κίτρινος είχε ως αποτέλεσμα την δραστική μείωση των αμμωνιακών ιόντων στο έδαφος μετά την καλλιέργεια αραβόσιτου. Η προσθήκη των υπόλοιπων υλικών ακολούθησε την κάτωθι φθίνουσα σειρά ως προς την μείωση της συγκέντρωσης των αμμωνιακών ιόντων στο έδαφος: μπετονίτης, γκαιτίτης και τα δύο συστήματα ζεόλιθου – μπετονίτη.

5.6 Η επίδραση των εδαφοβελτιωτικών στην περιεκτικότητα του νιτρικού αζώτου στο έδαφος μετά την καλλιέργεια σπανακιού.



Γράφημα 5.6.1 Περιεκτικότητα του νιτρικού αζώτου στο έδαφος όπου καλλιεργήθηκε σπανάκι μετά τη χρήση εδαφοβελτιωτικών και την προσθήκη 30 κιλών αζώτου ανά στρέμμα.

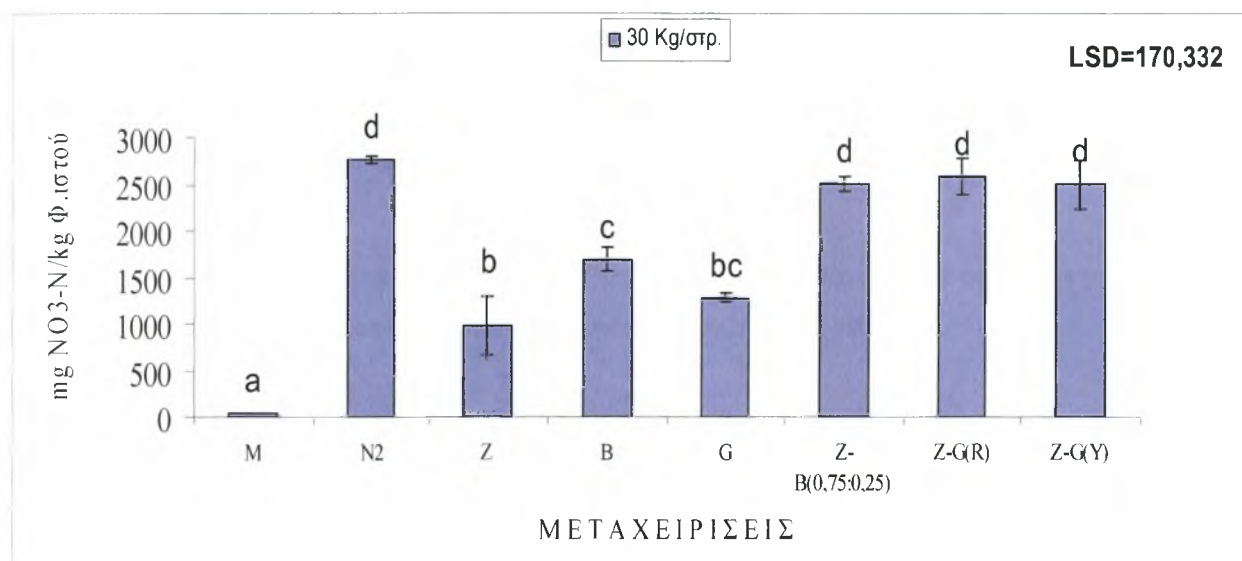
Από το γράφημα 5.6.1 προκύπτει ότι η χρήση του συστήματος ζεόλιθου – μπετονίτη 3:1, του ζεόλιθου και η χρήση του συστήματος ζεόλιθου – γκαϊτίτη (κίτρινο) είχαν μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στη μείωση του νιτρικού αζώτου στο έδαφος από ότι το σύστημα ζεόλιθου – γκαϊτίτη κόκκινου, του γκαϊτίτη και του μπετονίτη .



Γράφημα 5.6.2 Η περιεκτικότητα του νιτρικού αζώτου στο έδαφος όπου καλλιεργήθηκε σπανάκι μετά τη χρήση εδαφοβελτιωτικών και την προσθήκη αζώτου σε δόση 60 kg/στρ.

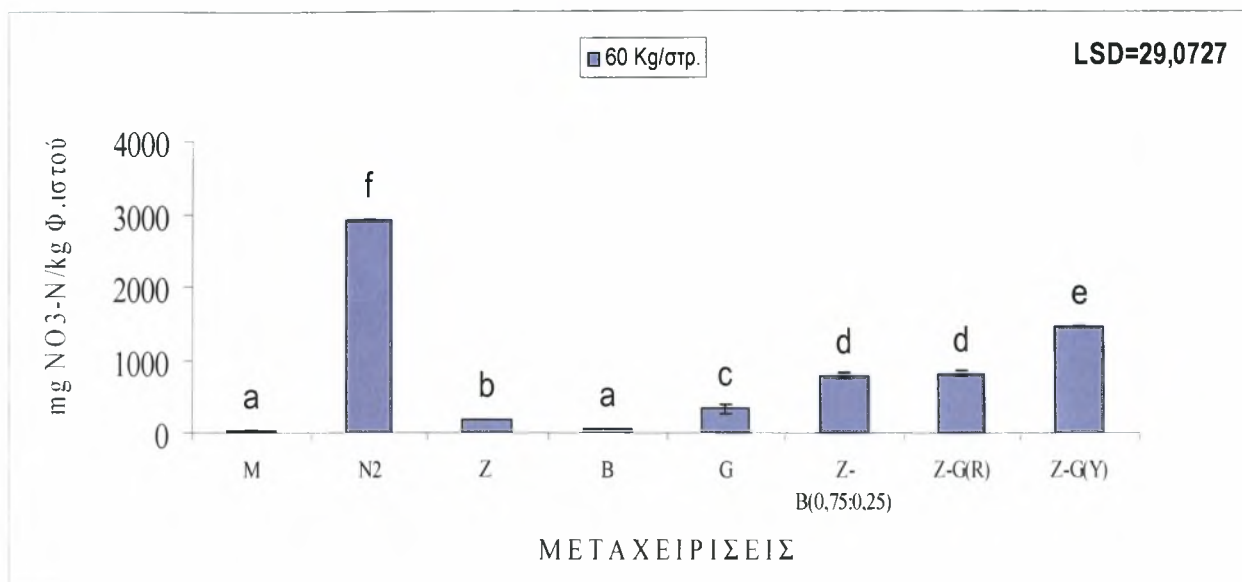
Από το παραπάνω γράφημα προκύπτει ότι η χρήση των εδαφοβελτιωτικών που μελετήθηκαν επέφεραν την ίδια μείωση του νιτρικού αζώτου στο έδαφος όταν στο έδαφος προστέθηκαν 60 κιλά αζώτου ανά στρέμμα.

5.7 Η επίδραση των εδαφοβελτιωτικών στην ποσότητα νιτρικού αζώτου στους φυτικούς ιστούς του σπανακιού.



Γράφημα 5.7.1 Ποσότητα νιτρικού αζώτου στους φυτικούς ιστούς σε φυτά σπανακιού μετά τη χρήση εδαφοβελτιωτικών και την προσθήκη 30 kg αζώτου ανά στρέμμα..

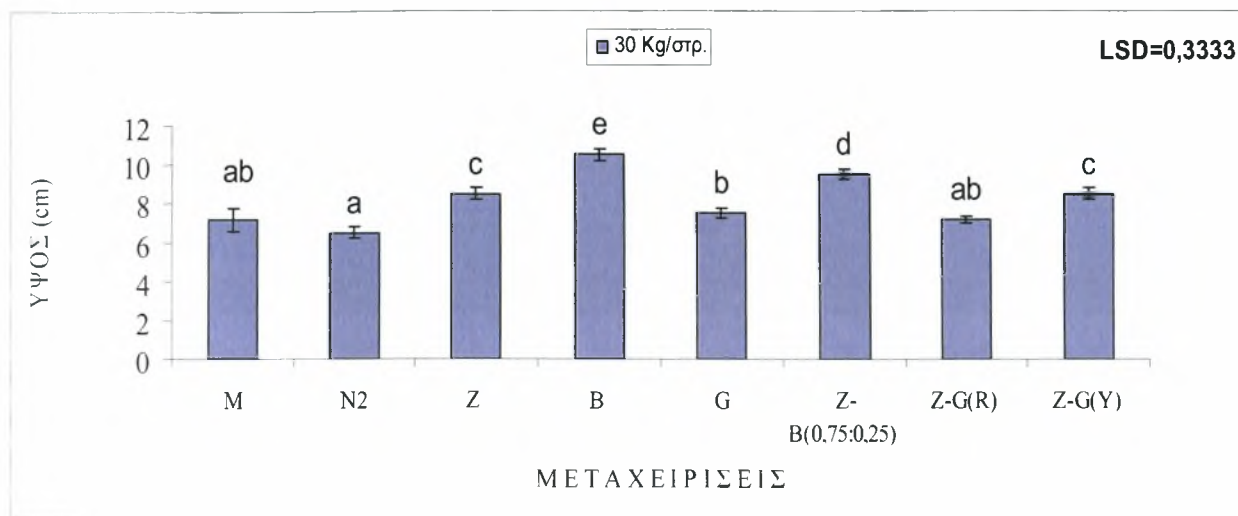
Από το γράφημα 5.7.1 προκύπτει ότι μόνον η χρήση του ζεόλιθου, γκαϊτίτη και μπετονίτη επέφεραν σημαντική μείωση του νιτρικού αζώτου στους φυτικούς ιστούς του σπανακιού σε σύγκριση με το μάρτυρα όπου δεν είχε προστεθεί εδαφοβελτιωτικό.



Γράφημα 5.7.2 Περιεκτικότητα νιτρικού αζώτου στους φυτικούς ιστούς σε φυτό σπανακιού μετά τη χρήση εδαφοβελτιωτικών και την προσθήκη αζώτου σε δόση 60 kg/στρ.

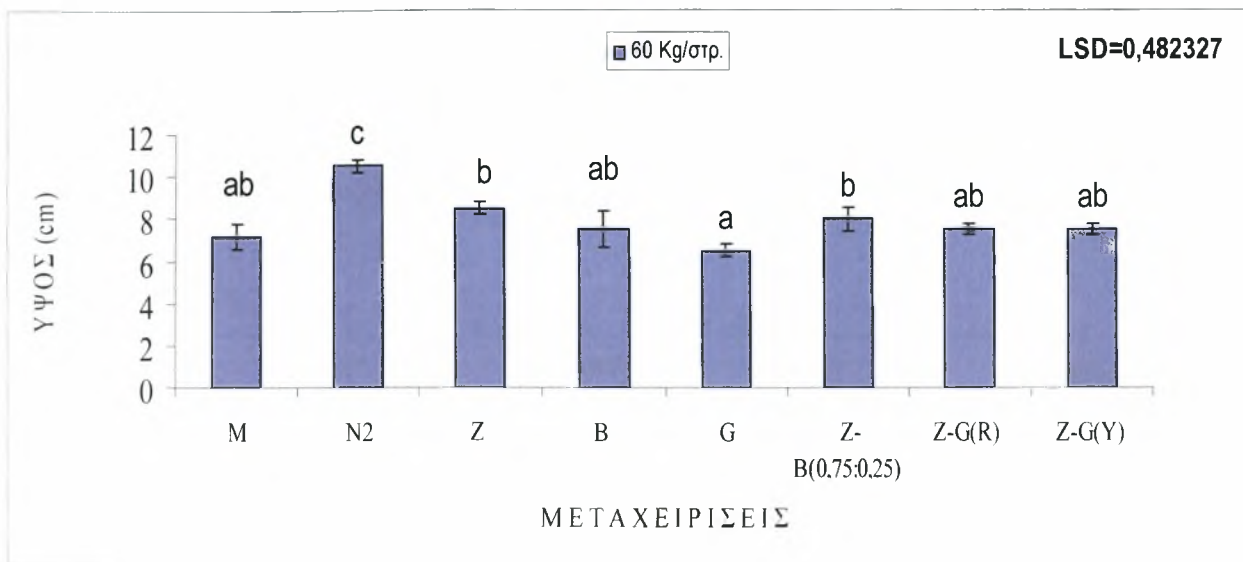
Από το γράφημα 5.7.2 προκύπτει ότι η χρήση του μπετονίτη ήταν η αποτελεσματικότερη όλων των άλλων καθώς η περιεκτικότητα του νιτρικού αζώτου στους φυτικούς ιστούς ήταν πολύ χαμηλή και σχεδόν στα ίδια επίπεδα με το μάρτυρα. Ακολουθούν ο ζεόλιθος, ο γκαιτίτης. Ακολουθούν τα συστήματα ζεόλιθου – γκαιτίτη κόκκινου και ζεόλιθου – μπετονίτη και τέλος το σύστημα ζεόλιθου – γκαιτίτη κίτρινου.

5.8 Η επίδραση των εδαφοβελτιωτικών στο τελικό ύψος του σπανακιού.



Γράφημα 5.8.1 Ύψος φυτών σπανακιού μετά τη χρήση εδαφοβελτιωτικού και την προσθήκη αζώτου σε δόση 30 kg/στρ.

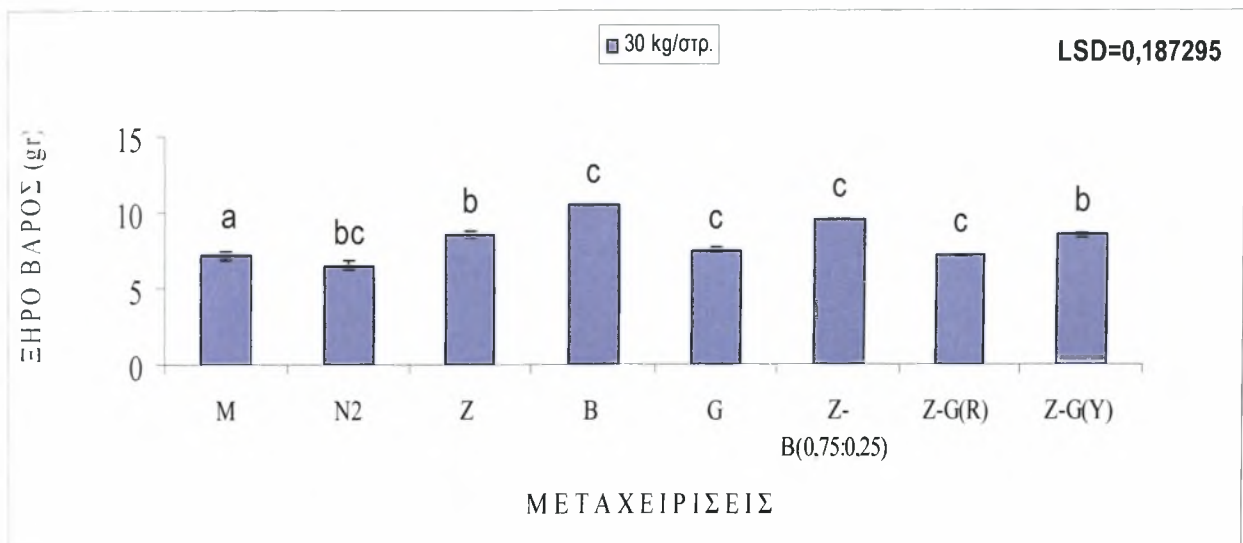
Από το γράφημα 5.8.1 προκύπτει ότι την μεγαλύτερη επίδραση στο ύψος του σπανακιού προκάλεσε η προσθήκη του μπετονίτη, ακολούθησε το σύστημα ζεόλιθου – μπετονίτη 3:1, ο ζεόλιθος και ο γκαϊτίτης. Η προσθήκη του συστήματος ζεόλιθου – γκαϊτίτη κόκκινου είχε την ίδια επίδραση στο ύψος του φυτού με αυτή του φυτού όπου δεν είχε προστεθεί άζωτο ούτε εδαφοβελτιωτικό. Η προσθήκη των 30 κιλών αζώτου ανά στρέμμα δίχως την προσθήκη εδαφοβελτιωτικού επέφερε μείωση στο ύψος.



Γράφημα 5.8.2 Ύψος φυτών σπανακιού μετά τη χρήση εδαφοβελτιωτικού και την προσθήκη αζώτου σε δόση 60 kg/στρ.

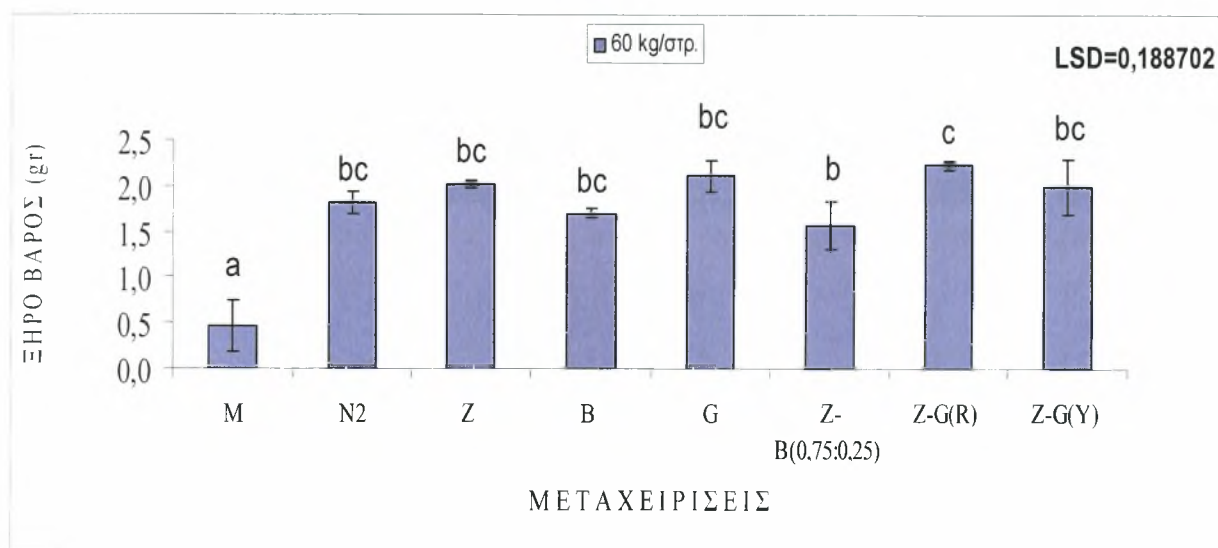
Από το γράφημα 5.8.2 προκύπτει ότι η προσθήκη 60 κιλών αζώτου ανά στρέμμα δίχως την προσθήκη εδαφοβελτιωτικών προκάλεσε την μεγαλύτερη αύξηση στο ύψους του σπανακιού. Επομένως στην δόση 60 κιλών αζώτου ανά στρέμμα κανένα από τα εδαφοβελτιωτικά όπου μελετηθήκαν επέδρασε θετικά στο ύψους του φυτού.

5.9 Η επίδραση των εδαφοβελτιωτικών στην περιεκτικότητα νιτρικού αζώτου στο ξηρό βάρος του σπανακιού.



Γράφημα 5.9.1 Το ξηρό βάρος του σπανακιού μετά τη χρήση εδαφοβελτιωτικού και την προσθήκη αζώτου σε δόση 30 kg/στρ.

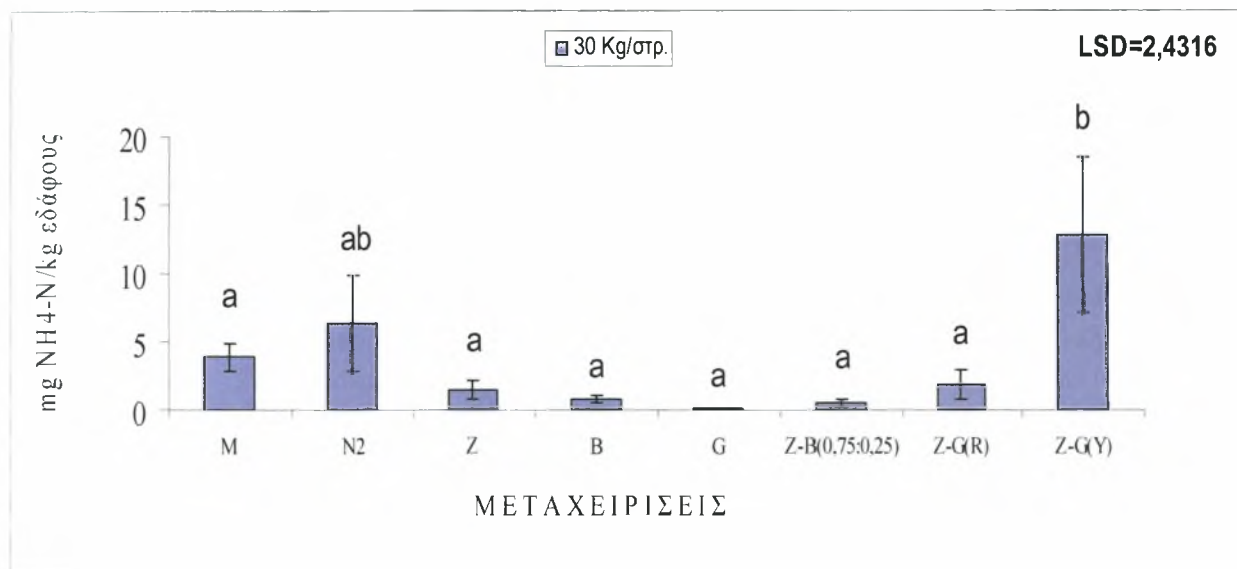
Από το γράφημα 5.9.1 προκύπτει ότι η προσθήκη νιτρικού αζώτου στα φυτοδοχεία σπανακιού επηρέασε αρνητικά το ξηρό βάρος του σπανακιού. Η χρήση εδαφοβελτιωτικών αύξησε το ξηρό βάρος. Την μεγαλύτερη αύξηση επέφερε το σύστημα ζεόλιθου – μπετονίτη σε αναλογία 3:1



Γράφημα 5.9.2 Το ξηρό βάρος του σπανακιού μετά τη χρήση εδαφοβελτιωτικού και την προσθήκη αζώτου σε δόση 60 kg/στρ.

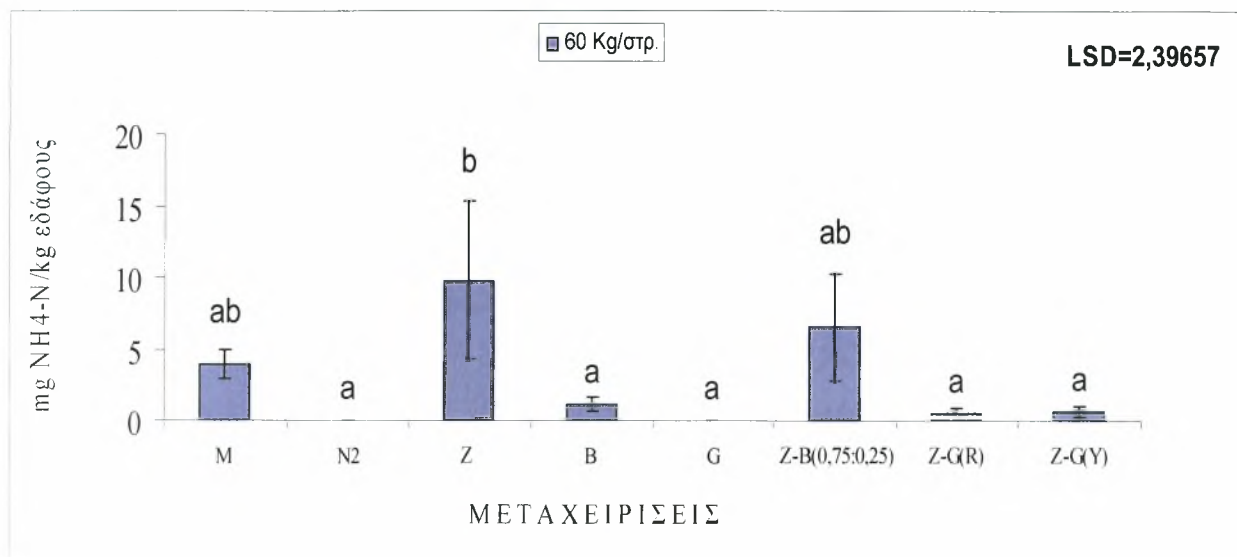
Από το γράφημα 5.9.2 προκύπτει ότι η χρήση εδαφοβελτιωτικών δεν επέφερε αύξηση του ξηρού βάρους του σπανακιού. Η προσθήκη του αζώτου δίχως την προσθήκη εδαφοβελτιωτικού αύξησε σημαντικά το βάρος του σπανακιού σε σχέση με το μάρτυρα (M) στον οποίο δεν είχε προστεθεί άζωτο και εδαφοβελτιωτικό.

5.10 Η επίδραση των εδαφοβελτιωτικών στην περιεκτικότητα αμμωνιακού αζώτου στο έδαφος όπου καλλιεργήθηκε σπανάκι.



Γράφημα 5.10.1 Η περιεκτικότητα του αμμωνιακού αζώτου στο έδαφος όπου καλλιεργήθηκε σπανάκι μετά τη χρήση εδαφοβελτιωτικών και την προσθήκη αζώτου σε δόση 30 kg/στρ.

Το γράφημα 5.10.1 δείχνει ότι η περιεκτικότητα του αμμωνιακού αζώτου στο έδαφος όπου προστέθηκε άζωτο και καθένα από τα εδαφοβελτιωτικά εκτός του συστήματος ζεόλιθου – γκαιίτη κίτρινου μειώθηκε. Η προσθήκη αζώτου στη δόση των 30 κιλών ανά στρέμμα δίχως την προσθήκη εδαφοβελτιωτικών επέφερε αύξηση της περιεκτικότητας του αζώτου των αμμωνιακών κατά 200% έναντι του μάρτυρα , ενώ η προσθήκη αζώτου και του συστήματος ζεόλιθου – γκαιίτη κίτρινου επέφερε αύξηση κατά 300% στην περιεκτικότητα του αμμωνιακών αζώτου στο έδαφος σε σχέση με αυτή του μάρτυρα.



Γράφημα 5.10.2 Η περιεκτικότητα του αμμωνιακού αζώτου στο έδαφος όπου καλλιεργήθηκε σπανάκι μετά τη χρήση εδαφοβελτιωτικών και την προσθήκη αζώτου σε δόση 60 kg/στρ.

Από το γράφημα 5.10.2 προκύπτει ότι η προσθήκη αζώτου στην δόση των 60 κιλών ανά στρέμμα και η προσθήκη των εδαφοβελτιωτικών γκαϊτίτη, ζεόλιθου – γκαϊτίτη κόκκινου, ζεόλιθου – γκαϊτίτη κίτρινου και μπετονίτη μείωσαν τη συγκέντρωση του αζώτου των αμμωνιακών σε σύγκριση με αυτή του μάρτυρα ενώ η προσθήκη ζεόλιθου και του συστήματος ζεόλιθου – μπετονίτη 3:1 αύξησαν τη συγκέντρωση του αμμωνιακού αζώτου κατά 250% και 170% αντίστοιχα.

6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ

Την μεγαλύτερη μείωση στην περιεκτικότητα του N-NO₃ στο εδάφους όπου προστεθήκαν 40 η 80 κιλά αζώτου ανά στρέμμα και εδαφοβελτιωτικά μετά την καλλιέργεια του αραβόσιτου επέφερε το σύστημα ζεόλιθου – γκαιίτη κόκκινου.

Την μεγαλύτερη μείωση στην περιεκτικότητα του N-NO₃ στο φυτικό ιστό του αραβόσιτου στην δόση των 40 κιλών ανά στρέμμα επέφερε το σύστημα ζεόλιθου – γκαιίτη κόκκινου ενώ στη δόση των 80 κιλών ανά στρέμμα επέφερε ο γκαιίτης.

Την μεγαλύτερη επίδραση στο ύψος του φυτού του αραβόσιτου και στις δυο δόσεις των 40 και 80 κιλών ανά στρέμμα επέφερε η προσθήκη του συστήματος ζεόλιθου – μπετονίτη 3:1.

Την μεγαλύτερη επίδραση στη βιομάζα του φυτού αραβόσιτου και στις δυο δόσεις αζώτου επέφερε η προσθήκη του γκαιίτη.

Την μεγαλύτερη μείωση στην συγκέντρωση του N-NH₄ στο έδαφος όπου καλλιεργήθηκε ο αραβόσιτος στη δόση των 40 κιλών ανά στρέμμα επέφερε ο μπετονίτης ενώ στη δόση των 80 κιλών ανά στρέμμα ο ζεόλιθος.

ΣΠΑΝΑΚΙ

Την μεγαλύτερη μείωση στην περιεκτικότητα του N-NO₃ στο έδαφος όπου προστέθηκε 30 κιλά άζωτο ανά στρέμμα και εδαφοβελτιωτικό μετά την καλλιέργεια σπανακιού επέφερε το σύστημα ζεόλιθου – μπετονίτη 3:1 ενώ για δόση 60 κιλών αζώτου ανά στρέμμα όλα τα εδαφοβελτιωτικά επέφεραν το ίδιο αποτέλεσμα.

Την μεγαλύτερη μείωση στην περιεκτικότητα του N-NO₃ στο φυτικό ιστό του σπανακιού στην δόση των 30 κιλών ανά στρέμμα επέφερε ο ζεόλιθος ενώ στη δόση των 60 κιλών ανά στρέμμα μεγαλύτερη μείωση επέφερε ο μπετονίτης.

Τη μεγαλύτερη επίδραση στο ύψος του φυτού του σπανακιού στη δόση των 30 κιλών ανά στρέμμα επέφερε η χρήση του μπετονίτη ενώ για τη δόση των 60 κιλών ανά στρέμμα μεγαλύτερη επίδραση επέφερε η χρήση του ζεόλιθου και το σύστημα ζεόλιθου – μπετονίτη 3:1.

Τη μεγαλύτερη επίδραση στη βιομάζα του φυτού σπανακιού στη δόση των 30 κιλών ανά στρέμμα επέφεραν ο μπετονίτης, ο γκαιίτης και τα συστήματα ζεόλιθου – μπετονίτη 3:1 και ζεόλιθου – γκαιίτη κόκκινου ενώ για τη δόση των 60 κιλών ανά

στρέμμα τη μεγαλύτερη επίδραση επέφερε η χρήση του συστήματος ζεόλιθου – γκαιίτη κόκκινου.

Τη μεγαλύτερη μείωση στην συγκέντρωση του N-NH₄ στο εδάφους όπου καλλιεργήθηκε σπανάκι στην δόση των 30 κιλών ανά στρέμμα επέφερε η χρήση του μπετονίτη, του ζεόλιθου, του γκαιίτη και τα συστήματα ζεόλιθου – γκαιίτη κόκκινου και ζεόλιθου – μπετονίτη 3:1 ενώ στη δόση των 60 κιλών ανά στρέμμα μεγαλύτερη μείωση επέφερε η χρήση του γκαιίτη, του μπετονίτη και τα δυο συστήματα ζεόλιθου – γκαιίτη.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ

Δόση 40 κιλών αζώτου ανά στρέμμα υπό μορφή NH_4NO_3

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ Ι

N_2 Z 1g Z Φυτό αραβόσιτου	N_2 G 0,2g G Φυτό αραβόσιτου	Φυτό αραβόσιτου M
N_2 B 1g B Φυτό αραβόσιτου	N_2 Z-G(Y) 0,2g Z-GY Φυτό αραβόσιτου	N_2 Z-G(R) 0,2g Z-GR Φυτό αραβόσιτου
N_2 Z-B 0,2g Z-B Φυτό αραβόσιτου	N_2 Z 1g Z Φυτό αραβόσιτου	Έδαφος N_2 N_2 Φυτό αραβόσιτου
N_2 Z-G(Y) 0,2g Z-GY Φυτό αραβόσιτου	N_2 B 1g B Φυτό αραβόσιτου	N_2 Z 1g Z Φυτό αραβόσιτου
N_2 Z-G(R) 0,2g Z-GR Φυτό αραβόσιτου	N_2 Z-B 0,2g Z-B Φυτό αραβόσιτου	N_2 G 0,2g G Φυτό αραβόσιτου
Φυτό αραβόσιτου M	Έδαφος N_2 N_2 Φυτό αραβόσιτου	N_2 Z-G(R) 0,2g Z-GR Φυτό αραβόσιτου
N_2 Z-G(Y) 0,2g Z-GY Φυτό αραβόσιτου	N_2 B 1g B Φυτό αραβόσιτου	Φυτό αραβόσιτου M

N ₂ 0,2g Z-B Φυτό αραβόσιτου	Z-B	Έδαφος N ₂ Φυτό αραβόσιτου	N₂	N ₂ 0,2g G Φυτό αραβόσιτου	G
---	------------	---	----------------------	---	----------

I. Πειραματικό σχέδιο της μελέτης στο θερμοκήπιο για τον αραβόσιτο

Δόση 80 κιλών αζώτου ανά στρέμμα υπό μορφή NH₄NO₃

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ II

N ₂ 1g Z Φυτό αραβόσιτου	Z	N ₂ 0,2g G Φυτό αραβόσιτου	G	Φυτό αραβόσιτου	M
N ₂ 1g B Φυτό αραβόσιτου	B	N ₂ 0,2g Z-GY Φυτό αραβόσιτου	Z-G(Y)	N ₂ 0,2g Z-GR Φυτό αραβόσιτου	Z-G(R)
N ₂ 0,2g Z-B Φυτό αραβόσιτου	Z-B	N ₂ 1g Z Φυτό αραβόσιτου	Z	Έδαφος N ₂ Φυτό αραβόσιτου	N₂
N ₂ 0,2g Z-GY Φυτό αραβόσιτου	Z-G(Y)	N ₂ 1g B Φυτό αραβόσιτου	B	N ₂ 1g Z Φυτό αραβόσιτου	Z
N ₂ 0,2g Z-GR Φυτό αραβόσιτου	Z-G(R)	N ₂ 0,2g Z-B Φυτό αραβόσιτου	Z-B	N ₂ 0,2g G Φυτό αραβόσιτου	G
Φυτό αραβόσιτου	M	Έδαφος N ₂ Φυτό αραβόσιτου	N₂	N ₂ 0,2g Z-GR Φυτό αραβόσιτου	Z-G(R)

N ₂ Z-G(Y) 0,2g Z-GY Φυτό αραβόσιτου	N ₂ B 1g B Φυτό αραβόσιτου	Φυτό αραβόσιτου M
N ₂ Z-B 0,2g Z-B Φυτό αραβόσιτου	Έδαφος N₂ N ₂ Φυτό αραβόσιτου	N ₂ G 0,2g G Φυτό αραβόσιτου

II. Πειραματικό σχέδιο της μελέτης στο θερμοκήπιο για τον αραβόσιτο

ΣΠΑΝΑΚΙ

Δόση 30 κιλών αζώτου ανά στρέμμα υπό μορφή NH₄NO₃

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ III

N ₂ Z 1g Z Φυτό σπανακιού	N ₂ Z-G(Y) 0,2g Z-GY Φυτό σπανακιού	N ₂ Z-G(R) 0,2g Z-GR Φυτό σπανακιού
N ₂ B 1g B Φυτό σπανακιού	N ₂ Z 1g Z Φυτό σπανακιού	N ₂ Z-B 0,2g Z-GR Φυτό σπανακιού
N ₂ G 0,2g G Φυτό σπανακιού	Φυτό σπανακιού M	Έδαφος N₂ N ₂ Φυτό σπανακιού
N ₂ Z-G(Y) 0,2g Z-GY Φυτό σπανακιού	N ₂ Z-G(R) 0,2g Z-GR Φυτό σπανακιού	N ₂ Z 1g Z Φυτό σπανακιού

N ₂ Z-G(R) 0,2g Z-GR Φυτό σπανακιού	Έδαφος N ₂ N ₂ Φυτό σπανακιού	N ₂ Z-B 0,2g Z-GR Φυτό σπανακιού
Φυτό σπανακιού M	N ₂ B 1g B Φυτό σπανακιού	N ₂ G 0,2g G Φυτό σπανακιού
Έδαφος N ₂ N ₂ Φυτό σπανακιού	N ₂ Z-B 0,2g Z-GR Φυτό σπανακιού	N ₂ B 1g B Φυτό σπανακιού
N ₂ Z-G(Y) 0,2g Z-GY Φυτό σπανακιού	N ₂ G 0,2g G Φυτό σπανακιού	Φυτό σπανακιού M

III. Πειραματικό σχέδιο της μελέτης στο θερμοκήπιο για το σπανάκι για δόση αζώτου 30 κιλά ανά στρέμμα.

Δόση 60 κιλών αζώτου ανά στρέμμα υπό μορφή NH₄NO₃

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ IV

N ₂ Z 1g Z Φυτό σπανακιού	N ₂ Z-G(Y) 0,2g Z-GY Φυτό σπανακιού	N ₂ Z-G(R) 0,2g Z-GR Φυτό σπανακιού
N ₂ B 1g B Φυτό σπανακιού	N ₂ Z 1g Z Φυτό σπανακιού	N ₂ Z-B 0,2g Z-GR Φυτό σπανακιού
N ₂ G 0,2g G Φυτό σπανακιού	Φυτό σπανακιού M	Έδαφος N ₂ N ₂ Φυτό σπανακιού

N ₂ Z-G(Y) 0,2g Z-GY Φυτό σπανακιού	N ₂ Z-G(R) 0,2g Z-GR Φυτό σπανακιού	N ₂ Z 1g Z Φυτό σπανακιού
N ₂ Z-G(R) 0,2g Z-GR Φυτό σπανακιού	Έδαφος N ₂ N ₂ Φυτό σπανακιού	N ₂ Z-B 0,2g Z-GR Φυτό σπανακιού
Φυτό σπανακιού M	N ₂ B 1g B Φυτό σπανακιού	N ₂ G 0,2g G Φυτό σπανακιού
Έδαφος N ₂ N ₂ Φυτό σπανακιού	N ₂ Z-B 0,2g Z-GR Φυτό σπανακιού	N ₂ B 1g B Φυτό σπανακιού
N ₂ Z-G(Y) 0,2g Z-GY Φυτό σπανακιού	N ₂ G 0,2g G Φυτό σπανακιού	Φυτό σπανακιού M

IV. Πειραματικό σχέδιο της μελέτης στο θερμοκήπιο για το σπανάκι για δόση αζώτου 60 κιλά ανά στρέμμα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Aldrich, S. R., and E.R. Leng. 1966. Modern Corn Production. F and W Publishing Corn., Cincinnati, Ohio.
- Αυγουλάς Χρ., Ποδηματάς Κων/νος, Παπαστυλιανού Παναγιώτα. 2001. Φυτά Μεγάλης Καλλιέργειας. Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων Αθηνών
- California Earth Minerals Corp., 2003. California Earth Minerals, www.calearthminerals.com, 4p
- Dyer, A. 1984. *Uses of natural zeolites. Chemistry and Industry*, Volume 7: 241- 245p
- Gottardi, G. 1985. *Natural zeolites. Minerals and Rocks*, Vol 18.
- Καραμάνος Ανδρέας, 1999. Τα σιτηρά των θερμών κλιμάτων. Παπαζήσης, Αθήνα.
- Κοσιάρης Γ. 1991. Τα ορυκτά των φυσικών ζεολίθων και προστασία του περιβάλλοντος. Ξάνθη Ι.Γ.Μ.Ε 5p
- Kuzvart, M. 1984. Industrial Minerals and Rocks. *Developments in Economic Geology. Elsevier*. Amsterdam 454p
- Kisselbach, T.A. 1949. The structure and reproduction of corn. Nebr. Exp. Sta. Res. Bul. 161.
- Μαρκόπουλος et al, 2004
- Mitchell and Soga, 2005. Fundamentals of Soil Behavior. 3rd Ed. (Πίνακας 2. Χημικές αναλύσεις φυσικών μπεντονιτών διαφόρων προελεύσεων)
- Μήτσιος, Ι.Κ. 2004. Θρεπτικά Στοιχεία και Γονιμότητα Εδάφους. Μέθοδοι και Εφαρμογές. Βόλος. Εκδόσεις Zymel. Αθήνα
- Μήτσιος, Ι., 2004. Γονιμότητα εδαφών. Θρεπτικά στοιχεία φυτών (μακροθρεπτικά, μικροθρεπτικά) και βαρέα μέταλλα. Μέθοδοι και Εφαρμογές. Εκδόσεις Zymel, Αθήνα.
- Pelino et al, 1995

- Turgut, I., Duman, A., Bilgili, U., Acikgoz, E. 2005. Alternate Row Spacing and Plant Density Effects on Forage and Dry Matter Yield of Corn Hybrids (*Zea mays* L.). Journal of Agronomy and Crop Science. Volume 191, Issue 2, pp. 146-151. Turgut, I., Duman, A., Bilgili, U., Acikgoz, E. 2005.

Πηγές Διαδικτύου

- <http://www.isocon.gr/showprod.php?id=45>
- <http://www.tovima.gr/default.asp?pid=2&ct=33&artId=278211&dt=12/07/2009>
- <http://fyta.createforumhosting.com/topic-t4741.html>
- <http://el.wikipedia.org/>
- <http://kireas.org/smf/index.php?topic=684.0>
- <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=250>
- <http://scienceingreece.blogspot.com/>
- <http://www.plantprotection.hu>
- <http://plants.usda.gov>



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000111659