



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ
ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

*ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΑΖΩΤΟΥΧΟΥ ΛΙΠΑΝΣΗΣ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ
ΚΡΕΜΜΥΔΙΟΥ ΚΑΙ ΠΑΤΑΤΑΣ*

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΑΝΤΩΝΙΑΔΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

ΒΟΛΟΣ 2017



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ
ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

*ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΑΖΩΤΟΥΧΟΥ ΛΙΠΑΝΣΗΣ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ
ΚΡΕΜΜΥΔΙΟΥ ΚΑΙ ΠΑΤΑΤΑΣ*

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

- 1) Β. Αντωνιάδης, Επίκουρος Καθηγητής (επιβλέπων)
- 2) Α. Δημήτρου, Καθηγήτρια
- 3) Σ. Πετρόπουλος, Επίκουρος Καθηγητής

ΒΟΛΟΣ 2017

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω κυρίως τον καθηγητή μου κο Αντωνιάδη Βασίλειο για την αστείρευτη συμπαράσταση, καθοδήγηση, υποστήριξη και υπομονή που επέδειξε καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Επιπλέον, ευχαριστώ θερμά την κα Γκόλια Ευαγγελία για τις συμβουλές και τη βοήθεια που μου πρόσφερε κατά την πραγματοποίηση των πειραμάτων στο χώρο του εργαστηρίου. Τέλος, ευχαριστώ τους γονείς μου για τη στήριξη τους σε όλη τη διάρκεια της φοίτησής μου στο πανεπιστήμιο.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	5
ΚΡΕΜΜΥΔΙ	7
ΠΑΤΑΤΑ	11
ΖΕΟΛΙΘΟΣ	16
ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗ ΛΙΠΑΝΣΗ.....	25
ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ ΒΡΑΔΕΙΑΣ ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗΣ.....	30
ΚΟΠΡΙΑ	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	33
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	33
ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ – ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΑΣ	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ	40
ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΚΡΕΜΜΥΔΙΟΥ	40
pH.....	40
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ-EC	41
ΦΩΣΦΟΡΟΣ (P)	42
ΝΙΤΡΙΚΑ (NO ₃ -N).....	43
ΚΑΛΙΟ (K)	44
ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΠΑΤΑΤΑΣ	45
pH.....	45
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ-EC	46
ΦΩΣΦΟΡΟΣ (P)	47
ΝΙΤΡΙΚΑ (NO ₃ -N).....	48
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	49
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	50

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αξιοποίηση στο μέγιστο των θρεπτικών που παρέχονται στα φυτά από τα λιπάσματα καθώς και η σωστή θρέψη τους είναι κάποιοι από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που παίζουν ρόλο στην απόδοση των καλλιεργειών. Στόχος της συγκεκριμένης εργασίας ήταν η παρατήρηση και σύγκριση τεσσάρων διαφορετικών τύπων λιπάσματος σε καλλιέργεια κρεμμυδιού και πατάτας στην ύπαιθρο. Η σύγκριση έγινε μεταξύ λιπάσματος βραδείας αποδέσμευσης, συμβατικού αμμωνιακού λιπάσματος, αμμωνιακού λιπάσματος σε συνδυασμό με ζεόλιθο καθώς και η κοπρία. Απαραίτητη κρίθηκε η ύπαρξη ενός μάρτυρα, που σημαίνει ότι σε μια μεταχείριση δεν έγινε χρήση κανενός λιπάσματος. Συνολικά τα πειραματικά τεμάχια ήταν 16 λόγω του ότι κάθε μεταχείριση περιλάμβανε 4 επαναλήψεις. Η πραγματοποίηση του πειράματος έλαβε χώρα στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο Μαγνησίας. Οι εδαφολογικές αναλύσεις στο εργαστήριο ξεκίνησαν μετά το πέρας της καλλιεργητικής περιόδου. Εφόσον πραγματοποιήθηκαν οι αναλύσεις ακολούθησε η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων που βρέθηκαν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Η συνεχής αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού αποτελεί ένα σύγχρονο πρόβλημα του πλανήτη. Συνεπώς, απαραίτητη είναι η παραγωγή τροφής που θα καλύπτει τις ανάγκες διατροφής όλου του πληθυσμού. Έως το 2050, ο πληθυσμός της γης θα ανέλθει στα 9,1 δισεκατομμύρια, δηλαδή 34% πιο ψηλά από σήμερα. Η μεγαλύτερη αύξηση θα σημειωθεί στις υποανάπτυκτες χώρες, έτσι για να τραφεί ο πιο αστικοποιημένος και πλουσιότερος πληθυσμός, λόγω της συνεχόμενης αστικοποίησης που θα παρατηρείται με την πάροδο των χρόνων, η παγκόσμια παραγωγή τροφής είναι αναγκαίο να αυξηθεί κατά 70% (Bhardwaj et al., 2012).

Για την κάλυψη των αναγκών σε τροφή παγκοσμίως, απαραίτητη είναι η αύξηση της αγροτικής παραγωγής. Η αύξηση αυτή επιτυγχάνεται ή με ελαχιστοποίηση των απωλειών της παραγωγής εξαιτίας εντόμων-εχθρών αλλά και ζιζανίων ή με τη χρήση λιπασμάτων.

Βάσει του FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) η μοναδική και σημαντικότερη παράμετρος που βοήθησε ώστε να αυξηθεί η παγκόσμια παραγωγή τα τελευταία τριάντα χρόνια ήταν τα χημικά λιπάσματα. Βέβαια, μπορεί αφενός η χρήση λιπασμάτων να βελτιώνει τις αποδόσεις στη γεωργία, αφετέρου όμως η συνεχόμενη αύξησης της χρήσης τους είναι υπεύθυνη για την πρόκληση σοβαρών προβλημάτων στην υγεία αλλά και στο περιβάλλον. Η εδαφική λίπανση υπάρχει πιθανότητα να προκαλέσει οξείδωση, απορροή, έκπλυση αλλά και προσρόφηση. Η μόλυνση που προκαλείται στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα οφείλεται στην έκπλυση και στην απορροή. Η ανισόρροπη σχέση ανάμεσα στις τιμές των θρεπτικών που αποδεσμεύονται από τα λιπάσματα και στα θρεπτικά που προσλαμβάνουν οι ρίζες των φυτών είναι υπεύθυνη για τη μικρή αποτελεσματικότητα των λιπασμάτων.

Ένας αποτελεσματικός τρόπος για να εξισορροπήσουμε το πρόβλημα που αναφέρθηκε είναι η ανάπτυξη και η βελτίωση λιπασμάτων που αποδεσμεύονται βραδέως, δηλαδή τα θρεπτικά αποδεσμεύονται αργά.

Χρήση ζεόλιθου ως εδαφοβελτιωτικό έγινε για αρκετά χρόνια στην Ιαπωνία. Παρόλα αυτά, μόνο τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει εκτενής έρευνα για τη διαπίστωση της καταλληλότητας του ως λίπασμα βραδείας αποδέσμευσης, σαν πρόσθετο για έλεγχο της υγρασίας, σαν παγίδα βαρέων μετάλλων και ως δεσμευτικό εντομοκτόνων-μυκητοκτόνων-ζιζανιοκτόνων. Ως εδαφοβελτιωτικό, ο ζεόλιθος έχει την ικανότητα διατήρησης της υγρασίας του εδάφους σε σταθερά επίπεδα καθώς επίσης και την υψηλή ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων στα αμμώδη αλλά και ηφαιστειογενή εδάφη (Mumpton, 1977). Επιπλέον, η δράση τους ως λιπάσματα βραδείας αποδέσμευσης με εκλεκτική συγκράτηση χημικών συστατικών στη δομή τους για πολύ καιρό, έχει ως αποτέλεσμα τη διατήρηση των στοιχείων στο έδαφος και την αξιοποίηση τους από τις καλλιέργειες.

Η ιδιότητα που προαναφέρθηκε δίνει τη δυνατότητα στο γεωργό να μειώσει σημαντικά το κόστος λίπανσης διότι χρησιμοποιείται μικρότερη ποσότητα λιπάσματος, και την ίδια στιγμή έχουμε μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα όσον αφορά τη συγκράτηση των στοιχείων, όλα αυτά συσχετιζόμενα με το χαμηλό κόστος του ζεόλιθου συγκριτικά με άλλα λιπάσματα (βραδείας αποδέσμευσης).

Στο εν λόγω πείραμα, θα γίνει προσπάθεια ώστε να αποδειχθεί ότι η ανάμιξη του ζεόλιθου με συμβατικό λίπασμα, επιβραδύνει το ρυθμό αποδέσμευσης του N, συνεπώς γίνεται μετατροπή του συμβατικού λιπάσματος σε λίπασμα βραδείας αποδέσμευσης.

ΚΡΕΜΜΥΔΙ (*Allium cepa* L.)

ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

Το κρεμμύδι ανήκει στην Οικογένεια των Λιλιιδών (*Liliaceae*) και στο γένος *Allium*, στο οποίο περιλαμβάνονται γύρω στα 300 είδη. Αποτελεί φυτό διπλοειδές με αριθμό χρωμοσωμάτων $2n=16$.

ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΡΕΜΜΥΔΙΟΥ

Βασίλειο:	Plantae
Συνομοταξία:	Magnoliophyta
Ομοταξία:	Liliopsida
Τάξη:	Liliales
Οικογένεια:	Liliaceae
Γένος:	<i>Allium</i>
Είδος:	<i>A. cepa</i>

ΒΟΤΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Το κρεμμύδι είναι ποώδες, διετές ή τριετές διότι απαιτούνται 2-3 χρόνια για να συμπληρώσει τον βιολογικό του κύκλο από σπόρο σε σπόρο. Είθισται να καλλιεργείται ως μονοετές όταν προορίζεται για παραγωγή βολβών.

Ρίζα: Το ριζικό του σύστημα είναι επιφανειακό, ινώδες-θυσσανώδες και εκτείνεται στο έδαφος σε βάθος περίπου 12-45 εκ. Ως συνέπεια αυτού, τα φυτά δεν παρουσιάζουν αντοχή στην έλλειψη νερού. Οι ρίζες εξέρχονται από τη βάση νέων φύλλων και κατευθύνονται καθοδικά χάρη στα εξωτερικά στρώματα του δίσκου (δεν διακλαδίζονται ή διακλαδίζονται ελάχιστα). Η εμφάνιση των νέων ριζών γίνεται στην κορυφή του δίσκου με κατεύθυνση προς τα κάτω, ενώ παράλληλα οι πιο παλιές ρίζες γερνούν και πεθαίνουν.

Στέλεχος: Στην ουσία το στέλεχος περιορίζεται στο στέλεχος μιας πλάκας-δίσκου όπου στην κάτω επιφάνεια γίνεται ο σχηματισμός απλών, χόντρων και άσπρων ριζών

ενώ στην επάνω γίνεται σχηματισμός σαρκωδών, διογκωμένων φύλλων των οποίων οι βάσεις επικαλύπτονται. Από αυτά τα φύλλα δημιουργείται ο βολβός.

Φύλλα: Ο σχηματισμός τους γίνεται στην μεριστωματική κορύφη από το πραγματικό στέλεχος ενώ η ανάπτυξη τους γίνεται μέσω του ψευδοστελέχους. Το ελεύθερο άκρο τους χαρακτηρίζεται ως επιμήκες, με στρογγυλή ή ημικυκλική διατομή, κενό στο εσωτερικό και με διογκωση στο κάτωτερο 1/3 του μήκους του. Συνήθως ο αριθμός τους κυμαίνεται από 3-8.

Άνθη: Βρίσκονται επάνω σε μακρόστενο μίσχο, έχουν εξαμερές περιάνθιο με λευκό χρώμα, λευκοπράσινο ή ιώδες. Τα άνθη φέρουν έξι μακρούς στήμονες που έχουν κατάληξη σε δίλοβους ανθήρες, ενώ η ωοθήκη τους είναι τρίχωρη με έξι ωάρια και καταλήγει σε μακρύ στύλο. Παρουσιάζεται το φαινόμενο της πρωτανδρίας, συνέπεια του οποίου είναι η σταυρογονιμοποίηση των ανθέων. Συνήθως τα έντομα συνεισφέρουν στην επικονίαση ενώ αυτή μπορεί να γίνει συχνά ανάμεσα σε άνθη του ίδιου σκιαδίου.

Καρπός: Χαρακτηρίζεται ως τρίχωρη κάψα στην οποία εμπεριέχονται 3 ζεύγη μαύρων σπόρων με γωνιώδη εμφάνιση.

Σπόρος: Γνωστός και ως μπαρούτι ή σκάγια μπαρουτιού, διατηρεί τη βλαστικότητα του για 1-2 χρόνια υπο συνθήκες δωματίου, ενώ η διάρκεια ζωής του αυξάνεται στα 3-5 χρόνια όταν επικρατεί χαμηλή θερμοκρασία και υγρασία.

ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΚΡΕΜΜΥΔΙΟΥ

Απαιτήσεις σε κλίμα

Εντάσσεται στα φυτά ψυχρής εποχής και αντέχει στον παγετό. Οι πιο ιδανικές θερμοκρασίες για την ανάπτυξη του κυμαίνονται μεταξύ 13 ως 25 °C. Παράλληλα, ιδανική θερμοκρασία του εδάφους ώστε να φυτρώσουν και να αναπτυχθούν τα νεαρά σπορόφυτα είναι από 20 ως 27 °C. Ωστόσο η υγρασία δε πρέπει να είναι πολύ υψηλή ή πολύ χαμηλή διότι υπάρχει κίνδυνος εμφάνισης ασθενειών. Πριν ξεκινήσει η βολβοποίηση, η θερμοκρασία πρέπει να είναι σχετικά χαμηλή για καλύτερες

αποδόσεις, ενώ κατά τη διάρκεια της βολβοποίησης, της συγκομιδής και της μεθωρίμανσης οι θερμοκρασίες πρέπει να βρίσκονται σε σχετικά υψηλά επίπεδα.

Ο πιο σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τη βολβοποίηση σε μια καλλιέργεια κρεμμυδιού είναι η φωτοπερίοδος διότι το μήκος της ημέρας είναι αυτό που καθορίζει την έναρξη της βολβοποίησης και όχι η ηλικία των φυτών.

Εδαφικές συνθήκες

Μπορεί να ευδοκιμήσει σε πολλούς τύπους εδάφους. Οι καλύτερες αποδόσεις και ποιότητα επιτυγχάνονται στα ελαφρά ως μέσης σύστασης εδάφη, που είναι γόνιμα, με ικανοποιητικά επίπεδα οργανικής ουσίας, που αποστραγγίζονται καλά και η συνεκτικότητα τους να είναι τέτοια έτσι ώστε η υγρασία να διατηρείται ικανοποιητικά στο ριζόστρωμα. Θα πρέπει να έχει γίνει κατεργασία τέτοια ώστε να μπορεί το έδαφος να δεχτεί τους μικρούς σπόρους του κρεμμυδιού. Παρόλα αυτά εδάφη χαλικώδη, αλατούχα και με μεγάλη συνεκτικότητα θα πρέπει να αποφεύγονται διότι τα χαλικώδη επηρεάζουν αρνητικά τους βολβούς, ιδιαίτερα στο τελικό στάδιο ανάπτυξης, τα αλατούχα δίνουν μικρή ανάπτυξη και παραγωγή και τα πολύ συνεκτικά εδάφη δημιουργούν προβλήματα κρούστας και σβόλων στα στάδια της βλάστησης, ανάπτυξης και συγκομιδής των φυτών. Τέλος, θα πρέπει να γίνουν ενέργειες ζιζανιοκτονίας καθώς το κρεμμύδι δεν είναι φυτό που μπορεί να παρουσιάσει ανταγωνισμό σε αυτά.

Άρδευση

Για την επίτευξη υψηλής απόδοσης, θα πρέπει να δέχεται συχνά ποτίσματα και το νερό να είναι καλής ποιότητας λόγω του ότι το κρεμμύδι είναι φυτό επιπολαιόρριζο. Το πόσο συχνά θα ποτιστεί εξαρτάται από τον τύπο του εδάφους και από τις κλιματικές συνθήκες. Ο τρόπος με τον οποίο συνηθίζεται να γίνεται η άρδευση είναι με αυλάκια ή με τεχνητή βροχή. Η διακοπή των ποτισμάτων γίνεται 10 ημέρες πριν την έναρξη της συγκομιδής για δυο λόγους, από τη μια για να παύσει η ριζική και βλαστική ανάπτυξη με σκοπό την προώθηση της ωρίμανσης των βολβών, έτσι ώστε να σκληρύνουν και να ξεραθούν οι εξωτερικοί χιτώνες και από την άλλη για να έχει

ξεραθεί το έδαφος μέχρι τη συγκομιδή, συνεπώς να είναι πιο εύκολη η διαδικασία της μηχανικής συγκομιδής (με χρήση μηχανημάτων).

Λίπανση

Προφυτευτικά η εφαρμογή λιπασμάτων γίνεται σε μια ζώνη βάθους 5-10 εκ. Οι λιπαντικές μονάδες (κιλά/στρέμμα) που θεωρούνται ιδανικές για παραγωγή ξηρού βολβού από σπόρο είναι: N→ 15-20, P₂O₅→ 10-15, K₂O→ 25-30 (ως βασική λίπανση, εξαιρουμένου του αζώτου του οποίου η μισή ποσότητα χορηγείται ως βασική και έπειτα η υπόλοιπη με επιφανειακές λιπάνσεις). Όσον αφορά τα ιχνοστοιχεία, η έλλειψη εντοπίζεται συνήθως στον ψευδάργυρο και στο μαγγάνιο. Ιδιαίτερη προσοχή στην αζωτούχο λίπανση, διότι υπάρχει ο κίνδυνος παραγωγής βολβών που παρουσιάζουν μειωμένη δυνατότητα κατά την αποθήκευση, σε περίπτωση που η ποσότητα που εφαμόστηκε ήταν υπερβολικά υψηλή.

Ζιζανιοκτονία

Η μικρή φυλλική επιφάνεια και το αβαθές ριζικό σύστημα είναι ο λόγος για τον οποίο τα κρεμμύδια δεν μπορούν να ανταγωνιστούν τα ζιζάνια. Η απαλλαγή από τα ζιζάνια με μηχανικά μέσα χρειάζεται να γίνει σε μικρό βάθος για αποφυγή πρόκλησης ζημιάς στο ριζικό σύστημα του φυτού. Επιπλέον, οι πιο πολλοί καλλιεργητές φέρουν συστήματα για χημική καταπολέμηση των ζιζανίων. Η αμειψισπορά ή η καταστροφή των ζιζανίων με σκαλίσματα/βοτανίσματα δύναται να πραγματοποιηθεί, με συνέπεια όμως το αυξημένο κόστος καλλιέργειας.

Ενδεικτικές μυκητολογικές ασθένειες

Σκληρωτίαση ή λευκή σήψη (white rot) (*Sclerotium cepivorum*)

Σκληρωτινίαση (*Sclerotinia* sp.)

Βοτρύτης ή φαιά σήψη (*Botrytis allii*)

Ρόδινη ρίζα (*Pyrenochaeta terrestris*)

Περονόσπορος (downy mildew)

Γραμμωτός άνθρακας (*Urocystis colchicae* var. *cepulae*)

Ανθράκωση (smudge) (*Colletotrichum circinans*)

Φουζαρίωση ή σήψη της βάσης (*Fusarium oxysporum f. sp. cepae*)

Aspergillus niger (black mold rot)

Penicillium sp. (blue mold rot)

(Χα και Πετρόπουλος, 2014, Ολύμπιος, 1994)

ΠΑΤΑΤΑ (*Solanum tuberosum* L.)

ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

Η πατάτα ανήκει στην οικογένεια των Σολανωδών (*Solanaceae*) στην οποία ανήκουν κάποια από τα πιο σημαντικά κηπευτικά είδη φυτών, βοτάνων και θάμνων που καλλιεργούνται. Είναι φυτά ποώδη, δικοτυλήδονα, καλλιεργούνται ως ετήσια με βιολογικό κύκλο 3 με 5 μήνες, και η ανάπτυξη τους είναι πλούσια και θαμνώδης. Ο πολλαπλασιασμός τους πραγματοποιείται αγενώς τεμάχια κονδύλων. Οι ρίζες που αναπτύσσονται είναι αποκλειστικά δευτερογενείς.

ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΠΑΤΑΤΑΣ

Βασίλειο:	Plantae
Συνομοταξία:	Magnoliophyta
Ομοταξία:	Magnoliopsida
Τάξη:	Solanales
Οικογένεια:	Solanaceae
Γένος:	<i>Solanum</i>
Είδος:	<i>S. tuberosum</i>

ΒΟΤΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Συγκαταλέγεται στα φυτά ψυχρής εποχής με ιδανική μέση θερμοκρασία 10-20 °C. Το προϊόν που εμπορεύεται είναι οι κόνδυλοι, που είναι διογκωμένοι βλαστοί οι οποίοι βρίσκονται στο υπόγειο τμήμα του φυτού. Κοινό χαρακτηριστικό όλων των ποικιλιών είναι ο αριθμός των χρωμοσωμάτων που είναι πολλαπλάσιος του $n=12$, πχ. $2n$, $3n$, $4n$ κτλ. Οι ποικιλίες που καλλιεργούνται συνηθίζεται να είναι τετραπλοειδείς.

Ρίζα: Το ριζικό της σύστημα είναι ινώδες και εκτείνεται στα 55 εκ., αλλά λόγω της μικρής διεισδυτικής ικανότητας του στα πολύ συνεκτικά εδάφη η επέκταση του περιορίζεται συνήθως στα ανώτερα 25 εκ από το έδαφος. Σε εδάφη που είναι πιο ελαφριά μπορεί να επεκταθεί ως και 100 εκ.

Βλαστοί: Η προέλευση τους οφείλεται στους οφθαλμούς των κονδύλων. Έχουν τετραγωνική διατομή και το ύψος τους κυμαίνεται μεταξύ 60-150 εκ. Όσον αφορά το υπόγειο μέρος, εκεί δημιουργούνται στόλωνες στον βλαστό από τους οποίους σχηματίζεται ένας κόνδυλος από τον καθένα λίγες μέρες πριν την άνθιση. Την αύξηση του μήκους του στόλωνα διαδέχεται η αύξηση του πάχους του (έπειτα από το σχηματισμό του κονδύλου) κατά την οποία γίνεται παράλληλα αποθήκευση νερού και αμύλου.

Φύλλα: Τα φύλλα του φυτού είναι σύνθετα, ελλειπτικά με 7-9 ωοειδή, χνουδωτά, πτεροειδή φυλλάρια που εναλλάσσονται. Διαφέρουν από ποικιλία σε ποικιλία στα χαρακτηριστικά τους. Η περιφέρεια τους χαρακτηρίζεται ως οδοντωτή και το χρώμα είναι βαθυπράσινο με ύπαρξη χνουδιού στην επιφάνεια τους.

Άνθη: Απαντώνται σε ταξιανθίες και είναι μικρά με πενταμερή συμπέταλη στεφάνη με χρώμα ιώδες, μπλέ, υποκίτρινο ή υπόλευκο. Αποτελείται από 5 στήμονες από τους οποίους σχηματίζεται κώνος γύρω από τον ύπερο. Χαρακτηρίζονται από επιμήκη στύλο και δίχωρη ωοθήκη. Τα άνθη είναι ερμαφρόδιτα και κυρίως αυτόστειρα, πολύ συχνά και γόνιμα, άρα δίνουν καρπό εφόσον έχει προηγηθεί επιτυχής επικονίαση/γονιμοποίηση.

Καρπός: Χαρακτηρίζεται ως δίχωρη ράγα, με μικρό σφαιρικό σχήμα και πράσινο χρώμα. Ο κάθε καρπός περιέχει 200 με 300 σπόρους που περιβάλλονται από ένα ζελατινώδες υγρό. Ο σπόρος χρησιμοποιείται αποκλειστικά στα προγράμματα βελτίωσης της πατάτας και όχι στην καλλιέργεια της.

ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΗΣ ΠΑΤΑΤΑΣ

Απαιτήσεις σε κλίμα

Μπορεί να προσαρμοστεί εύκολα σε ποικίλα κλιματικά περιβάλλοντα. Η μέγιστη απόδοση όμως, ποιοτική και ποσοτική, επιτυγχάνεται όταν η μέση θερμοκρασία είναι από 16 έως 20 °C. Όταν οι θερμοκρασίες που επικρατούν είναι πιο χαμηλές, τότε ο ρυθμός αναπνοής είναι μικρότερος συγκριτικά με το ρυθμό φωτοσύνθεσης. Έτσι, η συσσώρευση υδατανθράκων είναι πιο μεγάλη, συνεπώς και η απόδοση είναι μεγαλύτερη. Παρ' όλα αυτά δεν αντέχει στον παγετό.

Οι πιο πολλές ποικιλίες που καλλιεργούνται είναι φωτοπεριοδικά ουδέτερες σε ότι σχετίζεται με την άνθηση του φυτού. Η καλύτερη ανάπτυξη του φυτού επιτυγχάνεται όταν οι μέρες έχουν μεγαλύτερη διάρκεια και ένταση φωτός, λόγω του ότι ευνοείται η φωτοσύνθεση, η αύξηση της οποίας με τη σειρά της επιφέρει αύξηση στα ποσοστά των υδατανθράκων που παράγονται και αποθηκεύονται εσωτερικά των κονδύλων.

Εδαφικές συνθήκες

Προτιμάει ελαφρά-χαλαρά εδάφη, που θρυμματίζονται εύκολα και επιτρέπουν την ιδανική ανάπτυξη των κονδύλων σε ότι αφορά το μέγεθος και το σχήμα. Ως πιο κατάλληλα θεωρούνται τα αμμοπηλώδη εδάφη διότι είναι πιο γόνιμα, αποστραγγίζονται και αερίζονται πιο εύκολα. Επίσης, λόγω των αρκετών απαιτήσεων της πατάτας σε θρεπτικά στοιχεία τα εδάφη θα πρέπει να είναι οργανικά πλούσια. Τέλος, το pH κύμναιεται από 5,5 ως 7,5 στα πλαίσια του φάσματος το οποίο ανέχεται η πατάτα.

Άρδευση

Η ανάγκη τους για νερό είναι υψηλή και γενικά η καλλιέργεια παρουσιάζει ευαισθησία στην έλλειψη υγρασίας από το έδαφος. Ενδεικτικά, οι απαιτήσεις είναι περίπου 2,5 εκ. ύψους βροχής ανα εβδομάδα ή 3-10 κυβικά μέτρα νερού ανα μέρα και στρέμμα. Η σημασία της άρδευσης διαφέρει ανάλογα με τα στάδια ανάπτυξης του φυτού και κρίνεται καθοριστική στο στάδιο της ανάπτυξης των κονδύλων (τα επίπεδα

της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας δεν θα πρέπει να ξεπερνούν το 50%, πιο συγκεκριμένα να κυμαίνονται στο 60-70%). Όταν η εδαφική υγρασία παρουσιάζει διακύμανση τότε προκαλούνται ανωμαλίες στο σχηματισμό των κονδύλων. Ο τύπος του εδάφους και το στάδιο ανάπτυξης του φυτού είναι οι παράγοντες που καθορίζουν και τη συχνότητα της άρδευσης. Τα δυο κύρια συστήματα άρδευσης που εφαρμόζονται στην πατατοκαλλιέργεια είναι με αυλάκια και με τεχνητή βροχή-καταιονισμό. Βέβαια, η μέγιστη αποτελεσματικότητα εξασφαλίζεται με το συνδυασμό παροχής άρδευσης και λίπανσης στο φυτό (υδρολίπανση).

Λίπανση

Η εφαρμογή φωσφόρου είναι πιο σημαντική στα πρώτα στάδια της καλλιέργειας και εφαρμόζεται σε μεγάλη ποσότητα με τη βασική λίπανση. Επίσης, κατά τη βασική λίπανση προστίθεται το άζωτο, το κάλιο και το μαγνήσιο διότι τα εδάφη που ευδοκίμει κυρίως η πατάτα είναι τα όξινα, συνεπώς, παρατηρούνται συνήθως τροφωπενίες στο μαγνήσιο. Συνήθως, για καλύτερα αποτελέσματα συνίσταται η ανάμιξη του λιπάσματος με οργανική ουσία όπως κοπριά έτσι ώστε να βελτιωθούν οι ιδιότητες του εδάφους.

Το άζωτο παίζει σπουδαίο ρόλο σε ότι αφορά την αύξηση του φυλλώματος, τον αριθμό των στολώνων και το μέγεθος των κονδύλων. Έλλειψη αζώτου οδηγεί στην παρεμπόδιση της αύξησης και στο κιτρίνισμα των πιο παλιών φύλλων. Υπερβολική ποσότητα καθυστερεί την ωρίμανση ή μπορεί να επιφέρει επιπτώσεις στην κονδυλοποίηση με παρεμπόδιση ή διακοπή της ανάπτυξης, αλλά και πρόκληση παραμορφώσεων ή σχηματισμό των κονδύλων σε μορφή αλυσίδας στη περίπτωση που αναπτυχθούν οι κόνδυλοι. Επιπλέον, όταν οι ποσότητες του αζώτου είναι υψηλές σχηματίζονται μεγάλοι κόνδυλοι με μεγάλη περιεκτικότητα σε νερό και πιο μικρή ποσότητα σε ξηρή ουσία, κάτι που προκαλεί την ευαισθησία τους σε τραυματισμούς κατά τις μετασυλλεκτικές διαδικασίες.

Η προσθήκη του καλίου γίνεται με τη βασική λίπανση σε βάθος 20 εκ. κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας του αγρού, πριν από την εγκατάσταση της καλλιέργειας.

Η πρώτη μισή δόση θα ενσωματωθεί περίπου στο τέλος του Φθινοπώρου με αρχές Χειμώνα και η δεύτερη μισή την Άνοιξη.

Ζιζανιοκτονία

Για την καλύτερη αντιμετώπιση των ζιζανίων επιβάλλεται να γίνει συνδυασμός των καλλιεργητικών τεχνικών με ζιζανιοκτόνα διότι η καλλιέργεια της πατάτας είναι πολύ ευαίσθητη στη ύπαρξη ζιζανίων. Μια αποτελεσματική τεχνική αποτελεί το ελαφρύ όργωμα-σκάλισμα. Η καταλληλότερη χρονική περίοδος για την αντιμετώπιση είναι 7-12 εβδομάδες ανάμεσα στην φύτευση και στην έναρξη της κονδυλοποίησης. Ανεξάρτητα από την ραγδαία αύξηση της χημικής καταπολέμησης, οι κλασικές τεχνικές (όργωμα, σκάλισμα, βοτάνισμα) χρήζουν περισσότερης εκτίμησης από πολλούς παραγωγούς λόγω της αυξανόμενης τάσης για παραγωγή βιολογικών προϊόντων. Ενδεικτικά, κάποια από τα εγκεκριμένα ζιζανιοκτόνα για την πατατοκαλλιέργεια είναι τα εξής: metribuzin, prometryne, linuron, paraquat.

Για την αποφυγή καταστροφής μέρους του ριζικού συστήματος που βρίσκεται στα ανώτερα 25 εκ. του εδάφους η ζιζανιοκτονία θα πρέπει να γίνεται σε βάθος μόλις 5 εκ. Η κατεργασία πρέπει να διακόπτεται με την έναρξη της άνθησης, δηλαδή στο χρονικό διάστημα που συμπίπτει με την δημιουργία των κονδύλων, έτσι ώστε να μη ζημιωθούν οι στόλωνες και οι νεαροί κόνδυλοι.

Ενδεικτικές μυκητολογικές ασθένειες

Αδρομυκώσεις (*Verticillium dahliae*)

Ριζοκτόνια (*Rhizoctonia solani*)

Καστανή σήψη των ριζών ή φελλώδης ρίζα (*Pyrenochaeta lycopersici*)

Σκληρωτινίαση (*Sclerotinia sclerotiorum*)

Έλκος του στελέχους (*Didymella lycopersici*)

Πύθιο (*Pythium sp.*)

Αλτερναρίωση ή πρωιμος περονόσπορος (*Alternaria solani*)

Όσιμος περονόσπορος (*Phytophthora infestans*)

Σεπτορίωση (*Septoria lycopersici*)

Σκληρωτίαση (*Sclerotia rolfsii*)

Ωίδιο (*Oidium sp.*)

(Χα και Πετρόπουλος, 2014, Μπαμιεδάκη, 2007)

ΖΕΟΛΙΘΟΣ

Ο όρος εκφράστηκε το 1756 από τον σουηδικής καταγωγής ορυκτολόγο Άξελ Κρόνστεντ, ο οποίος παρατήρησε πως μέσω της ταχείας θέρμανσης σιλιβίτη, γίνεται παραγωγή μεγάλης ποσότητας ατμού από νερό το οποίο είχε απορροφηθεί από το υλικό. Βάσει αυτής της παρατήρησης το υλικό ονομάστηκε ζεόλιθος, προερχόμενο ετυμολογικά από τις ελληνικές λέξεις «ζέω» (βράζω) και «λίθος» (πέτρα). Το υλικό αυτό μπορεί να είναι αυτοφυές ή να παράγεται βιομηχανικά.

Ο ζεόλιθος έχει χρησιμοποιηθεί ευρέα στην γεωργία για βελτίωση διότι βελτιώνει τις ιδιότητες του εδάφους, μειώνει την έκλυση του αζώτου και αυξάνει την ανάκτηση του N (Huang and Petrovic, 1994).

ΔΟΜΗ

Το βασικό δομικό στοιχείο των ζεόλιθων είναι ένα τετράεδρο που απαρτίζεται από 4 οξυγόνα που περιστοιχίζουν ένα μικρό άτομο πυριτίου ή αργιλίου. Το δομικό πλέγμα τους αποτελείται από τετράεδρα SiO_4 και AlO_4 ούτως ώστε κάθε οξυγόνο να βρίσκεται ανάμεσα σε δύο τετράεδρα. Η ατομική αναλογία του οξυγόνου προς τα άτομα του αργιλίου και του πυριτίου ισούται με δύο. Επειδή το αρνητικό φορτίο του αργιλίου είναι κατά ένα μικρότερο από αυτό του πυριτίου, το πλέγμα έχει ένα αρνητικό σθένος που εξισορροπείται από την ιονική ανταλλαγή. Κάθε ιόν K^+ και Na^+ γίνεται να εξισορροπήσει ένα Al όμως κάθε ιόν Ca^{2+} με δύο θετικά σθένη μπορεί να εξισορροπήσει δύο Al. Τα δομικά πλέγματα των αστρίων και αστριοειδών είναι παρόμοια, όμως η δομή τους είναι πιο συμπαγής από των ζεόλιθων (Gottardi, 1985).

Η ομαδοποίηση των δομών των ζεόλιθων γίνεται ανάλογα με το είδος των συνδέσεων μεταξύ των τετραέδρων σε:

- Συνδέσεις σχεδόν συγκεντρωμένες σε μια κρυσταλλογραφική διεύθυνση.
- Συνδέσεις που είναι συγκεντρωμένες σε ένα επίπεδο.
- Συνδέσεις που είναι ομοιόμορφα κατανεμημένες προς τις τρεις κρυσταλλογραφικές διευθύνσεις.

Στην πρώτη κατηγορία εντάσσεται ο νατρόλιθος, mesolite, σολεσίτης και τομσονίτης. Στη δεύτερη κατηγορία εντάσσεται ο ευλανδίτης, σωλβίτης και brewsterite. Επιπλέον, πρέπει να γίνει αναφορά στο ότι το πλέγμα των ζεόλιθων περιλαμβάνει κενούς χώρους, «κανάλια», εντός των οποίων εισέρχονται τα μόρια του νερού και γίνεται ασθενής συγκράτηση των κατιόντων στο πλέγμα. Ως αποτέλεσμα αυτού, μπορούν να αποσπασθούν και να αντικατασταθούν από άλλα ιόντα, δίχως να γίνει διάρρηξη των δεσμών του πλέγματος (Gottardi, 1985).

ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Όταν οι ζεόλιθοι είναι καθαροί είναι άχρωμοι είτε λευκοί. Αρκετά συχνά όμως είναι και έγχρωμοι λόγω της παρουσίας σε λεπτομερή διασπορά οξειδίων του σιδήρου και άλλων προσμίξεων. Η πυκνότητα τους κυμαίνεται από 2 ως 2,3 gcm^{-3} εκτός των ζεόλιθων που είναι πλούσιοι σε Ba των οποίων η πυκνότητα βρίσκεται μεταξύ 2, 5 και 2,8 gcm^{-3} . Η διακύμανση των δεικτών διάθλασης των διαφόρων μελών της ομάδας είναι μεταξύ 1,47 και 1,52. Ο ζεόλιθος αποτελεί πορώδες ορυκτό και η ικανότητα ιοντοανταλλαγής του είναι τεράστια. Χάρη σε αυτήν, μπορεί και φιλτράρει το νερό δεσμεύοντας μέταλλα και οργανικές ενώσεις. Μεγάλο ενδιαφέρον προκάλεσε το γεγονός ότι διαθέτουν μεγάλους κενούς χώρους και καναλιών στο πλέγμα τους. Με την αποβολή του νερού οι χώροι αυτοί γίνεται να πληρωθούν με ποικίλες αεριώδεις ουσίες, π.χ. αμμωνία ατμούς ιωδίου ή και ατμούς υδραργύρου, όπως ο τομσονίτης ο οποίος απορροφά την αιθυλική αλκοόλη και την ισοπροπυλική αλκοόλη. Η διεργασία αυτή διαφέρει ανάλογα με το είδος του ζεόλιθου. Ειδικότερα μόρια με μεγαλύτερη διάμετρο από τη διάμετρο των καναλιών δε μπορούν να εισέλθουν στα κοιλώματα της δομής των ζεόλιθων, συνεπώς δε γίνεται να προσροφηθούν. Σε αυτή την απλή αρχή στηρίζεται και η γνωστή εφαρμογή πολλών ζεόλιθων ως «μοριακά κόσκινα» που χρησιμοποιούνται κυρίως για τον διαχωρισμό αέριων μειγμάτων (Gottardi, 1985).

Παρόλα αυτά, το εύρος των καναλιών δεν είναι η μόνη προϋπόθεση για τη διαπερατότητα διότι η παρουσία πολλών κατιόντων μπορεί να προκαλέσει φραγή των καναλιών ενώ η μοριακή και ιοντική διάχυση μπορούν να επηρεασθούν από το νερό που προσροφάται. Γενικά η ικανότητα ιοντοανταλλαγής μειώνεται με την απώλεια νερού. Εξαιρουμένου του ανάλκιμου και του νατρόλιθου στους περισσότερους

πυριτικούς ζεόλιθους το K^+ και Na^+ τείνουν να ανταλλάσσονται πιο εύκολα από το Ca^{2+} αφού είναι μονοσθενή και συνεπώς συγκροτούνται με πιο ασθενές ηλεκτροστατικό φορτίο. Στους πιο πολλούς ζεόλιθους σε κάθε μόριο νερού αντιστοιχεί ένας αριθμός από πιθανές θέσεις στο εσωτερικό του πλέγματος και αυτό μπορεί να μετακινείται από τη μια στην άλλη. Οι ασβεστούχοι ζεόλιθοι έχουν τη δυνατότητα να απορροφούν πιο πολύ νερό. Ο χαβαζίτης, ο ευλανδίτης και ο σιλβίτης συγκρατούν πιο εύκολα το νερό όταν έχουν στο πλέγμα τους Ca^{2+} και όχι K^+ (Gottardi, 1985)

Οι πιο πολύ ζεόλιθοι παρουσιάζουν μια θεωρητική διαφοροποίηση στη χημική τους σύνθεση, συμπεριλαμβανομένης και της διαφοροποίησης στην περιεκτικότητα σε νερό, την περιεκτικότητα των κατιόντων και το λόγο Si/Al. Τα κατιόντα που συνηθίζονται περισσότερο στους φυσικούς ζεόλιθους είναι το K^+ , το Na^+ και το Ca^{2+} . Παρόλα αυτά το βάριο, το στρόντιο και το μαγνήσιο εμπεριέχονται σε μερικούς ζεόλιθους. Το βάριο είναι υψηλής ενέργειας κατιόν στο Harmotone των ζεόλιθων (Kuzvart, 1984). Παρά την υψηλή περιεκτικότητα πολλών ζεόλιθων σε κάλιο, αυτό δεν αποτελεί κατιόν υψηλής ενέργειας, πιθανόν λόγω του σχετικά μεγάλου μεγέθους του. Ο κανονικός αριθμός των K^+ , Na^+ , Ca^{2+} ατόμων στο σχηματισμό των ζεόλιθων πρέπει να σχετίζεται με τον λόγο Si/Al και προκύπτει από την εξής σχέση: $K + Na + Ca = Al$. Οι αντικαταστάτες των Al^{3+} από Si^{4+} στο πλέγμα του ζεόλιθου απαιτούν την παρουσία ενός κατιόντος το οποίο θα διατηρήσει την ισορροπία. Πιο μεγάλη αντικατάσταση Al για Si πραγματοποιείται όταν ο λόγος Si/Al τείνει στο ένα. Ο τομσονίτης, giomondine και Gonnadite αποτελούν τους μόνους φυσικούς ζεόλιθους των οποίων ο λόγος Si/Al τείνει στη μονάδα. Ένας εμπορικής σημασίας ζεόλιθος που ονομάζεται Type έχει συντεθεί με λόγο Si/Al=1 (Kuzvart, 1984). Η πιο μικρή αντικατάσταση Al^{3+} από Si^{4+} είναι στον mordenite του οποίου ο λόγος Si/Al είναι περίπου 5. Παρόμοια με τους άστριούς, έτσι και οι ζεόλιθοι δίνουν αντικατάσταση του Ca^{2+} από Na^+ και K χωρίς να υποστεί κάποια αλλαγή η δομή του πλέγματος. Αυτή η τελευταία αντικατάσταση γίνεται να υπάρξει στους ζεόλιθους οποιαδήποτε στιγμή μετά από την κρυστάλλωση τους. Ο λόγος Si/Al ενός ζεόλιθου προκαθορίζεται σχεδόν από τη στιγμή της κρυστάλλωσης και δεν παρουσιάζει διαμόρφωση περιστασιακά ανάλογα με τη δυσκολία κίνησης του Si και Al στο πλέγμα. Ορισμένοι ερευνητές έχουν καταλήξει σε μια σχέση μεταξύ της περιεκτικότητας των ζεόλιθων σε νερό και το είδος του εναλλασσόμενου κατιόντος στη δομή. Γενικά ισχύει ότι η περιεκτικότητα των ζεόλιθων σε νερό αυξάνεται καθώς

μειώνεται η ακτίνα του κατιόντος (Kuzvart, 1984). Επιπλέον, η περιεκτικότητα σε νερό είναι μεγαλύτερη για ένα δισθενές κατιόν, απ' ότι για ένα μονοσθενές κατιόν με την ίδια ακτίνα.

Σε ότι αφορά τα περιβάλλοντα πετρώματα υπάρχει η πεποίθηση πως οι ζεόλιθοι είναι μεταξύ των πιο πυριτικών ορυκτών που απαντούν στα ιζηματογενή κοιτάσματα του τύπου αυτού και είναι τα πιο μεγάλα και πλέον ενδιαφέροντα από οικονομικής άποψης. Ο σχηματισμός τους γίνεται σε ποικίλα από άποψη ηλικίας, λιθολογίας και αποθέσεως περιβάλλοντα κατά τη διεργασία της διαγενετικής εξαλλοίωσης των ιζηματογενών πετρωμάτων.

ΖΕΟΛΙΘΟΙ ΑΝΑ ΤΟΝ ΚΟΣΜΟ

Η παραγωγή φυσικών ζεόλιθων σε παγκόσμιο επίπεδο έχει εκτιμηθεί πως είναι 2.730.000 τόνοι. (USGS, 2016)

Τα ποσοστά των αποθεμάτων του φυσικού ζεόλιθου στον κόσμο δεν έχουν υπολογιστεί. Η εξόρυξη του πραγματοποιείται σε πολλά κράτη αλλά οι εταιρίες σχεδόν ποτέ δεν δημοσιοποιούν δεδομένα που σχετίζονται με την εξόρυξη.

Έχει εκτιμηθεί ότι 120 εκατομμύρια τόνοι χαμπαζίτη, κλινοπτιλόλιθου, εριονίτη, μορντενίτη και φυλλήτη βρέθηκαν σε εναποθέσεις στην επαρχία Basin και Range στις ΗΠΑ. Τα αποθέματα του ζεόλιθου στις ΗΠΑ γίνεται να προσεγγίσουν τα 10 τρισεκατομμύρια τόνους.

Η τιμή των φυσικών ζεόλιθων διαφέρει από είδος σε είδος και ανάλογα με τη χρήση τους. Για βιομηχανική ή γεωργική χρήση, η τιμή κυμαίνεται από 30 ως 70 δολάρια τον τόνο για κοκκώδη προϊόντα και από 50 ως 120 δολάρια τον τόνο για εδαφοβελτιωτική χρήση. (USGS, 2016)

Ιαπωνία: το πρώτο κοιτάσμα ζεόλιθων με μεγάλη περιεκτικότητα σε κλινοπτιλόλιθο μέσα σε συμπαγείς πράσινους τόφφους καθώς και κοιτάσματα μορντενίτη μέσα σε μειονεκτικούς μπεντονίτες ανακαλύφθηκε το 1949. Πλέον στην Ιαπωνία εδρεύουν 14 εταιρείες που εκμεταλλεύονται κοιτάσματα ζεολίθων. Δύο από αυτές έχουν

παραγωγή μεγαλύτερη από 10.000 τόνους το χρόνο. Παράλληλα με τους ζεόλιθους γίνεται και εξόρυξη μοντοριλονίτη (Kuzvart, 1984).

ΗΠΑ: βρίσκονται 3 μεγάλα κοιτάσματα στην Αριζόνα, στην Καλιφόρνια και στη Νεβάδα. Το μέταλλευμα αποτελείται από χαβαζίτη, κλινοπτιλόλιθο και εριονίτη. Τελευταία, γίνεται χρήση των ζεόλιθων σε εμπορικές εφαρμογές (Kuzvart, 1984). Το 2015, 8 εταιρίες ασχολήθηκαν με την εξόρυξη ζεόλιθου και έγινε παραγωγή περίπου 72.400 τόνων φυσικού ζεόλιθου. Η εξόρυξη του κλινοπτιλόλιθου γίνεται στην California, στο Idaho, στο New Mexico, στο Oregon και στο Texas.

Ανακύκλωση: Είναι δυνατόν να ξαναχρησιμοποιηθούν οι ζεόλιθοι που χρησιμοποιούνται για αποξήρανση, απορρόφηση αερίων, καθαρισμό και φιλτράρισμα λυμάτων μετά την επαναεπεξεργασία τους. Παρόλα αυτά δεν διατίθενται πληροφορίες που σχετίζονται με την ποσότητα του ανακυκλώμενου φυσικού ζεόλιθου (USGS, 2016).

Κούβα: εκεί έχουν βρεθεί μεγάλες ποσότητες ζεόλιθων. Το μέταλλευμα αποτελείται από κλινοπτιλόλιθο, ευλανδίτη, μορντενίτη και ανάκλιμο. Τα στρώματα του μεταλλεύματος έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε Ca και χαμηλή σε Na. Στην Κούβα, η χρήση του ζεόλιθου πραγματοποιείται στον γεωργικό και στον κτηνοτροφικό τομέα (Kuzvart, 1984).

Όσον αφορά τον υπόλοιπο κόσμο κοιτάσματα ζεόλιθων που είναι πλούσια σε κλινοπτιλόλιθο, εργονίτη και μορντενίτη έχουν βρεθεί στην Α. Ευρώπη, στη Γερμανία στην Τουρκία και στην Ιταλία.

Στον Ελλαδικό χώρο, συστηματική έρευνα για ανεύρεση κοιτασμάτων ζεολίθων άρχισε να πραγματοποιείται από το ΙΓΜΕ από το 1980. Η έρευνα αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι οι ζεόλιθοι βρίσκουν εφαρμογή σε ένα ευρύ φάσμα που καθημερινώς μεγαλώνει και έχουν καταστεί από τα πιο πολύτιμα μη μεταλλικά ορυκτά (Κοσιάρης, 1991).

ΧΡΗΣΕΙΣ ΖΕΟΛΙΘΩΝ

Σύμφωνα με τον Dyer (1984), οι ζεόλιθοι χρησιμοποιούνται:

-Ως προσθετικά χορτομάζας: Στην Ιαπωνία βρίσκουν εφαρμογή ως προσθετικά μάζας γιατί στην χώρα δεν υπάρχουν διαθέσιμα άλλα πληρωτικά όπως π.χ. ο καολίνης. Στις αγορές της Ιαπωνίας χρησιμοποιείται πιο μεγάλη ποσότητα φυσικών ζεόλιθων. Συγκεκριμένα, γίνεται χρήση περίπου 44.000 τόνων το χρόνο. Η ποιότητα που χρησιμοποιείται είναι τόφφοι με κλινοπιλόλιθο. Το υλικό αυτό όταν είναι επεξεργασμένο αύξανει και το πάχος του χαρτιού.

-Ως εδαφοβελτιωτικό: Μια ποσότητα περίπου 5.000 – 6.000 τόνων ζεόλιθων χρησιμοποιείται σαν βελτιωτικό εδαφών στην Ιαπωνία. Η χρήση ζεόλιθων και κυρίως του κλινοπιλόλιθου είναι πολλαπλή. Πιο συγκεκριμένα, η χρήση ζεόλιθων με σωστό μέγεθος δε γίνεται μόνο για τον αερισμό των εδαφών και για την εξουδετέρωση όξινων εδαφών, αλλά και για τον αποτελεσματικό έλεγχο της ελευθέρωσης του αμμωνίου, του αζώτου και του καλίου από τα λιπάσματα. Συνεπώς, επιτυγχάνεται μεγαλύτερη συγκράτηση του λιπάσματος μέσα στο έδαφος και δεν ξεπλένεται τόσο γρήγορα από τα επιφανειακά νερά ή από τον ήλιο. Ο ζεόλιθος βρίσκεται στα λιπάσματα είτε με ακατέργαστη μορφή είτε εμπλουτισμένος από ιόντα αμμωνίου και καλίου. Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα με τη βοήθεια του ζεόλιθου να γίνει απομάκρυνση και κάποιων άλλων στοιχείων-βαρέων μετάλλων από το έδαφος όπως π.χ. του καδμίου, του χαλκού, του μαγγανίου και του ψευδαργύρου. Η χρήση του ακατέργαστου ζεόλιθου προτιμάται περισσότερο λόγω χαμηλότερου κόστους.

-Ως αποσκληρυντικό στα απορρυπαντικά: Σε ότι αφορά τον τομέα των απορρυπαντικών έχει συζητηθεί πολύ τον τελευταίο καιρό η χρήση του ζεόλιθου όχι μόνο ως αποσκληρυντικό του νερού αλλά και ως απορροφητικό των βαφών των χρωστικών ουσιών. Επιπλέον, χρησιμοποιείται και ως υπόστρωμα στο οποίο αποτίθενται τα ελάχιστα διαλυτά άλατα. Η αντικατάσταση του νατριούχου τριφωσφορικού άλατος το οποίο χρησιμοποιείται ως αποσκληρυντικό του νερού αποτελεί την κύρια τάση της εφαρμογής αυτής. Λόγω των υπερβολικών ποσοτήτων όμως του φωσφορικού άλατος προκαλείται σημαντική ρύπανση που έχει ως συνέπεια

την ανάγκη αντικατάστασης του από κάποιο άλλο συστατικό. Το μειονέκτημα του ζεόλιθου είναι ότι δεν προσδίδει λευκό χρώμα στα απορρυπαντικά σε αντίθεση με το φωσφορικό άλας. Στο μέλλον όμως αν προκύψει κάποια νομοθετική ρύθμιση τότε ο ζεόλιθος θα είναι αυτός που θα αντικαταστήσει το φωσφορικό άλας. Απαραίτητη όμως κρίνεται η μελέτη για το μέγεθος και το μοριακό σχήμα των ζεόλιθων ώστε να μην δημιουργηθεί πρόβλημα κατά την πλύση των ρούχων. Άρα, οι ζεόλιθοι θα μπορούσαν να αποτελέσουν μια πολύ προσοδοφόρα αγορά.

-Με προσθήκη του ζεόλιθου στο πλύσιμο (σε κατάλληλη μορφή), μπορεί να μειωθεί η ποσότητα του απορρυπαντικού ως και 70% αλλά και να εξαληφθεί η ανάγκη μαλακτικού.

-Με τη χρήση ζεόλιθου αυξάνεται η διάρκεια ζωής των υφασμάτων και μειώνονται οι πιθανότητες πρόκλησης αλλεργιών που προκαλούνται από τις χημικές ουσίες των απορρυπαντικών.

-Στην κτηνοτροφία: Οι Ιάπωνες έκαναν χρήση φυσικών ζεόλιθων (κλινοπτιλόλιθο, μορντενίτη) ως προσθετικό τροφών για τις κότες, τα χοιρινά και τα βοειδή. Παρατηρήθηκε πως αυτό είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του ρυθμού ανάπτυξης των ζώων, μείωση της αξίας των ζωοτροφών καθώς και των περιστατικών νόσων των πεπτικών οργάνων, ενώ παράλληλα επιτεύχθηκε προστασία της ζωοτροφής από το μούχλιασμα. Γενικά, φαίνεται πως ο ζεόλιθος συμπεριφέρεται ως ασπίδα προστασίας στο στομάχι των μυρμηκαστικών, στο οποίο εξαιτίας της εκλεκτικότητας στο ιόν του αμμωνίου, το άζωτο συγκεντρώνεται στο πεπτικό σύστημα του ζώου και η απελευθέρωση του γίνεται μόνο σταδιακά διαμέσου της ανταλλαγής ιόντων Na^+ και K^+ που προέρχονται από το σίελο που εισέρχεται στο στομάχι. Συνεπώς υπάρχει μεγαλύτερο όφελος διότι τα θρεπτικά συστατικά συγκρατούνται για μεγαλύτερο διάστημα στον οργανισμό του ζώου. Παρόλα αυτά πρέπει να γίνει μελέτη σχετικά με την αναλογία των ζεόλιθων στις ζωοτροφές για τα μέγιστα δυνατά αποτελέσματα. Επίσης, στις κτηνοτροφικές μονάδες με εφαρμογή ζεόλιθου στο δάπεδο σε ποσότητες 2-3 κιλά ανά τ.μ., απορροφάται η αμμωνία μειώνοντας και τις επιβλαβείς αναθυμιάσεις αφενός, και αφετέρου δύναται να χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα (Willis, 2002).

-Στις ιχθυοκαλλιέργειες: Γίνεται βασικά χρήση κλινοπιλόλιθου και λιγότερο μορντενίτη. Στα ιχθυοτροφεία, λόγω του ότι ο χώρος είναι κλειστός και δεν γίνεται παρατεταμένη ανανέωση των υδάτων, η αποβολή αμμωνίας από τα ίδια τα ψάρια μπορεί να προκαλέσει τοξικότητα. Η θνησιμότητα των ψαριών γίνεται να μειωθεί με την προσθήκη ζεόλιθου στο νερό διότι μειώνει την περιεκτικότητα της αμμωνίας. Παρόλα αυτά υπάρχει ένα μειονέκτημα σε αυτή την εφαρμογή διότι ο ζεόλιθος προτιμά να συγκρατεί τα ιόντα Na^+ αντί αυτά του αμμωνίου. Το μειονέκτημα αυτό παύει να υφίσταται με τη χρήση μεμβράνης «φίλτρου» το οποίο θα επιτρέπει στα ιόντα του αμμωνίου να διαπερνούν μέσα από αυτή, σε καθαρό νερό με χαμηλότερο pH, αφήνοντας πίσω τα ιόντα του Na^+ .

-Στον έλεγχο της ρύπανσης: Βάσει πρόσφατων μελετών, διαπιστώθηκε ότι οι ζεόλιθοι μπορούν να περιορίσουν τη ρύπανση σε πολλές εφαρμογές. Αυτό οφείλεται στην ικανότητα κάποιων συγκεκριμένων ζεόλιθων να ανταλλάσσουν εκλεκτικά κατιόντα σε ένυδρα διαλύματα. Κάποια πεδία εφαρμογών με μείζονα σημασία είναι τα ραδιενεργά κατάλοιπα, οι ακαθαρσίες των υπονόμων, τα απόβλητα των γεωργικών εργασιών, απομάκρυνση του SO_2 από συγκεντρώσεις αερίων, παραγωγή οξυγόνου και τέλος οι διαδικασίες καθαρισμού και διάλυσης πετρελαιοκηλίδων. Ο κλινοπιλόλιθος παρουσιάζει εκλεκτικότητα στην απομάκρυνση των ραδιενεργών καισίου και στροντίου από τα απόβλητα χαμηλού βαθμού των πυρηνικών εγκαταστάσεων. Μετά από την απομάκρυνση, τα ιόντα μπορούν να αποθηκευτούν εντός του ζεόλιθου ή να απομακρυνθούν με χημικά μέσα. Πολλοί υποστηρίζουν ότι μελλοντικά οι ζεόλιθοι θα παίξουν ουσιαστικό ρόλο στην ασφαλή ανάπτυξη της χρήσης της ραδιενέργειας μιας και η τιμή τους είναι χαμηλότερη από τις ρυτίνες που χρησιμοποιούνται έως σήμερα. Επιπλέον, η απομάκρυνση του SO_2 καθώς και άλλων αερίων θα αποτελέσει μια σημαντική εφαρμογή για τους φυτικούς ζεόλιθους. Παρά το υψηλό τους κόστος κάποιοι μορντενίτες και κλινοπιλόλιθοι έχουν την ικανότητα απορρόφησης περισσότερων των 200 mg SCVgr ζεόλιθου κάνοντας πιο εύκολη την απομάκρυνση του SO_2 . Η χρήση ζεόλιθων σε αυτή την εφαρμογή έχει πολύ μεγάλη σημασία διότι επιτρέπει στους γαιάνθρακες με υψηλή περιεκτικότητα σε S να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Ακόμη, στο χώρο της βιομηχανίας ο ζεόλιθος χρησιμοποιείται σε φίλτρα με σκοπό τη δέσμευση του διοξειδίου του άνθρακα αλλά και άλλων βλαβερών ενώσεων. Τέλος, μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο φιλτράρισμα των υγρών βιομηχανικών αποβλήτων δεσμεύοντας αρκετά τοξικά και ραδιενεργά

ιόντα αλλά και για την ανακύκλωση των υδάτων που προέρχονται από τη βιομηχανική δραστηριότητα.

-Για τον καθαρισμό των υγρών: Η χρήση των φυσικών ζεόλιθων, κυρίως του κλινοπτιλόλιθου έγινε για τον καθαρισμό και επεξεργασία των λυμάτων από τις βιομηχανικές και ξενοδοχειακές μονάδες στην Ιαπωνία και στις ΗΠΑ έχοντας εντυπωσιακά αποτελέσματα.

-Στα οικοδομικά υλικά: Μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως συστατικό στο τσιμέντο και στα χαμηλής αντοχής μονωτικά υλικά. Ακόμη, η χρήση των φυσικών ζεόλιθων μπορεί να γίνει ώστε να απομακρυνθεί το πλεονάζον διοξείδιο του άνθρακα από ορισμένα φυσικά αέρια για την παραγωγή πιο μεγάλης θερμότητας κατά τη διάρκεια της καύσης τους. Επιπλέον, οι ζεόλιθοι χρησιμοποιούνται για το διαχωρισμό του αζώτου και του οξυγόνου στον αέρα. Ο αέρας μετά από αυτόν τον διαχωρισμό έχει περιεκτικότητα 95% σε οξυγόνο, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα νοσοκομεία, στην επεξεργασία του ύδατος που θα χρησιμοποιηθεί για τον καθαρισμό των μετάλλων αλλά και στον αποχρωματισμό του χαρτοπολτού.

-Οι φυσικοί ζεόλιθοι έχουν την ικανότητα να δεσμεύουν με ιοντοανταλλαγή τα ιόντα των βαρέων μετάλλων όπως του μολυβδου, του χρωμίου, του χαλκού, του καδμίου, του μαγγανίου και να συμβάλλουν στην απομάκρυνση των ρυπαντών αυτών από βιομηχανικά και μεταλλευτικά απόβλητα. Τέλος, έχουν τη δυνατότητα δέσμευσης πολύτιμων και ημιπολύτιμων μετάλλων όπως ο χρυσός και ο άργυρος.

-Συμβάλλει στην συγκράτηση της υγρασίας ιδιαίτερα στα αμμώδη εδάφη. Η χρήση του ζεόλιθου γίνεται σε ποσότητες από 500 ως 1000 κιλά/στρέμμα σε ότι αφορά τις υπαίθριες καλλιέργειες και σε ποσοστό 5% ως 10% σε ότι αφορά τα μείγματα της ανθοκομίας.

-Ως συνεργηστικό υλικό στα χημικά λιπάσματα με σκόπο τη βραδεία αποδέσμευση τους. Επίσης, σε συνδυασμό με άμμο στα δοχεία των μικρών κατοικιδίων βοηθάει στην απορρόφηση των οσμών.

-Μπορεί να μειωθεί το φαινόμενο του ευτροφισμού στις λίμνες και σε άλλους υδάτινους όγκους με την προσθήκη ζεόλιθου ο οποίος εμπλουτίζει το νερό με οξυγόνο.

-Ως βελτιωτικό της διαύγειας του νερού.

-Συμβάλλει στην ανάπτυξη και στον πολλαπλασιασμό μεγάλου ποσοστού υδρόβιων οργανισμών.

ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗ ΛΙΠΑΝΣΗ

Η χρήση λιπασμάτων που διαφέρουν από τα χημικά λιπάσματα, όπως π.χ. κομπόστ, κοπριά, οργανικά λιπάσματα, με την πάροδο του χρόνου κέρδιζον έδαφος ως μια φιλική προς το περιβάλλον και συμβατή με την αειφορική πρακτική. (Knight and Newman, 2013)

Η προστασία του περιβάλλοντος, από την ανεξέλεγκτη χρήση των λιπασμάτων αλλά και την χρήση μη εγκεκριμένων χημικών σκευασμάτων τα οποία με τη σειρά τους προκαλούν επιβάρυνση στα εδάφη και συνεπώς στη φυτική παραγωγή, είναι πλέον απαραίτητη για κάθε μορφή γεωργικής δραστηριότητας. Συνάμα παρατηρείται η παγκόσμια τάση αξιοποίησης των φυσικών πόρων στις διάφορες μορφές γεωργιών ενώ στη βιομηχανία υπάρχει η τάση παραγωγής νέων τύπων λιπασμάτων καθώς και βελτίωση των υπαρχόντων με στόχο την αύξηση της αποτελεσματικότητας αυτών. (Maene 1995).

Παρατηρείται βάσει της μικρής αγρονομικής αποτελεσματικότητας (Nutrient Use Efficiency) των ανόργανων θρεπτικών στοιχείων, δηλαδή το ποσό των θρεπτικών τα οποία προσλαμβάνονται από τα φυτά σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο σε σύγκριση με το διαθέσιμο ποσό των θρεπτικών του εδάφους συμπεριλαμβανομένου από τυχόν προσθήκες, πως το διαθέσιμο ποσοστό για τα φυτά τον πρώτο χρόνο μετά την εφαρμογή του λιπάσματος είναι το 30-70% για το άζωτο (N), 10-25% για το φώσφορο (P) και 50-60% για το κάλιο (K).

Πιο συγκεκριμένα, σε χαρακτηριστικά πειράματα που έλαβαν χώρα στον αγρό αναφέρεται ότι από τα 132 κιλά/εκτάριο αζώτου που προστέθηκαν για τη λίπανση καλαμποκιού προσλήφθηκαν μόνο τα 45 (34%) (Cooke, 1964).

Αζωτούχος λίπανση

Γενικά για το άζωτο:

Το άζωτο αποτελεί ένα χημικό στοιχείο το οποίο ανήκει στα αμέταλλα, συμβολίζεται με N και έχει ατομικό αριθμό 7. Υπό κανονικές συνθήκες είναι διατομικό αέριο, δίχως χρώμα, οσμή και γέυση και σχετικά αδρανές. Βάσει ετυμολογίας η λέξη προέρχεται από τις λέξεις «α-» (στερητικό) και «ζωή». Δηλαδή έχει την έννοια ότι δεν υποστηρίζει τη ζωή, όπως το οξυγόνο. Αποτελεί το πιο διαδεδομένο χημικό στοιχείο στον ατμοσφαιρικό αέρα της Γης (78% του όγκου του) και είναι απαραίτητο συστατικό όλων των ζωντανών οργανισμών. Επίσης, ενωμένο υπάρχει σε όλους τους ζωντανούς ιστούς με τη μορφή πρωτεϊνών, αμινοξέων καθώς και άλλων χημικών ενώσεων. Ακόμη, στην ατμόσφαιρα, στο βρόχινο και θαλασσινό νερό, στο έδαφος και στα περιττώματα των ζώων υπό μορφή οξειδίων, αμμωνίας, νιτρικού οξέος, νιτρικών και αμμωνιακών αλάτων.

Ενώσεις του αζώτου

Η κατανάλωση του μεγαλύτερου μέρους του αζώτου γίνεται για την παραγωγή σημαντικών βιομηχανικών ενώσεων του. Συνεπώς, μεγάλες ποσότητες αζώτου χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με υδρογόνο για την συνθετική παραγωγή αμμωνίας, που αποτελεί τη μια από τις δύο πιο σημαντικές εμπορικές αζωτούχες ενώσεις. Έπειτα μέρος της αμμωνίας χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για παραγωγή νιτρικού οξέος, νιτρικών αλάτων και ανθρακικής σόδας.

Ακόμα, από την αμμωνία παρασκευάζεται η υδραζίνη, 2-4, ένα άχρωμο υγρό το οποίο βρίσκει εφαρμογή ως καύσιμο πυραύλων αλλά και σε άλλες βιομηχανικές εφαρμογές. Τη δεύτερη πιο σημαντική αζωτούχο ένωση αποτελεί το νιτρικό οξύ (εξαιρετικά διαβρωτικό υγρό), το οποίο χρησιμοποιείται για τη παραγωγή λιπασμάτων, χρωμάτων, φαρμάκων και εκρηκτικών. Στα συνθετικά λιπάσματα η πιο συνηθισμένη αζωτούχος ένωση είναι το νιτρικό αμμώνιο, NH_4NO_3 . Το άζωτο σε συνδυασμό με οξυγόνο μπορεί να δώσει διάφορα οξείδια του αζώτου όπως:

- α) το υποξείδιο του αζώτου ή αέριο του γέλωτος (laughing gas), N_2O , που χρησιμοποιείται ως αναισθητικό
- β) το μονοξείδιο του αζώτου, NO , που αντιδρά πολύ γρήγορα με οξυγόνο προς διοξείδιο του αζώτου και αποτελεί ατμοσφαιρικό ρύπο μεγάλης σημασίας

γ) το διοξείδιο του αζώτου, NO_2 , ενδιαμέσο για την παραγωγή νιτρικού οξέος αλλά και ισχυρό οξειδωτικό. Υπάρχουν και άλλα δυο οξείδια, το τριοξείδιο του διαζώτου (N_2O_3) και το πεντοξείδιο του διαζώτου (N_2O_5), τα οποία είναι πολύ ασταθή και εκρηκτικά.

Το πιο μεγάλο ποσοστό του εδαφικού αζώτου (98%) βρίσκεται υπό μορφή οργανικού αζώτου ενώ μόνο το 2% έχει ανόργανη μορφή. Κάθε χρόνο ένα ποσοστό περίπου 2-3% του οργανικού αζώτου παθαίνει ανοργανοποίηση και ελευθερώνεται με μορφή αμμωνίας σε νιτρώδη και τελικά σε νιτρικά, ενώ ταυτόχρονα γίνεται ενσωμάτωση ενός μέρους του αζώτου στα κύτταρα των μικροοργανισμών οι οποίοι πραγματοποιούν τις διασπάσεις (ακινητοποίηση).

Στο έδαφος η δέσμευση του N γίνεται ως εξής:

- 1) με δέσμευση ατμοσφαιρικού N_2 μέσω συμβιωτικών και ελεύθερων στο έδαφος μικροοργανισμών.
- 2) με μεταφορά διαλυτών αζωτούχων ενώσεων και κυρίως ανόργανων με τη βοήθεια ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων.
- 3) με τη χρήση αζωτούχων λιπασμάτων καθώς και με την επιστροφή υπολειμμάτων της καλλιέργειας στο έδαφος.

Στο έδαφος οι απώλειες N γίνονται ως εξής:

- 1) με την έκπλυση κυρίως των νιτρικών και με απομάκρυνση του επιφανειακού εδάφους εξαιτίας της διάβρωσης.
- 2) με τη δημιουργία πτητικών ενώσεων όπως π.χ. NH_3 , υποξείδια N_2 και στοιχειακό N_2 και διαφυγή αυτών στην ατμόσφαιρα. Γίνεται παραγωγή αέριας αμμωνίας σε αλκαλικό περιβάλλον ($7,3 < \text{pH} < 8,4$) παρουσία ελεύθερων ανθρακικών. Επίσης, γίνεται παραγωγή υποξειδίων N και N_2 κατά την αναγωγή των νιτρικών υπό αναερόβιες συνθήκες, δηλαδή από «προαιρετικά αναερόβια» βακτήρια τα οποία χρησιμοποιούν τα νιτρικά σαν πηγή οξυγόνου για την παραγωγή ενέργειας μέσω της γνωστής διαδικασίας της απονιτροποίησης.
- 3) μέσω της απομάκρυνσης της γεωργικής παραγωγής και των υπολειμμάτων της.

Βιολογικός κύκλος του αζώτου

Μη βιολογική δέσμευση του αζώτου

Με τον όρο αζωτοδέσμευση εννοούμε την μετατροπή του μοριακού αζώτου σε κάποια από τις ανόργανες μορφές. Ο διαχωρισμός των δύο ατόμων αζώτου που συνδέονται με τριπλό δεσμό είναι αυτός που αποτελεί το πιο σημαντικό κομμάτι αυτής της λειτουργίας. Το άζωτο αποτελεί ένα πάρα πολύ σταθερό γραμμομόριο. Η αζωτοδέσμευση σαν διεργασία είναι πολύ δυσχερής και οι συνθήκες για την αζωτοδέσμευση παρουσιάζονται μέσω της διεργασίας Haber.

Η διεργασία Haber σχετίζεται με την αντίδραση του N_2 και του H_2 σε υψηλή θερμοκρασία και πίεση με σκοπό το σχηματισμό NH_3 . Εν συνεχεία γίνεται οξείδωση αμμωνίας σε HNO_3 . Η χρήση της αντίδρασης Haber γίνεται σήμερα για την αζωτοδέσμευση στις βιομηχανίες των αζωτούχων λιπασμάτων.

Επίσης, υπάρχει και ένας δεύτερος τρόπος με τον οποίο το άζωτο της ατμόσφαιρας μπορεί να δεσμευτεί. Αυτό γίνεται διαμέσου των ηλεκτρικών εκκενώσεων οι οποίες δημιουργούνται κατά τη διάρκεια των καταιγίδων. Κατά τις ηλεκτρικές εκκενώσεις γίνεται σχηματισμός οξειδίων αζώτου τα οποία στη συνέχεια ενυδατώνονται με υδρατμούς και επιστρέφουν στο έδαφος με την μορφή νιτρικών και νιτρικών ιόντων.



Αν και οι διεργασίες αυτές είναι σημαντικές, μεγάλο ποσό αζώτου δεσμεύεται από ζωντανούς οργανισμούς (Μήτσιος, 2004)

Βιολογική δέσμευση του αζώτου

Αντίθετα με τη χημική δέσμευση του αζώτου, η βιολογική δέσμευση γίνεται στους $25^\circ C$ και 1 Atm πίεση, βάσει της αντίδρασης: $2N + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$

Η βιολογική αζωτοδέσμευση μπορεί να γίνει με δυο τρόπους ή με μη συμβιωτικούς μικροοργανισμούς οι οποίοι ζουν ελεύθερα ή με κάποια βακτήρια, τα οποία συμβιώνουν με τα ανώτερα φυτά. Στην πρώτη κατηγορία συμπεριλαμβάνονται αερόβιοι μικροοργανισμοί του εδάφους (Azotobacter) αναερόβιους μικροοργανισμούς (Clostridium sp.), φωτοσυνθετικά βακτήρια (Rhodospirillum rubrum) καθώς και φύκη (Mycophyceae).

Μη συμβιωτική αζωτοδέσμευση

Τα κυανοβακτήρια που ζουν ελεύθερα σε υδάτινους όγκους στις επιφάνειες παρουσιάζουν την ικανότητα δέσμευσης ατμοσφαιρικού αζώτου. Σε αρκετές περιπτώσεις τα κυανοπράσινα φύκη αποτελούν πρόβλημα διότι το οργανικό άζωτο που απελευθερώνεται από τα νεκρά φύκη επωφελεί την αύξηση υδροχαρών φυτών προκαλώντας το φαινόμενο του ευτροφισμού. Παρόλα αυτά τα φύκη μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως λίπασματα ή ζωοτροφή. Επιπλέον, πολλά ελευθέρως ζώντα βακτήρια, έχουν την ικανότητα αζωτοδέσμευσης. Σε αυτά ανήκουν είδη του γένους *Clostridium* τα οποία είναι αναερόβια. Ακόμα, είδη του γένους *Klebsiella* μπορούν να αναπτυχθούν με ή χωρίς 2 και συναντώνται ελευθέρως ζώντα ή ως συμβιωτικά. Τέλος, υπάρχει και το γένος *Azotobacter*, το οποίο ανήκει στα αναερόβια βακτήρια. Τα ελευθέρως ζώντα βακτήρια συμβάλλουν μέτρια στην δέσμευση του αζώτου σε παγκόσμια κλίμακα. (Μήτσιος, 2004)

Συμβιωτική αζωτοδέσμευση

Τα ψυχανθή έχουν την δυνατότητα αζωτοδέσμευσης, συνεπώς γίνεται εφοδιασμός του εδάφους με N. Αυτό επιτυγχάνεται με τη βοήθεια του γένους *Rhizobium* το οποίο σχηματίζει φυμάτια στις ρίζες. Γενικά, γίνεται χρήση εμπορικών σκευασμάτων με μόλυσμα από *Rhizobium* με σκοπό την αύξηση της παραγωγικότητας. Επίσης, η αμειψισπορά με ψυχανθή - μη ψυχανθή μπορεί να επιφέρει αύξηση της παραγωγικότητας. Έτσι, οι αζωτούχες ενώσεις του προηγούμενου έτους βοηθούν στη λίπανση της καλλιέργειας του επόμενου έτους. (Μήτσιος, 2004)

Δυναμική του N στο έδαφος

Όταν ο λόγος $C/N < 20$ τότε η απελευθέρωση του αζώτου γίνεται με διάσπαση της οργανικής ουσίας. (Ανοργανοποίηση)

Όταν ο λόγος $C/N = 20-30$ τότε το άζωτο ούτε ακινητοποιείται αλλά και ούτε απελευθερώνεται.

Όταν ο λόγος $C/N > 30$ τότε το εδαφικό άζωτο ακινητοποιείται.

Η ανοργανοποίηση πραγματοποιείται σε τρία στάδια:

1) Αμινοποίηση: Υδρόλυση των πρωτεϊνών και απελευθέρωση αμινών και αμινοξέων με τη συμβολή ετερότροφων οργανισμών.

Πρωτεΐνη $\text{RNH}_2 + \text{CO}_2 + \text{Ενέργεια} + \text{Λοιπά προϊόντα}$

2) Αμμωνιοποίηση: Πραγματοποιείται με τη βοήθεια ετερότροφων οργανισμών και γίνεται σχηματισμός NH_3 από το αμινικό άζωτο.

$\text{RNH}_2 + \text{HOH} \rightarrow (50-70^\circ \text{C}) \text{NH}_3 + \text{R} - \text{OH} + \text{Ενέργεια}$

3) Νιτροποίηση: Γίνεται γρήγορη οξείδωση της αμμωνιακής μορφής του αζώτου σε νιτρική με τη συμβολή δύο ομάδων νιτροποιητικών βακτηρίων:

$\text{NH}_3 + 3/2\text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+ \quad \Delta\text{G} = -66.5 \text{ Kcal}$

Με τη συμβολή των βακτηρίων *Nitrosomonas* έχουμε μετατροπή NH_3 σε NO_2^-

$\text{NO}_2^- + 1/2 \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3^- \quad \Delta\text{G} = -17.5 \text{ Kcal}$

Με τη συμβολή των βακτηρίων *Nitrobacter* υφίσταται οξείδωση των νιτρωδών ιόντων σε νιτρικά. (Μήτσιος, 2004)

Ακινητοποίηση: Πρόκειται για μετατροπή του ανόργανου N (NH_4^+ ή NO_3^-) σε οργανικό N. Αποτελεί αντιστροφή της διαδικασίας ανοργανοποίησης του N (Μήτσιος, 2004).

ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ ΒΡΑΔΕΙΑΣ ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗΣ

Από τα ποσά αζώτου που χορηγούνται στα φυτά μέσω των λιπασμάτων, μόνο το 50-60% μπορεί να προσληφθεί. Η έκπλυση και η διήθηση του αζώτου στα βαθύτερα εδαφικά στρώματα, καθώς και η απομάκρυνση του από το έδαφος προς την ατμόσφαιρα με αέρια μορφή είναι δυο σημαντικοί παράγοντες που προκαλούν απώλειες αζώτου. Τελευταία έχουν αναπτυχθεί διάφοροι τύποι λιπασμάτων βραδείας απελευθέρωσης που απελευθερώνουν σταδιακά τα θρεπτικά στοιχεία στο έδαφος. Αυτό έχει ως σκοπό τη μείωση των απωλειών αζώτου που προαναφέρθηκε.

Με τον όρο βραδεία απελευθέρωση εννοείται ότι καθόλου η πολύ μικρή ποσότητα N, είναι διαθέσιμη στην αρχή της περιόδου και έπειτα ακολουθεί ταχεία απελευθέρωση N που την κάνει διαθέσιμη στο φυτό.

Κάποια από τα πλεονεκτήματα χρήσης λιπασμάτων βραδείας απελευθέρωσης, σε ότι αφορά τη βελτίωση της απορρόφησης N από τα φυτά είναι τα εξής:

- 1) Μειώνεται η απώλεια N με έκπλυση και επιφανειακή απορροή.
- 2) Μειώνεται η χημική και βιολογική ακινητοποίηση του N.
- 3) Μειώνεται η απώλεια N ως NH_3 ή με απονιτροποίηση.

Γενικότερα πλεονεκτήματα της χρήσης λιπασμάτων βραδείας απελευθέρωσης:

- 1) Μειώνεται η ζημιά των σπόρων ή των σπορόφυτων που προκαλείται από υψηλή τοπική συγκέντρωση λιπάσματος
- 2) Μειώνεται το κάψιμο των φύλλων που προκαλείται από μεγάλες δόσεις επιφανειακών χορηγούμενων λιπασμάτων
- 3) Πιο καλή εποχιακή κατανομή και υψηλότερη υπολειμματική αξία του χορηγούμενου N.
- 4) Οικονομία εργατικών από τη χορήγηση.
- 5) Βελτιωμένη συντηρησιμότητα των προϊόντων.

Τα βραδείας απελευθέρωσης λιπάσματα ανήκουν στις εξής 4 κατηγορίες:

- 1) Υδατοδιαλυτά λιπάσματα τα οποία περιέχουν NH_4^+ ή NO_3^- , και η διαλυτοποίηση ρυθμίζεται από ένα φυσικό εμπόδιο πχ. την επικάλυψη.
- 2) Λιπάσματα που χαρακτηρίζονται από μικρή διαλυτότητα στο νερό και περιέχουν διαθέσιμη μορφή N
- 3) Λιπάσματα με περιορισμένη διαλυτότητα στο νερό, στα οποία η μικροβιακή δράση απελευθερώνει το διαθέσιμο N στο φυτό.
- 4) Υδατοδιαλυτά ή σχετικά υδατοδιαλυτά λιπάσματα τα οποία διασπώνται σταδιακά και γίνεται η απελευθέρωση του N.

Η ταχύτητα με την οποία απελευθερώνονται τα στοιχεία γίνεται να τροποποιηθεί με τη χρήση χημικών προσθέτων, όπως π.χ. αναστολέων της νιτροποίησης αλλά και του ενζύμου ουρεάση τα οποία επηρεάζουν τις μετατροπές του Ν στο έδαφος.

Η επικάλυψη αποτελεί μια τεχνική που χρησιμοποιείται ώστε να μεταβληθεί η ταχύτητα εισόδου του Ν από υδατοδιαλυτά λιπάσματα στο εδαφικό διάλυμα.

Όσον αφορά τις επικαλύψεις υπάρχουν τρία είδη:

- 1) Καλύμματα με πολύ μικρές οπές διαμέσου των οποίων γίνεται η διάχυση των απελευθερωμένων θρεπτικών στοιχείων.
- 2) Αδιαπέρατα καλύμματα, τα οποία πρέπει να διαρραγούν με χημικό ή βιολογικό τρόπο πριν να απελευθερωθεί το Ν.
- 3) Ημιδιαπερατά καλύμματα στα οποία γίνεται η διάχυση του νερού μέχρις ότου η εσωτερική οσμωτική πίεση σπάσει το κάλλυμα. (Θεριός, 2005)

ΚΟΠΡΙΑ

Η κοπριά βοηθάει ώστε να βελτιωθούν οι φυσικές ιδιότητες του εδάφους, δηλαδή συμβάλλει στην αύξηση της υδατοχωρητικότητας, του αερισμού και της αποστράγγισης. Επιπλέον, με την κοπριά γίνεται να αυξηθεί η διαθεσιμότητα του Ρ με τα οργανικά οξέα που περιέχει. Η σύσταση της κοπριάς εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως το είδος του ζώου, το σιτηρέσιο που χρησιμοποιείται, το είδος της στρωμνής καθώς και από τον τρόπο που ζυμώνεται και διατηρείται η κοπριά. Η κοπριά των πουλερικών έχει μεγάλη συγκέντρωση θρεπτικών στοιχείων, έπειτα ακολουθεί η κοπριά των προβάτων και κατόπιν των βοειδών και ίππου.

Γενικά κατά κανόνα, ένα σιτηρέσιο που είναι πλούσιο σε πρωτεΐνη δίνει κοπριά πλούσια σε άζωτο. Η κοπριά αποτελεί βασικά αζωτούχο λίπασμα και λιγότερο καλιούχο. Τα θρεπτικά στοιχεία απελευθερώνονται από την κοπριά βραδέως.

Τα στάδια ανοργανοποίησης του οργανικού αζώτου είναι τρία:

- 1) Αμινοποίηση
- 2) Αμμωνιοποίηση
- 3) Νιτροποίηση

Όταν το κλίμα που επικρατεί είναι ξηροθερμικό το άζωτο απελευθερώνεται από την κοπριά σε 2 με 3 έτη.

Ζύμωση

Η ζύμωση της κοπριάς μπορεί να γίνει υπό αναερόβιες αλλά και αερόβιες συνθήκες με πιο κατάλληλη θερμοκρασία αυτή των 55° C εσωτερικά του σωρού. Εξωτερικά, στην επιφάνεια της σωρού επικρατούν αερόβια βακτήρια ενώ στο εσωτερικό αναερόβια. Επίσης, εξωτερικά της κοπροσωρού γίνεται διάσπαση των αζωτούχων οργανικών ενώσεων σε αμίδια, αμινοξέα και τέλος σε NH_4^+ . Ακόμη, γίνεται υδρόλυση της ουρίας και παράγεται ανθρακικό αμμώνιο το οποίο εκπλύνεται με το βρόχινο νερό. Το NH_4^+ υπο αερόβιες συνθήκες δίνει NO_3^- ή NO_2^- .

Το κάλιο βρίσκεται σε ευδιάλυτη μορφή και η έκπλυση του γίνεται εύκολα με τις βροχές καθώς και με την διαβροχή του σωρού της κοπριάς.

Ο φώσφορος στη νωπή κοπριά βρίσκεται σε οργανική μορφή και μετατρέπεται σε ανόργανο κατά την ανοργανοποίηση. (Θεριός, 2005)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Στο πείραμα που έλαβε χώρα στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή του Βελεστίνου μεταφύτεύθηκαν φυτά κρεμμυδιού κατά την περίοδο 2015-2016 και έγινε φύτευση πατάτας κατά την περίοδο 2016-2017 σε έκταση περίπου 300 m^2 . Η έκταση αυτή λιπάνθηκε με 5 διαφορετικές μεταχειρήσεις όπως: ((B)-Βραδείας απελευθέρωσης, (T1)-N-Λίπασμα 21-0-0, (T2)-Ζεόλιθος με λίπασμα, (T3)-Κοπριά με λίγο λίπασμα, (C)-Μάρτυρας, με 4 επαναλήψεις η κάθε μεταχείριση (H-1, H-2, H-3, H-4)

Μεταχειρήσεις λίπανσης:

Ζεόλιθος-Mix (T2) → ζεόλιθος(3.300kg) + Θευκή αμμωνία 21-0-0 (260g)

Συμβατικό λίπασμα (T1) → 21-0-0 Θευκή αμμωνία

Κοπριά με λίγο λίπασμα (T3) → Χωνεμένη

Βραδείας απελευθέρωσης (B) → 46-0-0 ουρία

Μάρτυρας-Control (C)

Πειραματικός σχεδιασμός στο αγρόκτημα

Κρεμμύδι/Πατάτα

20→B3	10→C3
19→B4	9→T3,3
18→B1	8→T2,2
17→B2	7→T1,2
16→T3,4	6→T3,2
15→C4	5→C2
14→T2,4	4→C1
13→T1,4	3→T3,1
12→T1,3	2→T1,1
11→T2,3	1→T2,1

ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Οι εργασίες που πραγματοποιήθηκαν στο πείραμα που έγινε στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας το έτος 2015 (καλλιέργεια κρεμμυδιού) και το 2016 (καλλιέργεια πατάτας) είχαν την εξής χρονολογική σειρά.

Σε ό,τι αφορά στο αγρόκτημα:

Η προετοιμασία των λιπασμάτων που εφαρμόστηκαν στα πειραματικά τεμάχια έγινε στις 27/2/2015 (κρεμμύδι) και στις 29/3/2016 (πατάτα).

Ο σχεδιασμός των πειραματικών αγροτεμαχίων και η λίπανση πραγματοποιήθηκε στις 2/3/2015 (κρεμμύδι) και στις 1/4/2016 (πατάτα).

Η εφαρμογή ζιζανιοκτόνου STOMP και η ενσωμάτωση έγιναν στις 5/3/2015 (κρεμμύδι) και στις 4/4/2016 (πατάτα).

Η μεταφύτευση των φυταρίων έγινε στις 10/3/2015 (κρεμμύδι) και η φύτευση στις 15/4/2016 (πατάτα).

Πρώτη δειγματοληψία εδάφους στις 12/4/2015 (κρεμμύδι) και στις 20/5/2016 (πατάτα).

Δεύτερη δειγματοληψία εδάφους στις 20/6/2015 (κρεμμύδι) και στις 24/7/2016 (πατάτα).

ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ – ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΑΣ

ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

1. Προκατεργασία δείγματος

Τα δείγματα του εδάφους απλώθηκαν και αφέθηκαν για κάποιο χρονικό διάστημα ώστε να ξηρανθούν με τη βοήθεια του ατμοσφαιρικού αέρα και έπειτα λειοτριβήθηκαν σε πορσελάνινο γουδί. Ακολούθησε κοσκίνισμα σε κόσκινο με μέγεθος ανοιγμάτων 2 mm και αποθήκευση των δειγμάτων σε πλαστικές σακούλες στην αποθήκη στερεών.

2. pH

Προκειμένου να γίνει η μέτρηση του pH ζυγίσαμε περίπου 10 g εδάφους και τα τοποθετήσαμε σε φιαλίδια τύπου falcon των 50 mL. Στη συνέχεια προσθέσαμε 25 mL απιονισμένου νερού και ανακινήσαμε τα δείγματα για ένα δεκάλεπτο. Μετά την ανάδευση αφέθηκαν σε ηρεμία για 30 λεπτά. Η μέτρηση του pH έγινε με τη βοήθεια του ηλεκτρονικού πεχαμέτρου. Πριν τη μέτρηση πραγματοποιήθηκε καλιμπράρισμα του πεχαμέτρου με ρυθμιστικά διαλύματα pH 7 και pH 4.

3. Ηλεκτρική αγωγιμότητα

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα ενός διαλύματος ερμηνεύεται ως ένας δείκτης της περιεκτικότητας του διαλύματος αυτού σε άλατα. Το τελείως καθαρό νερό αποτελεί κακό αγωγό του ηλεκτρικού ρεύματος, και η διέλευση αυτού πραγματοποιείται μόνο μέσω των διαλυμένων συστατικών (δηλαδή αλάτων) του διαλύματος. Επομένως όσο πιο υψηλή η περιεκτικότητα ενός διαλύματος σε άλατα, τόσο πιο μεγάλη η ηλεκτρική αγωγιμότητα του (ισχύει και το αντίστροφο: δηλαδή, όσο πιο απιονισμένο το νερό, τόσο μεγαλύτερη η ηλεκτρική αντίσταση του). Το εκχύλισμα κορεσμού αποτελεί την καλύτερη προσέγγιση του εδαφικού διαλύματος, συνεπώς η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στο εκχύλισμα κορεσμού είναι η πιο αντιπροσωπευτική ώστε να γίνει η εκτίμηση της αλατότητας του εδάφους. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα μετράται σε mS/cm ή $\mu\text{S}/\text{cm}$. Εδάφη που δεν παρουσιάζουν προβλήματα αλατότητας έχουν ηλεκτρική αγωγιμότητα $< 2 \text{ mS}/\text{cm}$ ή $< 2000 \mu\text{S}/\text{cm}$.

Στο εργαστήριο, για τη μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ζυγίστηκαν 10 γραμμάρια εδάφους σε φιαλίδια τύπου falcon των 50 mL. Στη συνέχεια έγινε προσθήκη 50 mL απιονισμένου νερού και ακολούθησε ανάδευση για 20 λεπτά. Τέλος, η μέτρηση των δειγμάτων έγινε σε αγωγιμόμετρο.

4. Μέτρηση νιτρικού αζώτου:

Δημιουργία standard για καμπύλη βαθμολόγησης και για μέτρηση NO₃-N

Για τη δυνατότητα καλύτερης μελέτης και σύγκρισης των αποτελεσμάτων κρίνεται αναγκαία η δημιουργία των standard για την καμπύλη βαθμονόμησης. Ζυγίσαμε 0.7216 g KNO₃ σε 1000 mL H₂O, και με αυτόν τον τρόπο δημιουργήθηκαν stock solution 1000 mg NO₃-N L⁻¹ (1000 ppm N). Από τούτο το διάλυμα έγινε λήψη 10 mL τα οποία αραιώθηκαν σε ογκομετρική φιάλη 1000 mL και έτσι παρασκευάσαμε διάλυμα 10 mg NO₃-N L⁻¹ (10 ppm N). Από αυτό το διάλυμα δημιουργήθηκαν και τα standard του NO₃-N: Σε ογκομετρικές φιάλες των 100 mL έγινε προσθήκη 0,1,2,3,4,5,7,10,15,20,25 και 30 mL του διαλύματος 10 ppm NO₃-N, και έγινε η συμπλήρωση των όγκων μέχρι τη χαραγή με 2 M KCl. Ως αποτέλεσμα, είχαμε τη δημιουργία σωστών standard διαλυμάτων με αντιστιχες συγκεντρώσεις 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.7, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, και 3.0 mg NO₃-N L⁻¹ (ppm N).

Αναλυτική μέτρηση στο φασματοφωτόμετρο

Υπάρχει πιθανότητα τα εκχυλίσματα να χρειαστούν αραιώση 10 φορές. Η μέτρηση των νιτρικών γίνεται χωρίς την ανάπτυξη χρώματος στα 210 nm και 270 nm στο υπεριώδες φάσμα του φασματοφωτομέτρου αποκλειστικά με κυψελίδες χαλαζία. Η τιμή που παίρνουμε στα 270 nm αφαιρείται από την τιμή που παίρνουμε στα 210 nm. Ο υπολογισμός των αποτελεσμάτων γίνεται με τον ακόλουθο τύπο ως εξής:

$$\text{Νιτρικό N (mg kg}^{-1}\text{)} = A * (\text{φορές αραιώση}) * (\text{mL διαλύματος εκχύλισης} / B)$$

Όπου A είναι η συγκέντρωση έτσι όπως μετρείται στο φασματοφωτόμετρο και B το βάρος του εδάφους σε g.

$$\text{Νιτρικό N (mg kg}^{-1}\text{)} = 200 * A/B$$

Το αποτέλεσμα που προέκυψε πολλαπλασιάστηκε επί τις φορές που έγινε αραιώση.

5. Μέτρηση του φωσφόρου με τη μέθοδο Olsen

Λόγω της υπολειμματικής δράσης του φωσφόρου δεν είναι απαραίτητη η εφαρμογή φωσφορικών λιπασμάτων κάθε χρόνο, εξαιρουμένων κάποιων εξαιρετικών περιπτώσεων όπου χρειάζεται ετησίως. Είναι απαραίτητη η δειγματοληψία πριν από την έναρξη της καλλιεργητικής περιόδου με σκοπό τον υπολογισμό του εκχυλίζομενου P. Η εκχύλιση κατά Olsen είναι η πλέον διαδεδομένη για τα πιο πολλά εδάφη της Ελλάδας. Γενικότερα, για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της εκχύλισης ισχύουν τα ακόλουθα:

Αν η σύσταση του εδάφους είναι ελαφριά, τότε εφαρμόζουμε όλη τη δόση του λιπάσματος αν ο Olsen-P είναι <10 , τη μισή δόση αν ο Olsen-P είναι 10-15 και καθόλου λίπασμα στην περίπτωση όπου ο Olsen-P είναι >15 .

Αν η σύσταση του εδάφους είναι μέση, τότε εφαρμόζουμε όλη τη δόση του λιπάσματος αν ο Olsen-P είναι <15 , τη μισή δόση αν ο Olsen-P είναι 15-20 και καθόλου λίπασμα στην περίπτωση όπου ο Olsen-P είναι >20 .

Αν η σύσταση του εδάφους είναι βαριά, τότε εφαρμόζουμε όλη τη δόση του λιπάσματος αν ο Olsen-P είναι <20 , τη μισή δόση αν ο Olsen-P είναι 20-25 και καθόλου λίπασμα στην περίπτωση όπου ο Olsen-P είναι >25 .

Διαδικασία εκχύλισης, ανάπτυξης χρώματος και μέτρησης

Βήμα 1^ο

-Ζυγίζεται περίπου 1g εδάφους (αλλά ακριβώς καταγεγραμμένο) σε πλαστικά φιαλίδια τύπου falcon των 50 mL.

-Προσθήκη 20 mL 0,5 M NaHCO_3 pH 8.5

-Ανάδευση για μισή ώρα και διήθηση με χρήση διηθητικού χαρτιού.

Βήμα 2^ο

Έγινε ανάπτυξη κυανού χρώματος στο διήθημα με τον ακόλουθο τρόπο:

-Λήψη 5 mL εκχυλίσματος και προσθήκη σε ογκομετρική φιάλη των 50 mL.

-Έπειτα προσθήκη 5 mL αντιδραστηρίου B (προσεκτικά και αργά ώστε να μην αφρίσει έντονα), και ανάδευση ελαφρά μέχρι την παύση του αφρισμού (στην ουσία περίπου 10 φορές επί 2-3 λεπτά

- Συμπλήρωση του όγκου προσεκτικά μέχρι τη χαραγή με απεσταγμένο νερό
- Αναμονή το λιγότερο για 30 λεπτά (πιθανόν και περισσότερο), μέχρι την ανάπτυξη χρώματος.

Βήμα 3^ο

Με τη βοήθεια ογκομετρικών φιαλών 25 mL, έγινε ανάπτυξη χρώματος σε διαλύματα με γνωστή συγκέντρωση, προκειμένου να χαραχθεί η καμπύλη βαθμολόγησης, βάσει των στοιχείων του παρακάτω Πίνακα:

ppm P που δημιουργούμε	Προσθήκη σε mL διαλύματος «5 ppm P»	Προσθήκη σε mL διαλύματος «0,5M NaHCO ₃ »	Προσθήκη σε mL Αντιδραστηρίου B
0	0	5	2,5
0,1	0,5	5	2,5
0,2	1	5	2,5
0,4	2	5	2,5
0,6	3	5	2,5
0,8	4	5	2,5
1,0	5	5	2,5
1,2	6	5	2,5

Μετά την προσθήκη των παραπάνω, έγινε προσεκτική συμπλήρωση της φιάλης μέχρι τη χαραγή με απεσταγμένο νερό και αναμονή για 30 λεπτά μέχρι την ανάπτυξη του χρώματος.

Το εκχύλισμα στο οποίο έγινε η ανάπτυξη κυανού χρώματος, μετρήθηκε σε φασματοφωτόμετρο σε μήκος κύματος 882 nm.

6. Ανταλλάξιμα Κατιόντα

A) Η σημασία της μέτρησης των ανταλλάξιμων κατιόντων

Τα ανταλλάξιμα κατιόντα απαντώνται προσροφημένα στα κolloειδή του εδάφους, και διακρίνονται σε όξινα (H⁺, Al³⁺, Fe³⁺) και σε βασικά (ή μη όξινα, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺,

Na⁺). Από αυτά που ανήκουν στα βασικά κατιόντα, τα τρία πρώτα θεωρούνται σημαντικά θρεπτικά, συνεπώς η μέτρηση τους συνδέεται με τη γονιμότητα του εδάφους. Σε εδάφη με pH > 7 το σύνολο των βασικών κατιόντων σε ισοδύναμο βάρος (ή αλλιώς ο βαθμός κορεσμού σε βάσεις, B.K.B.) είναι σχεδόν ίσος με την ΙΑΚ του εδάφους, ενώ αντίθετα σε εδάφη με πιο χαμηλό pH ο B.K.B. αποτελεί ένα μόνο ποσοστό της ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων (ΙΑΚ) (και τότε το υπόλοιπο ποσοστό της ΙΑΚ καταλαμβάνεται από όξινα κατιόντα). Η μέτρηση των βασικών ανταλλάξιμων γίνεται ή σε mg kg⁻¹, είτε σε cmol kg⁻¹. Για την μετατροπή των τιμών από mg kg⁻¹ σε cmol kg⁻¹ κάνουμε διαίρεση με το συντελεστή 10*Eq, όπου Eq = μοριακό βάρος/σθένος. Παραδείγματος χάρη, ασβέστιο με συγκέντρωση 1200 mgkg⁻¹ (ατομικό βάρος 40 g, σθένος 2, άρα Eq = 20 g) είναι ίσο με 1200/(10*20) = 1200/200 = 6 cmol kg⁻¹. Τα ανταλλάξιμα κατιόντα του εδάφους θεωρούμε πως διατίθενται όλα στις καλλιέργειες. Συνεπώς, για την εκτίμηση των διαθέσιμων: ασβέστιο, μαγνήσιο, κάλιο και νάτριο του εδάφους γίνεται μέτρηση των ανταλλάξιμων ποσοτήτων τους. Η ανταλλαγή πρέπει να γίνει με ένα κατιόν με παρόμοια χημική δράση, όπως π.χ. το NH⁴⁺. Με την προσθήκη διαλύματος 1 M CH₃COONH₄ pH 7 (οξικό αμμώνιο), τα ανταλλάξιμα κατιόντα ανταλλάσσονται με αμμώνιο, άρα είναι εφικτή η μέτρηση τους.

B) Η σημασία υπολογισμού του ανταλλάξιμου Κ

Για τις πρακτικές λίπανσης σε κάλιο απαιτείται ο υπολογισμός της ποσότητας «επάρκειας του καλίου» στο έδαφος. Στην περίπτωση όπου το ανταλλάξιμο κάλιο υπολογιστεί ίσο ή μεγαλύτερο από το «κάλιο επάρκειας», τότε δε γίνεται λίπανση. Αν από την άλλη υπολογιστεί μικρότερο από το επαρκές κάλιο, τότε λιπαίνουμε κανονικά. Το επίπεδο επάρκειας του καλίου εξαρτάται από την ΙΑΚ του εδάφους, οπότε και από την περιεκτικότητα του σε άργιλο. Είναι σημαντικό να τονισθεί πως στις ελληνικές συνθήκες (δηλαδή εδάφη με σημαντική ποσότητα ιλλίτη) είναι πολύ συχνό το φαινόμενο ακόμα και όταν το ανταλλάξιμο κάλιο είναι πιο μικρό από 0,2 cmol kg⁻¹, η ανταπόκριση της καλλιέργειας σε καλιούχο λίπανση είναι μικρή.

Η σχέση που μας δίνει το «κάλιο επάρκειας», Κ_{επ} είναι η εξής: $K_{επ} = (110 + 2 * IAK) / 390$

Γ) Διαδικασία εκχύλισης

-Ζυγίσαμε 2 g εδάφους (περίπου αλλά ακριβώς καταγεγραμμένα) σε πλαστικά φιαλίδια τύπου falcon των 50 mL.

-Προσθήκη 20 mL διαλύματος 1 N $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ pH 7.

-Ανάδευση για μισή ώρα και έπειτα διήθηση με διηθητικό χαρτί μέσα σε πλαστική φιάλη των 50 mL.

-Επανάληψη της αραιώσης 10 φορές: Λήψη 2,5 mL από το εκχύλισμα και μεταφορά σε ογκομετρική φιάλη των 25 mL, την οποία συμπληρώσαμε ως τη χαραγή με H_2O . Αποθήκευση σε πλαστικό φιαλίδιο τύπου falcon.

-Έγινε 100 φορές αραιώση: Λήψη 1 mL από το εκχύλισμα και μεταφορά σε ογκομετρική φιάλη των 100 mL, όπου έγινε πλήρωση μέχρι τη χαραγή με H_2O . Τέλος, έγινε αποθήκευση σε πλαστικό φιαλίδιο τύπου falcon.

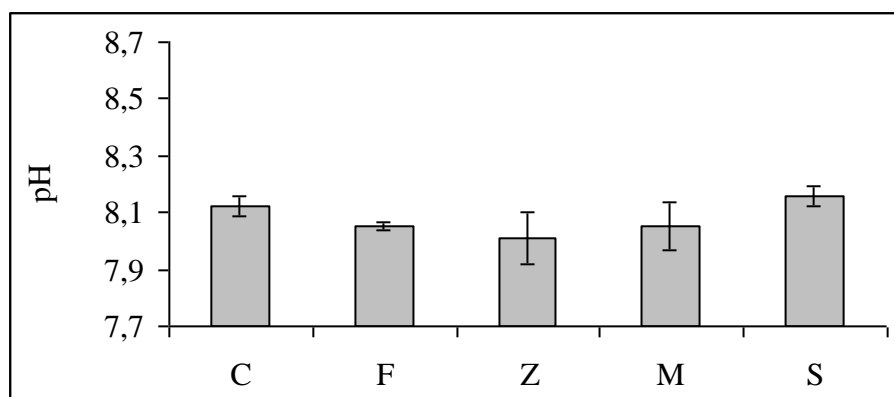
Δ) Μέτρηση εκχυλίσματος

Πραγματοποιήθηκε μέτρηση του εκχυλίσματος σε φλογοφωτόμετρο για κάλιο (το εκχύλισμα που αραιώθηκε 10 φορές).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΚΡΕΜΜΥΔΙΟΥ

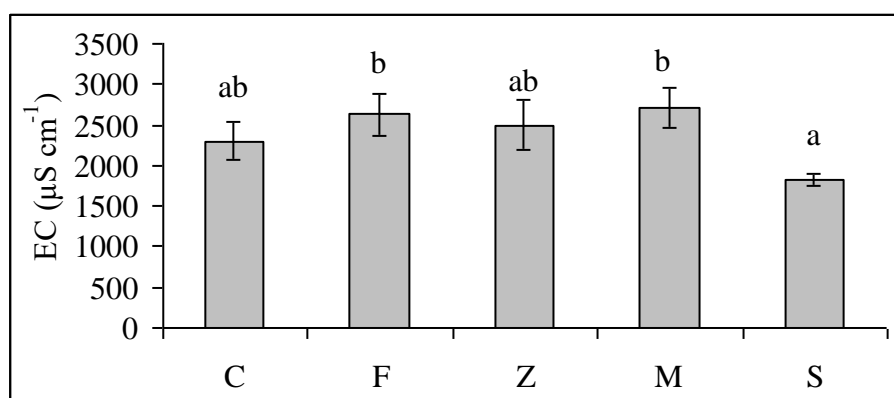
pH



Σχήμα 1. pH του εδάφους στην καλλιέργεια του κρεμμυδιού

Το pH του εδάφους κατά την πρώτη χρονιά (στην καλλιέργεια κρεμμυδιού) ήταν 8,1 στον μάρτυρα και σημείωσε μια μικρή μείωση στη μεταχείριση του ζεόλιθου 8,01. Σε σύγκριση του μάρτυρα και με τις υπόλοιπες μεταχειρήσεις διαπιστώσαμε ότι υπήρξε και εκεί μια μικρή μείωση, π.χ., στη μεταχείριση με το συμβατικό λίπασμα και την κοπριά μειώθηκε σε 8,05. Εξάιρεση αποτέλεσε η μεταχείριση με το λίπασμα βραδείας αποδέσμευσης στην οποία σημειώθηκε μια μικρή αύξηση του pH σε 8,15. Ωστόσο, η διαφορά μεταξύ των μεταχειρήσεων ήταν χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές. Παρόμοια με τα ευρήματα αυτής της εργασίας, οι Fujinuma et al. (2015) βρήκαν μείωση του pH μετά από την εφαρμογή ζεολίθου.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ-EC



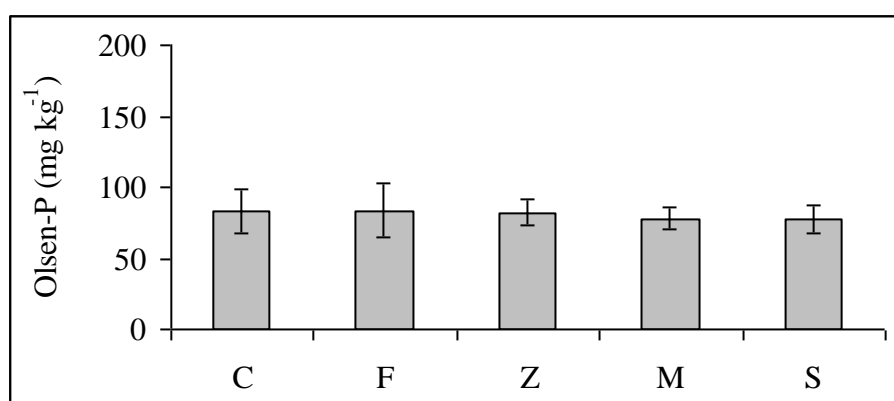
Σχήμα 2. ηλεκτρική αγωγιμότητα στην καλλιέργεια του κρεμμυδιού

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους κατά την πρώτη χρονιά ήταν 2296,25 μS/cm στον μάρτυρα και σημείωσε μια μικρή αύξηση στη μεταχείριση του ζεόλιθου 2500 μS/cm. Σε σύγκριση του μάρτυρα και με τις υπόλοιπες μεταχειρήσεις διαπιστώσαμε ότι υπήρξε μια μικρή αύξηση στο συμβατικό λίπασμα 2628,5 μS/cm αλλά και στην κοπριά 2718,25 μS/cm, ενώ σχετική μείωση παρατηρήθηκε στη μεταχείριση με το λίπασμα βραδείας αποδέσμευσης 1819 μS/cm. Αν και δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρήσεων συμβατικού λιπάσματος και κοπριάς σε σχέση με τον μάρτυρα και τον ζεόλιθο ή αντίστοιχα του βραδείας αποδέσμευσης με τον μάρτυρα και τον ζεόλιθο, ωστόσο υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της μεταχείρισης με το λίπασμα βραδείας αποδέσμευσης και των μεταχειρήσεων συμβατικού λιπάσματος-κοπριάς. Παρατηρήσαμε ότι η τιμή της αλατότητας αυξήθηκε στις μεταχειρήσεις με το συμβατικό λίπασμα, τον ζεόλιθο και

την κοπριά. Αυτό είναι φυσιολογικό καθώς η αλατότητα του εδαφικού διαλύματος αυξάνεται παράλληλα με τη διάλυση του λιπάσματος. (Κουκουλάκης και Παπαδόπουλος, 2007).

Ωστόσο, σε κάποιες από τις μεταχειρήσεις όπου υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές (π.χ. η μεταχείριση του συμβατικού λιπάσματος και της κοπριάς σε σχέση με το βραδείας αποδέσμευσης) υπάρχει ένας μικρός κίνδυνος αλάτωσης του εδάφους.

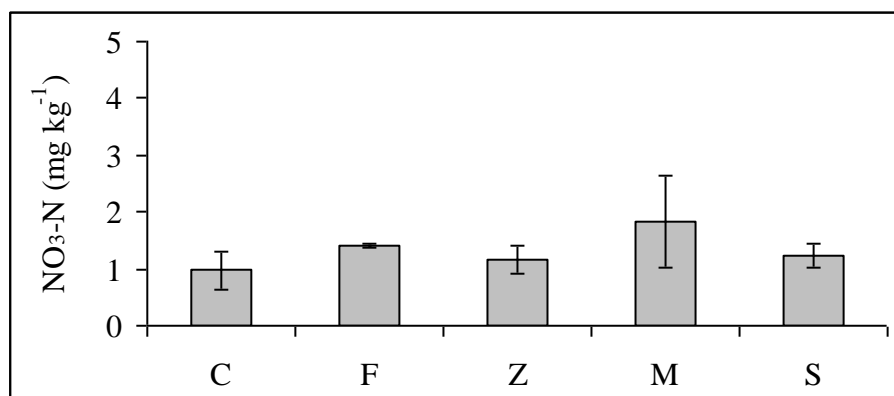
ΦΩΣΦΟΡΟΣ (P)



Σχήμα 3. Olsen-P (φώσφορος κατά Όλσεν) στην καλλιέργεια του κρεμμυδιού

Ο φώσφορος κατά Όλσεν την πρώτη χρονιά ήταν 83 mg/kg στον μάρτυρα και σημείωσε μια μικρή μείωση στη μεταχείριση του ζεόλιθου 81,9 mg/kg. Σε σύγκριση του μάρτυρα και με τις υπόλοιπες μεταχειρήσεις διαπιστώσαμε ότι υπήρξε και εκεί μια μικρή μείωση, π.χ., στη μεταχείριση με κοπριά μειώθηκε σε 77,7 mg/kg και στο λίπασμα βραδείας αποδέσμευσης σε 77,3 mg/kg. Εξαίρεση αποτέλεσε η μεταχείριση με το συμβατικό λίπασμα στην οποία σημειώθηκε μια μικρή αύξηση σε 83,4 mg/kg. Ωστόσο, η διαφορά μεταξύ των μεταχειρήσεων ήταν χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές. Η συγκέντρωση του εκχυλίσιμου φωσφόρου στο έδαφος ήταν ιδιαίτερα υψηλή, κάτι που οφείλεται στο ότι το έδαφος στο οποίο έλαβε χώρα το πείραμα ήταν ήδη καλά λιπασμένο από προηγούμενες χρήσεις. Διαπιστώνουμε ότι η τιμή που προέκυψε στον μάρτυρα ήταν αρκετά υψηλή 83 mg/kg αν αναλογιστούμε ότι το όριο επάρκειας κύμαινεται περίπου 4 φορές παρακάτω. Σε αντίθεση με τα ευρήματα αυτής της εργασίας, οι Pickering et al. (2002) βρήκαν αύξηση του φωσφόρου μετά από εφαρμογή ζεολίθου.

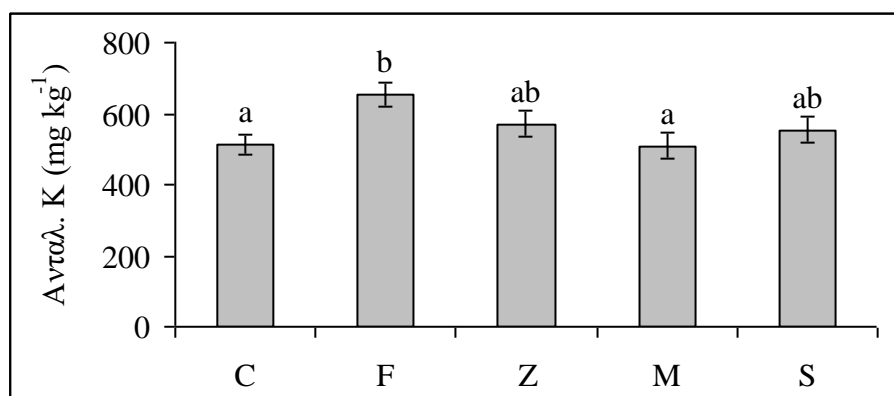
ΝΙΤΡΙΚΑ (NO₃-N)



Σχήμα 4. νιτρικά στην καλλιέργεια του κρεμμυδιού

Τα νιτρικά του εδάφους κατά την πρώτη χρονιά ήταν 0,9 mg/kg στον μάρτυρα και σημείωσαν μια μικρή αύξηση στη μεταχείριση του ζεόλιθου 1,16 mg/kg. Σε σύγκριση του μάρτυρα και με τις υπόλοιπες μεταχειρήσεις διαπιστώσαμε ότι υπήρξε σε όλες μια μικρή αύξηση, π.χ., στη μεταχείριση με το συμβατικό λίπασμα αυξήθηκε σε 1,4 mg/kg, στη κοπριά σε 1,8 mg/kg και στο λίπασμα βραδείας αποδέσμευσης σε 1,2 mg/kg. Ωστόσο, η διαφορά μεταξύ των μεταχειρήσεων ήταν χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές. Παρατηρήσαμε ότι δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρήσεων σε ότι αφορά στα νιτρικά, κάτι που δείχνει πως το υπολειμματικό άζωτο N (αυτό που περισσεύει από τη χρήση) ήταν το ίδιο σε όλες τις μεταχειρήσεις. Συνεπώς διαπιστώνουμε ότι το άζωτο χορηγήθηκε σε όλες τις μεταχειρήσεις με τον σωστό τρόπο. Παρόμοια με τα ευρήματα αυτής της εργασίας, οι Faccini et al. (2018) βρήκαν αύξηση των νιτρικών του εδάφους μετά από την εφαρμογή ζεολίθου.

ΚΑΛΙΟ (K)

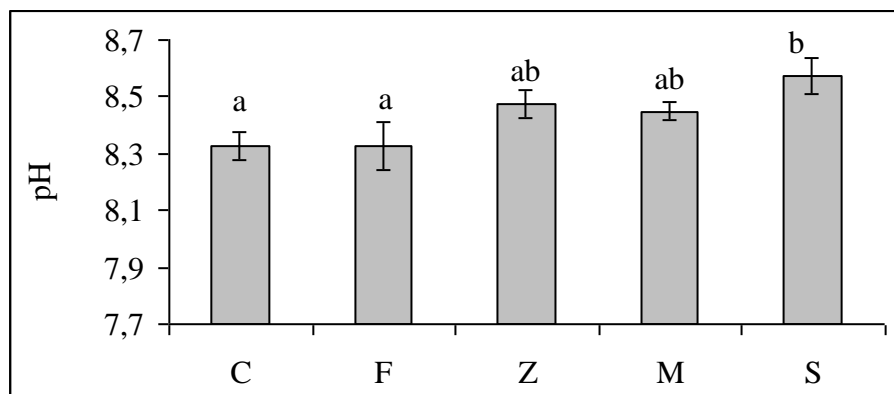


Σχήμα 5. ανταλλάξιμο κάλιο στην καλλιέργεια του κρεμμυδιού

Το ανταλλάξιμο κάλιο κατά την πρώτη χρονιά ήταν 512,3 mg/kg στον μάρτυρα και σημείωσε μια μικρή αύξηση στη μεταχείριση του ζεόλιθου 571,7 mg/kg. Σε σύγκριση του μάρτυρα και με τις υπόλοιπες μεταχειρήσεις διαπιστώσαμε ότι υπήρξε σε όλες μια αύξηση, π.χ., στη μεταχείριση με το συμβατικό λίπασμα αυξήθηκε αρκετά σε 653,4 mg/kg, στην κοπριά σε 509,8 mg/kg και στο λίπασμα βραδείας αποδέσμευσης σε 554,4 mg/kg. Αν και δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρήσεων μάρτυρα και κοπριάς σε σχέση με τον ζεόλιθο και το λίπασμα βραδείας αποδέσμευσης ή αντίστοιχα του συμβατικού λιπάσματος με τον ζεόλιθο και το λίπασμα βραδείας αποδέσμευσης, ωστόσο υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της μεταχείρισης με το συμβατικό λίπασμα και των μεταχειρήσεων μάρτυρα-κοπριάς. Παρόμοια με τα ευρήματα αυτής της εργασίας, οι Allen et al. (1996) βρήκαν αύξηση του καλίου μετά από εφαρμογή ζεολίθου.

ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΠΑΤΑΤΑΣ

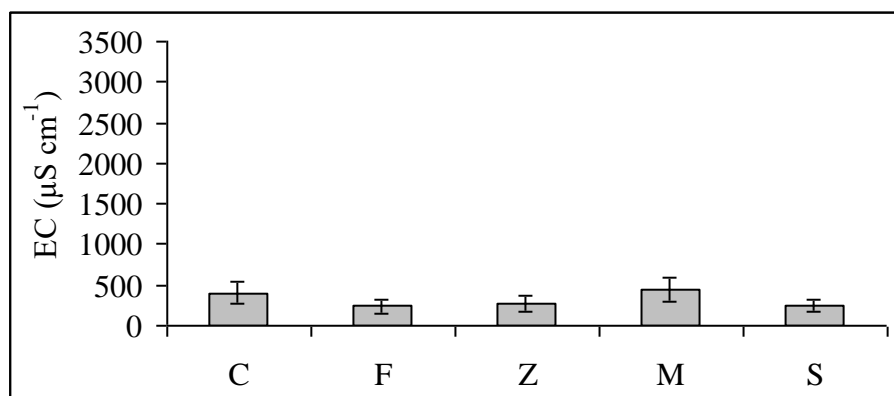
pH



Σχήμα 6. pH στην καλλιέργεια της πατάτας

Το pH του εδάφους κατά τη δεύτερη χρονιά (στην καλλιέργεια πατάτας) ήταν 8,3 στον μάρτυρα και στο συμβατικό λίπασμα και σημείωσε μια αύξηση σε όλες τις υπόλοιπες μεταχειρήσεις, π.χ., στη μεταχείριση με ζεόλιθο αυξήθηκε σε 8,47, στην κοπριά σε 8,45 και στο λίπασμα βραδείας αποδέσμευσης σε 8,57. Αν και δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρήσεων μάρτυρα και συμβατικού λιπάσματος σε σχέση με τον ζεόλιθο και την κοπριά ή αντίστοιχα του λιπάσματος βραδείας αποδέσμευσης με τον ζεόλιθο και την κοπριά, ωστόσο υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της μεταχείρισης με το λίπασμα βραδείας αποδέσμευσης και των μεταχειρήσεων μάρτυρα-συμβατικού λιπάσματος. Παρόμοια με τα ευρήματα αυτής της εργασίας, οι Latifah et al. (2015) βρήκαν αύξηση του pH μετά από την εφαρμογή ζεολίθου.

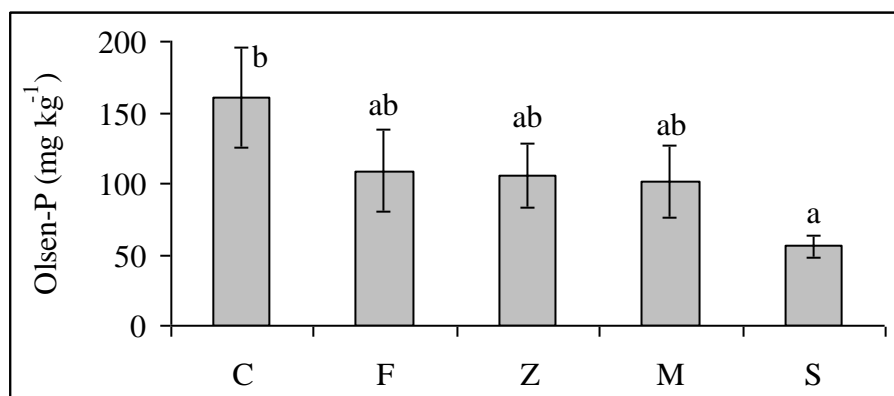
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ-EC



Σχήμα 7. ηλεκτρική αγωγιμότητα στην καλλιέργεια της πατάτας

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους κατά τη δεύτερη χρονιά ήταν 406,6 μS/cm στον μάρτυρα και σημείωσε μια μικρή μείωση στη μεταχείριση του ζεόλιθου 269,6 μS/cm. Σε σύγκριση του μάρτυρα και με τις υπόλοιπες μεταχειρήσεις διαπιστώσαμε ότι υπήρξε και εκεί μια μικρή μείωση, π.χ., στη μεταχείριση με το συμβατικό λίπασμα μειώθηκε σε 236 μS/cm και στο λίπασμα βραδείας αποδέσμευσης σε 254 μS/cm. Εξαιρέση αποτέλεσε η μεταχείριση με την κοπριά στην οποία σημειώθηκε μια μικρή αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε 434,25 μS/cm. Ωστόσο, η διαφορά μεταξύ των μεταχειρήσεων ήταν χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές. Λόγω του ότι δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις μεταχειρήσεις είναι φανερό ότι δεν υπάρχει κανένας ορατός κίνδυνος αλάτωσης του εδάφους με βάση τη δόση λιπάσματος που χορηγήθηκε. Παρόμοια με τα ευρήματα αυτής της εργασίας, οι Moraetis et al. (2016) βρήκαν αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας μετά από την εφαρμογή κοπριάς.

ΦΩΣΦΟΡΟΣ (P)

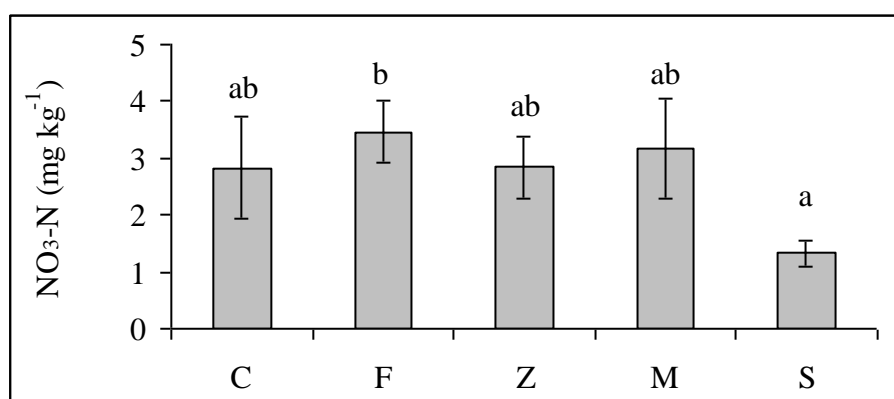


Σχήμα 8. Olsen-P (φώσφορος κατά Όλσεν) στην καλλιέργεια της πατάτας

Ο φώσφορος κατά Όλσεν κατά τη δεύτερη χρονιά ήταν 160,5 mg/kg στον μάρτυρα και σημείωσε μια μείωση σε όλες τις υπόλοιπες μεταχειρήσεις, π.χ., στη μεταχείριση με το συμβατικό λίπασμα μειώθηκε σε 109 mg/kg, στον ζεόλιθο σε 105,1 mg/kg, στην κοπριά σε 101,6 mg/kg και στο λίπασμα βραδείας αποδέσμευσης σε 55,6. Αν και δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της μεταχείρισης του μάρτυρα σε σχέση με το συμβατικό λίπασμα, τον ζεόλιθο και την κοπριά ή αντίστοιχα του λιπάσματος βραδείας αποδέσμευσης σε σχέση με το συμβατικό λίπασμα, τον ζεόλιθο και την κοπριά, ωστόσο υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της μεταχείρισης του μάρτυρα και του λιπάσματος βραδείας αποδέσμευσης. Παρατηρούμε ότι στις περισσότερες μεταχειρήσεις τα επίπεδα φωσφόρου είναι ιδιαίτερα υψηλά και υψηλότερα σε σχέση με τη συγκέντρωση της προηγούμενης χρονιάς. Αυτό πιθανότατα οφείλεται στις λιπάνσεις των προηγούμενων ετών (σταδιακή συσσώρευση του φωσφόρου).

Αντίθετα με τα ευρήματα αυτής της εργασίας, οι Antoniadis et al. (2012) βρήκαν αύξηση του φωσφόρου μετά από εφαρμογή ζεολίθου.

ΝΙΤΡΙΚΑ (NO₃-N)



Σχήμα 9. νιτρικά στην καλλιέργεια της πατάτας

Τα νιτρικά του εδάφους κατά την δεύτερη χρονιά ήταν 2,834 mg/kg στον μάρτυρα και σημείωσαν μια μικρή αύξηση στη μεταχείριση του ζεόλιθου 2,839 mg/kg. Σε σύγκριση του μάρτυρα και με τις υπόλοιπες μεταχειρήσεις διαπιστώσαμε ότι υπήρξε και εκεί μια αύξηση στη μεταχείριση του συμβατικού λιπάσματος σε 3,4 mg/kg και της κοπριάς σε 3,1 mg/kg. Εξάιρεση αποτέλεσε η μεταχείριση με το λίπασμα βραδείας αποδέσμευσης στην οποία σημειώθηκε μια μικρή μείωση των νιτρικών σε 1,3 mg/kg. Αν και δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της μεταχείρισης του συμβατικού λιπάσματος σε σχέση με τον μάρτυρα, τον ζεόλιθο και την κοπριά ή αντίστοιχα του λιπάσματος βραδείας αποδέσμευσης σε σχέση με τον μάρτυρα, τον ζεόλιθο και την κοπριά, ωστόσο υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της μεταχείρισης του συμβατικού λιπάσματος και του λιπάσματος βραδείας αποδέσμευσης. Παρατηρήσαμε ότι με εξαίρεση το λίπασμα βραδείας αποδέσμευσης, στις υπόλοιπες περιπτώσεις όπου έγινε προσθήκη αζώτου με ανόργανη μορφή, δηλαδή στο συμβατικό λίπασμα, στον ζεόλιθο και στην κοπριά αυξήθηκε η έκπλυση νιτρικών χωρίς ωστόσο οι διαφορές να είναι στατιστικά σημαντικές.

Τα νιτρικά που προέκυψαν από τις παραπάνω μεταχειρήσεις είναι αποτέλεσμα της νιτροποίησης, καθώς δε χορηγήθηκαν νιτρικά στο έδαφος αλλά η αμμωνιακή μορφή αζώτου (Gao et al., 2015).

Παρόμοια με τα ευρήματα αυτής της εργασίας, οι Ippolito et al. (2011) βρήκαν αύξηση των νιτρικών του εδάφους μετά από την εφαρμογή ζεολίθου.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Συμπέρασμα 1^ο : Η τιμή της αλατότητας αυξήθηκε στις μεταχειρήσεις με συμβατικό λίπασμα, ζεόλιθο και κοπριά, κάτι που είναι φυσιολογικό καθώς η αλατότητα του εδαφικού διαλύματος αυξάνεται παράλληλα με τη διάλυση του λιπάσματος.
- Συμπέρασμα 2^ο : Η συγκέντρωση του εκχυλίσιμου φωσφόρου στο έδαφος ήταν ιδιαίτερα υψηλή, κάτι που οφείλεται στο ότι το έδαφος που έλαβε χώρα το πείραμα ήταν ήδη καλά λιπασμένο από προηγούμενα έτη (σταδιακή συσσώρευση του φωσφόρου).
- Συμπέρασμα 3^ο : Στην καλλιέργεια του κρεμμυδιού παρατηρήσαμε ότι δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρήσεων σε ό,τι αφορά στα νιτρικά, κάτι που δείχνει πως το υπολειμματικό άζωτο ήταν το ίδιο σε όλες τις μεταχειρήσεις. Συνεπώς, διαπιστώνουμε ότι η χορήγηση του έγινε σε όλες τις μεταχειρήσεις με τον σωστό τρόπο.
- Συμπέρασμα 4^ο : Στην καλλιέργεια της πατάτας, με εξαίρεση το λίπασμα βραδείας αποδέσμευσης, στις υπόλοιπες μεταχειρήσεις όπου έγινε προσθήκη αζώτου με ανόργανη μορφή, αυξήθηκε η έκλυση νιτρικών χωρίς ωστόσο να έχουμε στατιστικά σημαντικές διαφορές.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική:

Θεριός, Ι.Ν. 2005. Ανόργανη Θρέψη και Λιπάσματα. Εκδόσεις Γαρταγάνης, Θεσσαλονίκη

Κοσιάρης, Γ. 1991. Τα ορυκτά των φυσικών ζεολίθων και προστασία του περιβάλλοντος. Ι.Γ.Μ.Ε. Ξάνθη

Κουκουλάκης, Π.Χ. και Παπαδόπουλος, Α.Η. 2007. Τα Προβληματικά Εδάφη και η Βελτιωσή τους. Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα

Μέρμηγκας Δ. (2002). Προσδιορισμός νιτρικών ιόντων σε εδάφη του νομού Καρδίτσας [Πτυχιακή Διατριβή]. Ανακτήθηκε 5 Οκτωβρίου 2017 από <http://ir.lib.uth.gr/bitstream/handle/11615/585/P0000585.pdf?sequence=1>

Μήτσιος, Ι.Κ. 2004. Γονιμότητα Εδαφών: Θρεπτικά στοιχεία Φυτών και Βαρέα Μέταλλα Μέθοδοι και Εφαρμογές, Εκδόσεις Zymel, Αθήνα

Μπαμιεδάκη Μ. (2007). Βιολογική καλλιέργεια πατάτας στην Κρήτη [Πτυχιακή Διατριβή] Ανακτήθηκε 3 Οκτωβρίου 2017 από <http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/steg/fp/2007/MpamiedakiMaria/attached-document/2007Bamiedaki.pdf>

Ολύμπιος Χ. (1994). Τα βολβώδη λαχανικά, Εκδόσεις Σταμούλη

Χα, Ι.Α, Πετρόπουλος, Σ. 2014. Γενική Λαχανοκομία και Υπαίθρια Καλλιέργεια Λαχανικών. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος

Αγγλική:

Allen, E.R., Hossner, L.R., Ming, D.W., Henninger, D.L. (1996). Release rates of phosphorus, ammonium, and potassium in clinoptilolite-phosphate rock systems

Antoniadis, V., Damalidis, K., Koutroubas, S.D. 2012. Nitrogen and phosphorus availability to ryegrass in an acidic and limed zeolite-amended soil. *Agrochimica*. 6, 309-318

Bhardwaj, D., Sharma, M., Sharma, P., and Tomar R. 2012. Synthesis and surfactant modification of clinoptilolite and montmorillonite for the removal of nitrate and preparation of slow release nitrogen fertilizer. *Journal of Hazardous* 227–228, 292–300

Dyer, A. 1984. Uses of natural zeolites. *Chemistry and Industry* 7, 241- 245

Faccini, B., Di Giuseppe, D., Ferretti, G., Coltorti, M., Colombani, N., Mastrocicco, M. 2018. Natural and NH₄⁺-enriched zeolite amendment effects on nitrate leaching from a reclaimed agricultural soil (Ferrara Province, Italy). *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 1-15

Fujinuma, R., Hunter, M., Menzies, N. 2015. Sunflowers drive acid dissolution of rock phosphate when banded with ammonium zeolite. *Acta Horticulturae*. 1104, 21-27

Gao, W., Yang, H., Kon, L., and Li, S. 2015. Effect of nitrogen deposition and fertilization on N transformation in fresh soils : A review, *Journal of Soil and Sediments* 15, 863-879

Gottardi, G., and Galli, E. 1985. *Natural Zeolites*. Minerals and Rocks Series Vol. 18, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo

Huang, Z.T., and Petrovic, A.M. 1994. Clinoptilolite Zeolite Influence on Nitrate Leaching and Nitrogen Use Efficiency in Simulated Sand Based Golf Greens. *Journal of Environmental Quality*, 1190-1194

Ippolito, J.A., Tarkalson, D.D., Lehrsch, G.A. 2011. Zeolite soil application method affects inorganic nitrogen, moisture, and corn growth. *Soil Science*. 3, 136-142

Knight, K.W., and Newman, S. 2013. Organic agriculture as environmental reform: a cross-national investigation. *Society and Natural Resources*. 26(4): 369-385

Kuzvart, Milos, ed., 1984, *Industrial minerals and rocks*, in *Developments in economic geology*, no. 18: Amsterdam, Elsevier Science Publishing Company

Latifah, O., Ahmed, O.H., Susilawati, K., Majid, N.M. 2015. Compost maturity and nitrogen availability by co-composting of paddy husk and chicken manure amended with clinoptilolite zeolite. *Waste Management and Research*. 4, 322-331

Maene, L.M., 1995. *Changing Perception of Fertilizer Worldwide*. Fertilizer Industry Round Table

Moraetis, D., Papagiannidou, S., Pratikakis, A., Pentari, D., Komnitsas, K. 2016. Effect of zeolite application on potassium release in sandy soils amended with municipal compost. *Desalination and Water Treatment*. 28, 13273-13284

Mumpton, F.A. 1999. *Using Zeolites in Agriculture*. Department of the Earth Sciences State University College Brockport. New York. Chapter VIII, 150-151

Pickering, H.W., Menzies, N.W., Hunter, M.N. 2002. Zeolite/rock phosphate – A novel slow release phosphorus fertilizer for potted plant production. *Scientia Horticulturae*. 3-4, 333-343

U.S. Geological Survey, *Mineral Commodity Summaries*, January 2016

Willis, M. 2002. From the horse's mouth. *Ind. Miner*, 11, 34-39

Διαδίκτυο:

(http-1) <http://www.fao.org/home/en/>

(http-2) <http://www.gaiapedia.gr>

(http-3) <https://www.usgs.gov>