

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
& ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
Αριθμ. Πρωτοκ. 84  
Ημερομηνία 19-7-2005

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

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**«Προσδιορισμός των επιπέδων νιτρωδών και νιτρικών  
ιόντων των εδαφών περιοχής Αλμυρού Μαγνησίας».**

**Μπαμπάκος Ι. Γεώργιος**

**ΒΟΛΟΣ 2005**





**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ  
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 4872/1

Ημερ. Εισ.: 10-08-2006

Δωρεά: Συγγραφέα

Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΦΠΑΠ

2005

ΜΠΑ

Επιβλέπων Καθηγητής

Ι.Κ. Μήτσιος, Καθηγητής

Γνωστικό Αντικείμενο : Εδαφολογία – Χημεία και Γονιμότητα Εδάφους

Μέλη Συμβουλευτικής Επιτροπής

Τσιρόπουλος Ν.  
Επίκουρος Καθηγητής  
Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Δημήρκου Ανθή  
Ερευνήτρια Α΄  
Ινστιτούτου Εδαφολογίας Αθηνών  
(ΕΘ.Ι.Α.Γ.Ε)

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θεωρώ υποχρέωσή μου να ευχαριστήσω θερμά τον Καθηγητή Εδαφολογίας της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος κύριο Ιωάννη Κ. Μήτσιο, Ph.D. τόσο για την ανάθεση του θέματος της πτυχιακής μου διατριβής όσο και την αμέριστη συμπαράσταση καθόλη τη διάρκεια των προπτυχιακών μου σπουδών. Η συμβολή του υπήρξε καθοριστική στην συγγραφή της παρούσας διατριβής με υποδείξεις, επισημάνσεις, προτροπές και προβληματισμούς

Ευχαριστίες απευθύνω στον κ.Ν. Τσιρόπουλο Επίκουρο Καθηγητή του ιδίου Πανεπιστημίου, «Χημεία. Ανάλυση και προσδιορισμός οργανικών ενώσεων» για τις πολύτιμες πληροφορίες – υποδείξεις, διορθώσεις της πτυχιακής μου διατριβής και για τη βοήθεια που μου προσέφερε.

Ευχαριστώ θερμά την Ερευνήτρια Α του ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε. Δημήτρου Ανθή για τις πολύτιμες πληροφορίες – υποδείξεις, διορθώσεις της πτυχιακής μου διατριβής καθώς και για τις γνώσεις και τη βοήθεια που μου προσέφερε.

Την Δρ. Ευαγγελία Γκόλια και την κυρία Φωτεινή Τσακμάκη για την βοήθεια και την συμπαράσταση που μου πρόσφεραν κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Ευχαριστώ θερμά τους γονείς μου και τον αδελφό μου Βασίλη για την ηθική υποστήριξη και συμπαράσταση κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους μεταπτυχιακούς φοιτητές και φίλους μου Σαρλικιώτη Βάια και Γούσιο Βησαρίωνα για την βοήθεια που μου πρόσφεραν για την εκπόνηση της πτυχιακής διατριβής.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b>	<b>σελ.</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ</b>	
1.1 Ο κύκλος του αζώτου	5
1.2.1. Η δυναμική του αζώτου στο έδαφος.	8
1.2.2. Απώλειες αζώτου.	12
1.3. Εισροές και εκροές αζώτου στο έδαφος	15
1.4 Οι δυσμενείς επιπτώσεις του αζώτου στο περιβάλλον.	16
1.5.1 Ποιότητα νερού, νιτρορύπανση υδατικών οικοσυστημάτων.	19
1.5.2 Νιτρορύπανση και Ευτροφισμός.	20
1.5.3 Επιδράσεις στον τύπο της φυσικής χλωρίδας.	21
1.5.4 Δυσμενείς επιδράσεις των νιτρικών στην υγεία του ανθρώπου.	21
1.6 Έκπλυση των νιτρικών και απώλειες αζώτου.	23
1.7 Οι απαιτήσεις των φυτών σε άζωτο	27
1.8 Ο προσδιορισμός του ανόργανου αζώτου στα εδάφη.	30
1.8.1 Προσδιορισμός του ολικού αζώτου στο έδαφος με τη μέθοδο Kjeldahl.	30
1.8.2 Προσδιορισμός των νιτρικών ιόντων στο έδαφος με τη μέθοδο Kjeldahl.	30
1.8.3 Προσδιορισμός των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων του εδάφους με τη μέθοδο καδμίου.	31
1.8.4 Προσδιορισμός νιτρικών και νιτρωδών ιόντων με ιοντική χρωματογραφία.	32
1.9 Εκτίμηση της διαθεσιμότητας του αζώτου του εδάφους.	37
1.10 Δειγματοληψία εδάφους στον αγρό	38
1.11 Σκοπός της εργασίας	41
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b>	
<b>ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ</b>	
2.1 Δειγματοληψία.	42
2.2 Υπολογισμός εδαφικής υγρασίας.	44
2.3 Εργαστηριακές αναλύσεις των εδαφικών δειγμάτων.	
2.3.1 Προσδιορισμός του pH.	44
2.3.2 Προσδιορισμός της ηλεκτρικής αγωγιμότητας E.C (Electrical Conductivity).	45
2.3.3 Προσδιορισμός της οργανικής ουσίας.	46
2.3.4 Προσδιορισμός της μηχανικής σύστασης.	48

2.3.5 Προσδιορισμός της συγκέντρωσης των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων	
2.3.5.1 Περιγραφή του οργάνου της ιοντικής χρωματογραφίας με το οποίο πραγματοποιήθηκαν οι αναλύσεις των εδαφικών δειγμάτων	51
2.3.5.2 Χημικά αντιδραστήρια	52
2.3.5.3 Προσδιορισμός των Νιτρικών και Νιτρωδών Ιόντων σε εδαφικά δείγματα με τη μέθοδο της Ιοντικής Χρωματογραφίας	53
2.3.5.4 Παρασκευή πρότυπων υδατικών διαλυμάτων των ανιόντων	54

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

#### **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΣΥΖΗΤΗΣΗ**

3.1. Αποτελέσματα αναλύσεων των εδαφικών δειγμάτων.	55
3.2. Συγκεντρώσεις των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων στα εδάφη της περιοχής του Αλμυρού.	59

### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

63

### **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

65

## 1. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

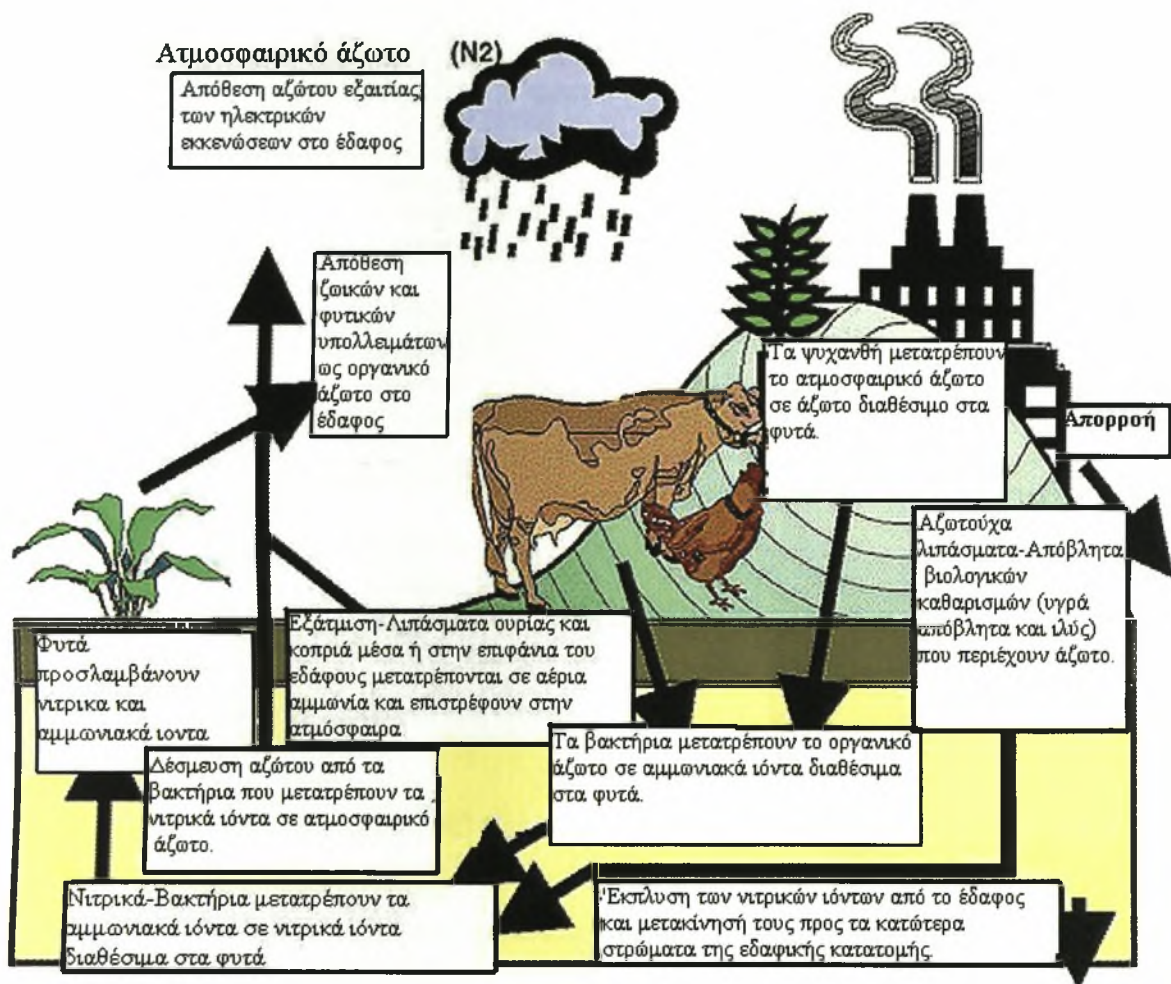
### 1.1 Ο κύκλος του αζώτου

Πολλά συστατικά των ζωντανών κυττάρων περιέχουν άζωτο, όπως πρωτεΐνες, αμινοξέα, νουκλεϊκά οξέα, πουρίνες, πυριμιδίνες, πορφυρίνες, αλκαλοειδή και βιταμίνες. Τα άτομα του αζώτου, αυτών των ενώσεων προκύπτουν από τον κύκλο του αζώτου (εικόνα 1.1) ο οποίος έχει ως βάση τα αποθέματα της ατμόσφαιρας. Το άζωτο αφαιρείται από την ατμόσφαιρα με τη διεργασία της αζωτοδέσμευσης και επιστρέφει στην ατμόσφαιρα με την απονιτροποίηση.

Εκτιμάται ότι  $25 \times 10^6$  t αζώτου αφαιρούνται ετησίως από τα εδάφη των Η.Π.Α. με τα συγκομιζόμενα προϊόντα και με την έκπλυση των εδαφών. Για τη λίπανση των καλλιεργειών  $3 \times 10^6$  t αζώτου προστίθενται κάθε χρόνο με τη μορφή λιπασμάτων (κοπριά, ούρα, λιπάσματα). Επίσης μια ισοδύναμη ποσότητα αζώτου προστίθεται με τη βροχόπτωση με την ενυδάτωση των οξειδίων του αζώτου που σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα από τις ηλεκτρικές εκκενώσεις. Το πιο σημαντικό τμήμα ( $10 \times 10^6$  t N) επιστρέφει με τη βιολογική δέσμευση του αζώτου. Διάφορες ανόργανες και πάρα πολλές οργανικές ενώσεις αζώτου μπορεί να θεωρηθούν ως συστατικά του κύκλου του αζώτου: π.χ.  $N_2$ ,  $NH_3$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ , και  $NH_2OH$ .

Η βιολογική δέσμευση αζώτου έχει μελετηθεί αρκετά τα τελευταία χρόνια και βρέθηκε ότι το ενζυμικό σύμπλοκο της νιτρογενάσης είναι άφθονο στη φύση. Το άζωτο είναι θεμελιώδες συστατικό των πρωτεϊνών και είναι για τα φυτά, όσο και για τον άνθρωπο ο πιο κοινός περιοριστικός παράγοντας της αύξησης. Το άζωτο αν και αποτελεί το 79% του ατμοσφαιρικού αέρα είναι θρεπτικό στοιχείο που συνήθως βρίσκεται σε ανεπαρκείς ποσότητες για τις καλλιέργειες. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι η μορφή του αζώτου στην ατμόσφαιρα είναι αδρανής και μη χρήσιμη για την πλειοψηφία των έμβιων όντων. Το άζωτο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί από οργανισμούς μόνο αφότου έχει δεσμευτεί ή ενωθεί με άλλα στοιχεία, όπως  $O_2$  ή  $H_2$ . Σήμερα η δέσμευση πραγματοποιείται στις βιομηχανίες με σύνθεση της αμμωνίας από υδρογόνο και ατμοσφαιρικό άζωτο.





Εικόνα 1.1 Ο κύκλος του αζώτου.

Στη φύση η αζωτοδέσμευση γίνεται από μερικά γένη βακτηρίων (συμπεριλαμβάνονται και τα κυανοπράσινα φύκη). Τα ανώτερα φυτά δεν έχουν την ικανότητα για αζωτοδέσμευση, αν και μερικά συμμετέχουν έμμεσα, με συμβίωση με τα βακτήρια. Η πιο γνωστή περίπτωση είναι αυτή των ψυχανθών με τα βακτήρια του γένους *Rhizobium*. Άλλα βακτήρια συμβιώνουν με άλλους ξενιστές και άλλα ζουν ελεύθερα στο έδαφος ή το νερό. Μερικά είναι φωτοσυνθετικά, άλλα χρειάζονται οξυγόνο ενώ άλλα ζουν σε αναερόβιες συνθήκες. Όλοι οι παραπάνω οργανισμοί δίνουν ως αρχικό προϊόν αμμωνία και έχουν ως κοινό ένζυμο τη νιτρογενάση.



Η αζωτοδέσμευση μπορεί να είναι μη βιολογική με τη βοήθεια των ηλεκτρικών εκκενώσεων ή της μεθόδου Haber και βιολογική με τη βοήθεια μικροοργανισμών. Η βιολογική δέσμευση αζώτου παγκοσμίως δίνεται στον πίνακα 1.1.

**Πίνακας 1.1** Η βιολογική δέσμευση του αζώτου παγκοσμίως

<i>Βιολογική δέσμευση N<sub>2</sub></i>	<i>t.10<sup>6</sup> έτος<sup>-1</sup></i>
<i>A) Στη ξηρά</i>	
Ψυχανθή	35
Μη ψυχανθή	5
Ορυζώνες	5
Λιβάδια κλπ.	45
	<b>90</b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	
<i>B) Στο νερό</i>	30
γ) Αστραπές	7
δ) Βιομηχανική δέσμευση N <sub>2</sub>	40
ε) Λοιπά	28
<b>ΟΛΙΚΗ ΔΕΣΜΕΥΣΗ N<sub>2</sub></b>	<b>195</b>
<i>Απονιτροποίηση</i>	
α) Στη ξηρά	120
β) Στο νερό	40
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΠΟΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗ</b>	<b>160</b>

## 1.2. Η δυναμική του αζώτου στο έδαφος

### *Ανοργανοποίηση του οργανικού αζώτου*

Η οργανική ουσία του εδάφους αποτελείται από:

- οργανικές ενώσεις που εύκολα διασπώνται
- το χούμο που είναι το τμήμα της οργανικής ουσίας που είναι ανθεκτικό σε περαιτέρω ταχεία αποσύνθεση

Αν η σχέση C/N>30 στην οργανική ουσία, τότε παρατηρείται ακινητοποίηση του εδαφικού αζώτου.

Αν C/N = 20-30, τότε το άζωτο ούτε ακινητοποιείται ούτε απελευθερώνεται.

Αν C/N<20, τότε το άζωτο απελευθερώνεται, με διάσπαση της οργανικής ουσίας.

Η ανοργανοποίηση των N-ούχων ενώσεων γίνεται σε τρία στάδια ήτοι:

- αμινοποίηση
- αμμωνιοποίηση
- νιτροποίηση

α) *Αμινοποίηση*. Κατά την αμινοποίηση οι πρωτεΐνες υδρολύονται και απελευθερώνονται αμίνες και αμινοξέα:



Κατά την αμινοποίηση η υδρόλυση των πρωτεϊνών γίνεται με τη βοήθεια των ετερότροφων οργανισμών.

β) *Αμμωνιοποίηση*. Το δεύτερο στάδιο είναι η αμμωνιοποίηση, ήτοι ο σχηματισμός  $\text{NH}_3$  από το αμινικό άζωτο, με ετερότροφους μικροοργανισμούς ως εξής:

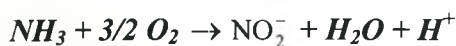


Στη συνέχεια η αμμωνιακή μορφή του αζώτου νιτροποιείται, δηλαδή μετατρέπεται σε  $\text{NO}_3$  και  $\text{NO}_2$ , που απορροφούνται από τα φυτά ή δεσμεύονται από τα ορυκτά της αργίλου.

Η αμμωνιοποίηση προχωρεί με ταχείς ρυθμούς σε θερμοκρασία 50-70 °C. Είναι γνωστό ότι το άζωτο συμμετέχει τόσο στο μεταβολισμό όσο και στην αύξηση των φυτών. Αν και τα φυτά μπορούν να προσλαμβάνουν άζωτο σε μορφή ουρίας και  $\text{NO}_2^-$ , οι κύριες πηγές αζώτου σε κανονικές συνθήκες είναι τα ιόντα  $\text{NH}_4^+$  και  $\text{NO}_3^-$ .

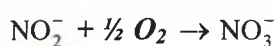
γ) *Νιτροποίηση*. Παρά το γεγονός ότι το αμμωνιακό ιόν ( $\text{NH}_4^+$ ) είναι η μορφή του αζώτου που προστίθεται στο έδαφος, ελάχιστη αμμωνιακή μορφή αζώτου βρίσκεται σ' αυτό. Η αμμωνιακή μορφή του αζώτου γρήγορα οξειδώνεται σε νιτρική μορφή.

Η μορφή αυτή αντιπροσωπεύει την κύρια πηγή αζώτου για τους μη αζωτοδεσμευτικούς οργανισμούς. Η οξείδωση της  $\text{NH}_3$  γίνεται με δυο ομάδες βακτηρίων που καλούνται νιτροποιητικά. Η πρώτη ομάδα, η *Nitrosomonas* μετατρέπει την  $\text{NH}_3$  σε  $\text{NO}_2^-$  με τη βοήθεια του  $\text{O}_2$ .



$$\Delta G = -66,5 \text{Kcal}$$

Η δεύτερη ομάδα, *Nitrobacter*, οξειδώνει τα νιτρώδη ιόντα σε νιτρικά,



$$\Delta G = -17,5 \text{Kcal}$$

Οι αντιδράσεις αυτές είναι εξώθερμες. Στην πρώτη αντίδραση το άζωτο οξειδώνεται από -3 σε +3 και στη δεύτερη αντίδραση οξειδώνεται από +3 σε +5. Οι μικροοργανισμοί αυτοί είναι αυτότροφοι ήτοι συνθέτουν όλες τις ενώσεις του άνθρακα (πρωτεΐνες, λίπη, υδατάνθρακες) από  $\text{CO}_2$ . Η μετατροπή του  $\text{CO}_2$  σε υδατάνθρακες απαιτεί ενέργεια. Στη φωτοσύνθεση η ενέργεια εφοδιάζεται από το ηλιακό φως. Στην περίπτωση των *Nitrosomonas* και *Nitrobacter* η ενέργεια για την αναγωγή του  $\text{CO}_2$  προκύπτει από την οξείδωση της  $\text{NH}_3$  και  $\text{NO}_2^-$ . Επειδή οι μικροοργανισμοί αυτοί αποκτούν την ενέργειά τους με την οξείδωση απλών οργανικών ενώσεων, για το λόγο αυτό καλούνται *χημειοαυτότροφοι οργανισμοί*. Ελάχιστα είναι γνωστά για τα ενδιάμεσα προϊόντα της οξείδωσης της  $\text{NH}_3$  σε  $\text{NO}_2^-$  με τη *Nitrosomonas*.

Η νιτροποίηση απαιτεί μοριακό  $\text{O}_2$  (καλά αεριζόμενα εδάφη). Επίσης κατά τη νιτροποίηση απελευθερώνεται  $\text{H}^+$  με αποτέλεσμα να οξινίζει το έδαφος (εφαρμογή αμμωνιακού αζώτου).

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν τη νιτροποίηση είναι οι εξής:

- **Υγρασία εδάφους.** Η νιτροποίηση μειώνεται σε συνθήκες υπερβολικής υγρασίας. Επίσης οι χαμηλές υγρασίες μειώνουν τη νιτροποίηση. Στο σημείο μάρανσης η νιτροποίηση καλύπτει 50% της πραγματικής τιμής σε χρονικό διάστημα 28 ημερών.

- **Θερμοκρασία εδάφους.** Σε θερμοκρασία περίπου 9-10°C παρατηρείται πλήρης νιτροποίηση εντός 9 εβδομάδων. Η νιτροποίηση αναστέλλεται σε θερμοκρασία 45°C.
- **pH.** Νιτροποίηση παρατηρείται σε pH=5,5-10, με άριστο pH=8,5. Αναφέρθηκε όμως και νιτροποίηση σε pH =4,5 ή και ακόμα και σε pH=3,8.
- **Ύπαρξη NH<sub>4</sub>** στο έδαφος και νιτροποιητικών βακτηρίων.
- **Επαρκής εφοδιασμός του εδάφους σε Ca, P, Fe, Mn και Cu.**

Στα περισσότερα γεωργικά εδάφη ο εφοδιασμός του ανόργανου αζώτου εξαρτάται από την ταχύτητα ανοργανοποίησης, εκτός από την περίπτωση όπου παρατηρείται συμβιωτική ή μη συμβιωτική αζωτοδέσμευση. Στα περισσότερα εδάφη το ανόργανο άζωτο σχηματίζεται συνεχώς από το οργανικό άζωτο με ανοργανοποίηση. Στη συνέχεια ποσότητα από το ανόργανο άζωτο δεσμεύεται και μετατρέπεται σε οργανικό από τους μικροοργανισμούς (immobilization).

Είναι φυσικό η ποσότητα του ανόργανου αζώτου που βρίσκεται στο έδαφος και είναι διαθέσιμη στα φυτά εξαρτάται τόσο από την ανοργανοποίηση, όσο και την ακινητοποίηση του αζώτου. Ανοργανοποίηση συμβαίνει μόνο όταν το βιολογικό περιβάλλον είναι ευνοϊκό.

Η νιτροποίηση αναστέλλεται σε θερμοκρασία 45°C ενώ η αμμωνιοποίηση έχει ταχύτερους ρυθμούς σε θερμοκρασία 50-70°C. Σε χαμηλές θερμοκρασίες η νιτροποίηση καθυστερεί περισσότερο από ότι η αμμωνιοποίηση. Σε κορεσμένα εδάφη με νερό (αναερόβιες συνθήκες) η νιτροποίηση παρεμποδίζεται σημαντικά η αμμωνιοποίηση όμως επηρεάζεται λιγότερο. Η νιτροποίηση συμβαίνει μόνο όταν το pH κυμαίνεται από 5,5 μέχρι 10 με άριστο pH = 8,5 αντίθετα όμως η αμμωνιοποίηση είναι πολύ λιγότερο ευαίσθητη.

Σε πολλά εδάφη και κάτω από ορισμένη βλάστηση τα επίπεδα νιτρικών ιόντων (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) είναι χαμηλά, διότι η νιτροποίηση αναστέλλεται. Επίσης έχει δειχθεί ότι οι ταννίνες σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις σε πολλά είδη φυτών, καθώς και τα φαινολικά οξέα και φαινολικά γλυκοσίδια, που παράγονται από φυτά, δρουν ανασταλτικά στη νιτροποίηση. Μετά από κόψιμο δάσους και καθαρισμό του εδάφους παρατηρήθηκε αύξηση της Nitrosomonas 18 φορές και του Nitrobacter 34 φορές.

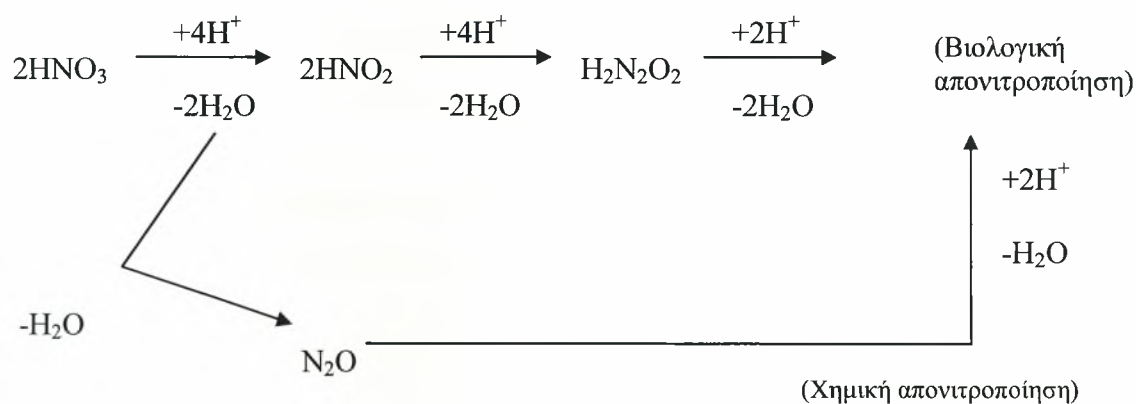


### 1.2.2. Απώλειες αζώτου.

Το άζωτο στα εδάφη χάνεται με πολλούς τρόπους, όπως επιστροφή στην ατμόσφαιρα ως αέριο ( $N_2$ ,  $N_2O$ ,  $NH_3$ ) καθώς και με έκπλυσή του και μεταφορά του στα βαθύτερα στρώματα της εδαφικής κατατομής.

- **Η απονιτροποίηση**, η βιοχημική αναγωγή των νιτρικών κάτω από αναερόβιες συνθήκες, συμβάλλει στην απώλεια  $N_2$  στην ατμόσφαιρα.

Η απονιτροποίηση παρίσταται με την παρακάτω εξίσωση:



Οι απώλειες αζώτου με απονιτροποίηση παρατηρούνται με την παρουσία μικροοργανισμών *Pseudomonas*, *Achromobacter* και *Micrococcus* σε  $pH=4,9-5,6$  (απώλεια ως  $N_2O$ ) ή  $pH=7,3-7,9$  ( $N_2$ ). Το άζωτο επίσης μπορεί να εξαερωθεί με τη μορφή αμμωνίας.

Σε αναγωγικές συνθήκες τα  $NO_3^-$  ιόντα υφίστανται απονιτροποίηση ήτοι βιολογική απονιτροποίηση σε υψηλό  $pH$  και χημική απονιτροποίηση σε χαμηλό  $pH$ . Οι απώλειες του αζώτου με απονιτροποίηση, είναι μεγαλύτερες με την παρουσία φυτών.

Τα απονιτροποιητικά βακτήρια είναι 90 φορές περισσότερα στη ριζόσφαιρα των φυτών, από ότι στο περιβάλλον έδαφος. Ως συνέπεια της αύξησης του ριζικού συστήματος των φυτών είναι ο περιορισμένος αριθμός των μεγάλων πόρων στο

έδαφος. Επιπλέον τα φυτά παρέχουν ενέργεια στα απονιτροποιητικά βακτήρια με τη μορφή εκκρίσεων του ριζικού συστήματος.

- **Απώλειες με τη μορφή αμμωνίας ( $NH_3$ ).**

Παρατηρείται σε αλκαλικά εδάφη σύμφωνα με τη σχέση:



Επίσης απώλεια  $NH_3$  παρατηρείται ανεξάρτητα από την τιμή του pH του εδάφους, μετά από επιφανειακή χορήγηση ουρίας.

- **Απώλειες με τη μορφή νιτρικού οξέος ( $HNO_3$ ).**

Παρατηρείται σε εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα αργιλίου και υδρογόνου (όξινα εδάφη).

- **Πυρκαγιές.**

Οι πυρκαγιές επηρεάζουν τον κύκλο του αζώτου άμεσα, γιατί μεγάλες ποσότητες αζώτου χάνονται με την καύση της οργανικής ουσίας και έμμεσα εξαιτίας των φυσικοχημικών μεταβολών που υφίσταται το έδαφος από τις πυρκαγιές. Με την καύση της οργανικής ουσίας παράγονται μικρές ποσότητες  $NH_3$  και μεγάλες ποσότητες αερίου  $N_2$  ή οξειδίων του αζώτου, που επιστρέφουν στην ατμόσφαιρα. Σε παγκόσμια κλίμακα η απώλεια N από τις πυρκαγιές ανέρχεται σε 20-100 x 10<sup>6</sup>τ ετησίως. Το  $N_2O$  αντιπροσωπεύει 13 εκατομμύρια τόννους. Μετά από πυρκαγιές επηρεάζεται και η ταχύτητα νιτροποίησης.

*Έκπλυση νιτρικών στα εδάφη.*

Τα νιτρικά ιόντα ( $NO_3^-$ ) εύκολα εκπλύνονται, διότι τα πλείστα εδάφη της εύκρατης ζώνης έχουν αρνητικό φορτίο στα κolloειδή τους και δε συγκρατούν τα

$\text{NO}_3^-$  ιόντα. Τα  $\text{NO}_3^-$  ιόντα μπορεί να μεταφερθούν στα κατώτερα στρώματα της εδαφικής κατατομής με το νερό στράγγισης.

Σε τροπικά εδάφη τα  $\text{NO}_3^-$  ιόντα προσροφούνται από τη στερεά φάση του εδάφους η δε προσρόφηση εξαρτάται από το pH και από τη συγκέντρωση των  $\text{NO}_3^-$  ιόντων. Τα εδάφη αυτά περιέχουν άμορφα ανόργανα υλικά και κυρίως οξείδια Al και Si.

#### *Αναστολείς Νιτροποίησης.*

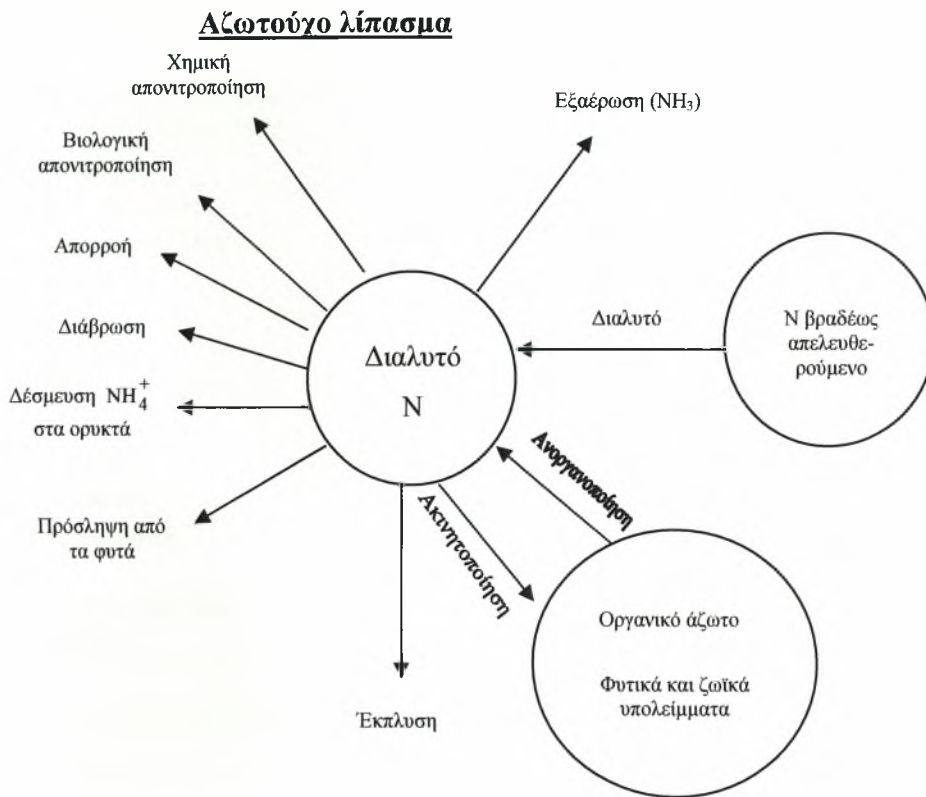
Σε πολλά εδάφη δε δεσμεύονται μεγάλες ποσότητες  $\text{NH}_4^+$  ιόντων. Εξάλλου τα  $\text{NO}_3^-$  ιόντα είναι διαλυτά στο νερό. Τα  $\text{NO}_3^-$  ιόντα γρήγορα απονιτροποιούνται κάτω από αναγωγικές συνθήκες. Έτσι σε βαριά εδάφη σημαντικές ποσότητες αερίου  $\text{N}_2$  μπορεί να παράγονται.

Σε πειράματα μελετήθηκαν αναστολείς νιτροποίησης για την αύξηση της αποτελεσματικής δράσης του αζώτου σε διάφορες καλλιέργειες, σε συνθήκες όπου οι απώλειες με απονιτροποίηση ή έκπλυση είναι υψηλές.

Η νιτροποίηση αύξησε το ολικό ποσό του ανόργανου αζώτου και μείωσε τις καθαρές απώλειες του ανόργανου αζώτου σε 60 ημέρες. Οι αναστολείς της νιτροποίησης επίσης έχουν εφαρμογές για μελέτη της θρέψης των φυτών με  $\text{NH}_4^+$  ιόντα, εξαιτίας της ταχείας μετατροπής των  $\text{NH}_4^+$  ιόντων στο έδαφος σε  $\text{NO}_3^-$  ιόντα.

Η χρήση των αναστολέων νιτροποίησης μπορεί να έχει μεγαλύτερη σημασία για μείωση της πρόσληψης  $\text{NO}_3^-$  ιόντων από τα φυτά όταν η συγκέντρωση αυτών στα φυτά είναι υψηλή.

Οι αναστολείς νιτροποίησης χρησιμοποιήθηκαν με μεγάλη επιτυχία στη μείωση της συγκέντρωσης των  $\text{NO}_3^-$  ιόντων στο σπανάκι. Στην εικόνα 1.2 παρουσιάζονται οι μετατροπές που υφίστανται στο έδαφος τα αζωτούχα λιπάσματα μετά την εφαρμογή τους.



*Εικόνα 1.2 Οι μετατροπές που υφίστανται στο έδαφος τα αζωτούχα λιπάσματα μετά την εφαρμογή τους, ιδιαίτερα μετά από κορεσμό του εδάφους.*

### 1.3. Εισροές και εκροές αζώτου στο έδαφος

Αναφέρεται ότι η βιολογική δέσμευση του αζώτου προσθέτει στο έδαφος ποσότητες αζώτου που ανέρχονται σε  $90-140 \times 10^6$  t αζώτου το χρόνο, ενώ παράλληλα οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες προσθέτουν στο έδαφος και την ατμόσφαιρα  $140 \times 10^6$  t αζώτου κάθε χρόνο (IFA, 1998). Στις δραστηριότητες αυτές εκτός από την καύση των γαιανθράκων, την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας συμπεριλαμβάνεται και η γεωργία με την παραγωγή ζωικής κόπρου των κτηνοτροφικών αποβλήτων και τη χρησιμοποίησή αυτή και τέλος με την παραγωγή και χρησιμοποίηση των ανόργανων αζωτούχων λιπασμάτων.



Στον πίνακα 1.2 παρουσιάζεται το μέσο ετήσιο ισοζύγιο εδαφικού αζώτου σε καλλιέργεια καλαμποκιού κατά την περίοδο 1989-1993. (Μήτισις και συνεργάτες, 1996).

**Πίνακας 1.2 Μέσο ετήσιο ισοζύγιο αζώτου σε έδαφος καλλιεργούμενο με καλαμπόκι 1989-1993 (Μήτισις και συνεργάτες 1996).**

<b>1.Εισροές</b>	<b>Kg N.στρ.<sup>-1</sup></b>					
Επεμβάσεις αζώτου	0	8	16	24	32	40
Ανοργανοποίηση αζώτου	27	27	27	27	27	27
Σύνολο:	27	35	43	51	59	67
<b>2.Εκροές</b>						
Απομάκρυνση αζώτου από καρπό	12,94	16,10	17,98	18,87	20,40	21,30
Έκπλυση	2,88	3,88	5,14	6,59	7,90	9,36
Εξαέρωση	1,26	1,70	2,25	2,89	3,47	4,12
Απονιτροποίηση	3,20	6,40	10,46	15,50	19,98	24,83
<b>3.Υπολειμματικό άζωτο</b>						
Σύνολο:	6,72	6,88	7,17	7,16	7,18	7,39
	27,00	35,00	43,00	51,00	59,00	67,00

Το παραπάνω ισοζύγιο εδαφικού αζώτου διατυπώθηκε με βάση της επεμβάσεις σε άζωτο στο καλαμπόκι, τη νιτροποίηση του οργανικού αζώτου (εισροές) και τις εκροές όπως π.χ. απομάκρυνση αζώτου από τους καρπούς, έκπλυση αζώτου, εξαέρωση και απονιτροποίηση. Οι καρποί απομάκρυναν ποσότητες αζώτου που κυμαίνονται από 12,94kg Nστρ<sup>-1</sup> σε έδαφος που δε δέχτηκε άζωτο, μέχρι 21,30kg Nστρ<sup>-1</sup> όταν το καλαμπόκι λιπάνθηκε με 40kg Nστρ<sup>-1</sup>. Οι απώλειες N εξαιτίας της έκπλυσης ανέρχονται σε 2,88 kg Nστρ<sup>-1</sup> μέχρι 9,4 kg Nστρ<sup>-1</sup>. Οι δε απώλειες εξαιτίας της εξαέρωσης της αμμωνίας κυμαίνονται μεταξύ 1,26kg Nστρ<sup>-1</sup> μέχρι 4,12kg Nστρ<sup>-1</sup>. Η απονιτροποίηση κυμάνθηκε σε υψηλά επίπεδα, 3,20-24,8kg Nστρ<sup>-1</sup> και εξαρτάται από τις ποσότητες του αζώτου που προστέθηκαν για τη λίπανση του καλαμποκιού.

#### 1.4 Οι δυσμενείς επιπτώσεις του αζώτου στο περιβάλλον.

Τα μεγάλα προβλήματα στο περιβάλλον τα δημιουργούν η πλεονασματικότητα του αζώτου στο αγροτικό οικοσύστημα οι εκπομπές αμμωνίας και αερίων οξειδίων

του αζώτου στην ατμόσφαιρα καθώς και οι απώλειες του N-NO<sub>3</sub> και διαφυγή των νιτρικών με έκπλυση στους υπεδάφιους υδροφόρους ορίζοντες και λοιπούς υδάτινους αποδέκτες (λίμνες, ποτάμια, πηγές, θάλασσες). Η πλεονασματικότητα του αζώτου στο έδαφος επηρεάζει αρνητικά τη **βιοποικιλότητα** (biodiversity) της χλωρίδας ως και την ποσότητα των αγροτικών προϊόντων.

Η εξαέρωση και ο εμπλουτισμός της ατμόσφαιρας με αμμωνία (NH<sub>3</sub>) δημιουργεί τις παρακάτω αρνητικές επιπτώσεις:

- Οξίνιση του εδάφους κατά την επαναφορά και απόθεση της NH<sub>3</sub> με τις βροχοπτώσεις και νιτροποίηση του αμμωνιακού N στο έδαφος
- Δημιουργία όξινης βροχής με την αντίδραση της αμμωνίας στην ατμόσφαιρα με οξείδια του θείου και την παραγωγή θειικής αμμωνίας.
- Επιβάρυνση με NO<sub>3</sub> – N του εδαφικού νερού με αποτέλεσμα έμμεσα στη συμβολή στο φαινόμενο του ευτροφισμού.

Η οξεογόνος επίδραση της αέριας αμμωνίας στο έδαφος και το νερό θεωρείται ότι προκάλεσαν μεγάλες καταστροφές στα δάση της Κεντρικής Ευρώπης κατά τη δεκαετία 1980.

Οι ερευνητές Schlesinger and Hartley (1992) υποστηρίζουν ότι για το σύνολο της γήινης ατμόσφαιρας οι εκπομπές NH<sub>3</sub> ανέρχονται σε 62x10<sup>6</sup> t το χρόνο, εκ των οποίων, οι εκπομπές προερχόμενες από ανθρωπογενείς δράσεις ανέρχονται σε 43x10<sup>6</sup>t. Υπολογίζεται ότι η απόθεση NH<sub>3</sub> ανέρχεται στο 40-60% των εισροών N από αζωτούχα λιπάσματα. Το Ευρωπαϊκό Κέντρο Οικο-τοξικολογίας και τοξικολογίας χημικών ουσιών (ECETOC, 1988, 1994) υποστηρίζει ότι μόνο 13% εκπομπών NH<sub>3</sub> στη Δ. Ευρώπη οφείλεται στα αζωτούχα λιπάσματα (συμπεριλαμβάνονται και τα σύνθετα λιπάσματα, τα οποία περιέχουν NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N και NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N) ενώ το 74% προέρχεται από την κτηνοτροφία. Στη ΒΔ Ευρώπη (Ολλανδία, Βέλγιο, Γερμανία) οι πυκνοί ζωικοί πληθυσμοί προκαλούν αυξημένη εκπομπή και απόθεση στα εδάφη NH<sub>3</sub>/NH<sub>4</sub><sup>+</sup> με αποτέλεσμα την ταχύτερη οξίνιση των εδαφών στη ζώνη αυτή.

Η ECETOC (1988, 1994), σε μελέτη της υποστηρίζει ότι τα μεγέθη των εκπομπών ανέρχονται σε 98 kt. (κτηνοτροφία 57 kt και λιπάσματα 19 kt). Η προσθήκη θειικής αμμωνίας και ουρίας σε ασβεστολιθικά εδάφη έχει ως αποτέλεσμα μεγάλες απώλειες εξαιτίας της εξαέρωσης, ιδιαίτερα όταν τα λιπάσματα δεν ενσωματώνονται σε ελαφρά εδάφη με μικρή CEC.

Οι εκπομπές οξειδίων N στην ατμόσφαιρα είναι το αποτέλεσμα των δραστηριοτήτων των μικροοργανισμών του εδάφους. Τα εδάφη είτε σε φυσική κατάσταση, είτε καλλιεργούμενα είναι η κύρια πηγή του N<sub>2</sub>O με συμμετοχή σε ποσοστό 65% στο σύνολο των εκπομπών (Prather et.al., 1995). Η συγκέντρωση του N<sub>2</sub>O στην ατμόσφαιρα αυξάνει με βραδείς ρυθμούς, από 288 ppbv (μέρη ανά δισεκατομμύριο κατ' όγκο) το 1900, σε 290 ppbv το 1950 και στα 310 ppbv το 1993 (Bockman, 1994).

Οι συνολικές ετήσιες εκπομπές εκτιμώνται σε  $14 \times 10^4$  t N<sub>2</sub>O το χρόνο εκ των οποίων  $9,5 \times 10^4$  t N<sub>2</sub>O το χρόνο οφείλονται σε φυσικές πηγές, και το υπόλοιπο  $4,5 \times 10^4$  t N<sub>2</sub>O το χρόνο προέρχεται από πρόσφατες ανθρωπογενείς δράσεις. Οι εκπομπές αυτές προέρχονται από την καύση γαιανθράκων και βιομάζας από την εντατική γεωργοκτηνοτροφική εκμετάλλευση ως και από την αλλαγή χρήσεων γης.

Οι Prather et.al., (1995), υποστηρίζουν ότι η αυξημένη ατμοσφαιρική συγκέντρωση του N<sub>2</sub>O συμβάλλει στο "φαινόμενο θερμοκηπίου" καθώς και στην καταστροφή του όζοντος της στρατόσφαιρας. Η ατμοσφαιρική συγκέντρωση του N<sub>2</sub>O είναι μικρή, η συμβολή του όμως στη θέρμανση της ατμόσφαιρας είναι σημαντική εξαιτίας της μεγάλης διάρκειας ζωής του στην ατμόσφαιρα (atmospheric life time) που φθάνει τα 150 χρόνια. Το NO είναι πολύ δραστικό αέριο με βραχεία διάρκεια ατμοσφαιρικής ζωής (ημέρες ή μερικές ώρες). Το NO είναι ένας από τους κύριους παράγοντες της όξινης βροχής επειδή το NO σχηματίζει νιτρικό οξύ στη ατμόσφαιρα.

Η χρήση των αζωτούχων λιπασμάτων ευνοεί τη δημιουργία υποστρώματος **νιτροποίησης-απονιτροποίησης** στα εδάφη και επομένως συμβάλλει άμεσα και έμμεσα στην παραγωγή και στην εκπομπή στην ατμόσφαιρα των οξειδίων του αζώτου. Οι ετήσιες εκπομπές N<sub>2</sub>O από τα καλλιεργούμενα εδάφη ανέρχονται σε  $3,5 \times 10^6$  N t, το 1/3 δε της ποσότητας αυτής προέρχεται ευθέως από τα αζωτούχα λιπάσματα (Smith, et.al., 1997). Οι ίδιοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι 0,5 και  $5,0 \times 10^6$  t N το χρόνο είναι εκπομπές NO που προέρχονται από τα αζωτούχα λιπάσματα.

Η συμβολή στις εκπομπές N<sub>2</sub>O και των κτηνοτροφικών ζώων ελεύθερης βοσκής (μεγάλα μηρυκαστικά κυρίως) διαμέσου των οποίων το άζωτο της χλωρής νομής μεταφέρεται στα υγρά και στερεά απεκκρίματα των ζώων που παραμένουν στους λειμώνες αποτελούν εστίες εκπομπής του N<sub>2</sub>O. Από τα περιορισμένα πειραματικά δεδομένα προκύπτει ότι ποσοστό 0,1 μέχρι 0,7 του αζώτου των στερεών απεκκρίματων και 0,1 μέχρι 3,8% του αζώτου των υγρών εκλύεται στην ατμόσφαιρα με τη μορφή N<sub>2</sub>O. Η σημασία των μεγεθών αυτών είναι προφανής αν ληφθεί υπόψη

ότι το 20% της στερεής επιφάνειας της γης καλύπτεται με καλλιεργούμενους λιμώνες και επί πλέον ένα 30% με ορεινές δασολιβαδικές εκτάσεις. Με βάση τα δεδομένα αυτά υπολογίζεται ότι η συνολική συμμετοχή των ζώων βοσκής στο ισοζύγιο  $N_2O$  της υδρογείου ανέρχεται σε  $1,55 \times 10^6$  t  $N_2O-N$ , ποσότητα η οποία υπερβαίνει τις εκπομπές τις προερχόμενες από τα ανόργανα λιπάσματα.

Διαπιστώνεται ότι οι τιμές εκπομπής κυμαίνονται σε μεγάλο εύρος εξαρτώμενες από τις εδαφικές, καλλιεργητικές και κλιματολογικές συνθήκες. Η διακυβερνητική επιτροπή για την αλλαγή του κλίματος (IPCC 1997) δέχεται ότι το 90% των εκπομπών  $N_2O$  που οφείλονται στα αζωτούχα λιπάσματα παρουσιάζουν εύρος  $1,25 \pm 1\%$  και ότι 0,25 και 2,25 kg  $N-N_2O$  σε κάθε 100 kg προστιθέμενου αζώτου.

Τα ερευνητικά αποτελέσματα των ερευνητών Cole et.al., (1996) και Smith et.al., (1997) δείχνουν ότι το ποσοστό των εκπομπών του  $N_2O$  είναι δυνατόν να μειωθεί σημαντικά όταν τηρούνται κανόνες σωστής καλλιεργητικής πρακτικής και ορθής διαχείρισης των λιπασμάτων. Τα μέτρα αυτά είναι:

- η αριστοποίηση των φυσικών συνθηκών του εδάφους κατά την εφαρμογή του λιπάσματος
- η εποχή και η μέθοδος προσθήκης του λιπάσματος
- η δόση του λιπάσματος που να μην υπερβαίνει τις ανάγκες της καλλιέργειας
- η χρησιμοποίηση αναστολέων νιτροποίησης (nitrification inhibitors) ως και λιπασμάτων ελεγχόμενης απόδοσης (controlled release fertilizers).

### **1.5.1 Ποιότητα νερού, νιτρορύπανση υδατικών οικοσυστημάτων.**

Μεγάλες συγκεντρώσεις  $NO_3^-$  στο πόσιμο νερό και στα υδατικά συστήματα, αποτελούν ρύπο, στο πόσιμο δε νερό εγκυμονεί κινδύνους στον άνθρωπο και τη δημόσια υγεία. Ο παγκόσμιος οργανισμός υγείας (WHO) στα μέσα της 10ετίας 1980 συνέστησε την καθιέρωση ανωτάτου ορίου συγκέντρωσης νιτρικών τα  $50mg NO_3^- L^{-1}$  πόσιμου νερού. Η εντατικοποίηση της γεωργικής και κτηνοτροφικής παραγωγής συνέβαλε σημαντικά στη νιτρορύπανση των υδάτων. Με την οδηγία 80/778/EOK η



Ευρωπαϊκή Ένωση υποχρέωσε όλα τα κράτη μέλη της να ακολουθήσουν τα ποιοτικά κριτήρια του πόσιμου νερού και υιοθέτησε το όριο των νιτρικών  $50\text{mg NO}_3^- \text{L}^{-1}$ .

Η Ε.Ε. το Δεκέμβριο 1991 θέσπισε την **Οδηγία Νιτρικών** (*Nitrates Directive*) 91/696/EEC η οποία αναφέρεται στην προστασία των νερών "από διάχυτες πηγές γεωργικής προέλευσης" με ανώτατο όριο νιτρικών τα  $50\text{mg NO}_3 \text{L}^{-1}$ . Με την οδηγία αυτή αναγνωρίζεται η αναγκαιότητα χρησιμοποίησης αζωτούχων λιπασμάτων και ζωικής κόπρου στη γεωργία, επισημαίνει όμως τους οικολογικούς κινδύνους τους οποίους προκαλεί η υπερβολική χρήση των υλικών αυτών. Μεταξύ των άλλων η οδηγία επισημαίνει ότι τα Κράτη-Μέλη οφείλουν να καθιερώσουν έναν Κώδικα "μέτρων ορθής Γεωργικής Πρακτικής" και να προβούν σε οριοθέτηση των ευπρόσβλητων με νιτροποίηση περιοχών εντός των οποίων θα ληφθούν ειδικά μέτρα προστασίας.

Η Ελλάδα με βάση την έκθεση που υπέβαλλε στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή το Νοέμβριο 1996 ανέφερε ότι έχει προσδιορίσει τις εξής τέσσερις (4) "δυνάμεις" ευπρόσβλητες ζώνες (Δυτική και Ανατολική Θεσσαλία, λεκάνη του Πηνειού ποταμού στην Ηλεία, αργολικό πεδίο και πεδιάδα της Κωπαΐδας). Σε έκθεσή της το 1998 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προς το Συμβούλιο και το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο αναφέρει ότι στις χώρες της Κεντροδυτικής Ευρώπης το πρόβλημα έχει λάβει πολύ μεγάλες διαστάσεις.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση με την "Agenda 2000" θέτει ως βασική προϋπόθεση αγροτικής ανάπτυξης η προτεραιότητα στην προστασία του περιβάλλοντος.

### **1.5.2 Νιτρορύπανση και Ευτροφισμός.**

Οι μεγάλες συγκεντρώσεις των νιτρικών και των φωσφορικών ιόντων στα νερά, αποτελούν τα κύρια αίτια δημιουργίας του φαινομένου του ευτροφισμού. Ο ευτροφισμός έχει διαταράξει σε μεγάλο βαθμό την οικολογική ισορροπία των υδατικών οικοσυστημάτων π.χ. ποταμών, λιμνών και θαλασσών στον πλανήτη μας. Ο ευτροφισμός οφείλεται στην ανάπτυξη μονοκύτταρων φυκών (algae) που προκαλεί η αύξηση της συγκέντρωσης των θρεπτικών στοιχείων στα υδατικά συστήματα. Ο

ευτροφισμός οδηγεί στην εξαφάνιση της μακροφυτικής υδρόβιας βλάστησης και τελικά στη θανάτωση των ενάλιων ζωικών πληθυσμών. Μετά από μια σε υψηλό επίπεδο ανάπτυξη των φυκών ακολουθεί η νέκρωση και η αποσύνθεση της τεράστιας αυτής βιομάζας η οποία δημιουργεί αναερόβιες συνθήκες.

Για την εκδήλωση του φαινομένου του ευτροφισμού είναι αρκετό η αύξηση της συγκέντρωσης και ενός μόνο περιοριστικού θρεπτικού. Στις περισσότερες περιπτώσεις περιοριστικοί παράγοντες ευτροφισμού στα μεν θαλάσσια νερά είναι το άζωτο και στα γλυκά νερά (λίμνες) ο φωτισμός.

### **1.5.3 Επιδράσεις στον τύπο της φυσικής χλωρίδας.**

Στη φύση υπάρχουν φυτά που είναι ευαίσθητα σε ακραίες συνθήκες θρέψεως και δεν αναπτύσσονται αν οι συνθήκες θρέψεως είναι μη ιδεώδεις. Οι υπερβολικές λιπάνσεις διαταράσσουν την ισορροπία μεταξύ των βοτανικών ειδών. Λαμβανομένου υπόψη τη γονιμότητα του εδάφους η αυτοφυής χλωρίδα περιλαμβάνει είδη, **ανταγωνιστικά, αδιάφορα και ανθεκτικά**. Σε μικτή φυτοκοινωνία τα ανταγωνιστικά είδη (competitors) αναπτύσσονται σε βάρος των υπολοίπων όταν βελτιωθεί η γονιμότητα του εδάφους ενώ στα άγονα εδάφη υπερτερούν τα ανθεκτικά είδη φυτών (stress tolerators).

Όταν το αρχικό επίπεδο γονιμότητας του εδάφους είναι χαμηλό οι λιπάνσεις προκαλούν τις κατάλληλες συνθήκες για μεγαλύτερη επίδραση στη βιοποικιλότητα. Από οικολογικής άποψης οι μεταβολές στη βιοποικιλότητα είναι ανεπιθύμητες, διότι οι αλλαγές στη σύνθεση της φυσικής χλωρίδας μπορεί να επιφέρουν αλλαγές και στη σύνθεση της πανίδας. Όταν σε μια φυσική φυτοκοινωνία το άζωτο είναι ο περιοριστικός παράγοντας, οι συνέπειες αυτές αίρονται σχετικά γρήγορα αν διακοπεί η προσθήκη λιπασμάτων (Tinker, 1991)

### **1.5.4 Δυσμενείς επιδράσεις των νιτρικών στην υγεία του ανθρώπου.**

Οι κύριες πηγές νιτρικών στη διατροφή του ανθρώπου είναι τα λαχανικά, το νερό και τα νιτρικά που προστίθενται ως συντηρητικά στα προϊόντα παρασκευής τροφών. Τα νιτρικά δεν είναι τοξικά και αποβάλλονται σχετικά γρήγορα από τον οργανισμό με τα ούρα (80%) ή τα περιττώματα (1-2%) και ανακυκλώνονται με το σάλιο (18%).

Τα νιτρώδη που βρίσκονται στις τροφές ή σχηματίζονται από τα νιτρικά ή παράγονται ενδογενώς είναι τοξικά. Σχετικά με τις ενδεχόμενες κλινικές-παθολογικές επιδράσεις των νιτρικών στον άνθρωπο αναφέρονται στον κίνδυνο

**μεθαιμογλουβιταιμίας** δηλαδή **συνδρόμου κυάνωσης των βρεφών (blue baby syndrome)** και στον κίνδυνο προσβολής από καρκίνο του γαστρο-εντερικού συστήματος σε μεγάλης ηλικίας άτομα. Τα νιτρώδη που παράγονται με τη μικροβιολογική αναγωγή των νιτρικών ιόντων είναι σε θέση να μετατρέπουν την αιμογλοβίνη του αίματος σε μεθαιμογλοβίνη που δε μπορεί να μεταφέρει το οξυγόνο και έτσι εμποδίζεται η μεταφορά του σε όλο το κυκλοφορικό σύστημα.

Όταν η ποσότητα της μεθαιμογλοβίνης στο αίμα αυξηθεί, τότε παράγονται στον οργανισμό συμπτώματα έλλειψης οξυγόνου με κύριο χαρακτηριστικό την κυάνωση, που διακρίνεται πολλές φορές από το μπλε χρώμα των χειλιών (μεθαιμογλοβιναιμία). Η τελευταία διαπιστωμένη περίπτωση κυάνωσης των βρεφών στο Ηνωμένο Βασίλειο συνέβη το 1972. Ο ερευνητής Douthwaite (1999) υποστηρίζει ότι στη διάρκεια των τελευταίων 36 ετών συνολικά μόνο 14 ύποπτα περιστατικά έχουν παρουσιαστεί στη Δυτική Ευρώπη τα οποία συσχετίστηκαν με κατανάλωση νερού από φρεάτια μολυσμένου με βακτήρια.

Αναφέρεται ότι κατά τη χειμερινή περίοδο 1976-1977, περίπου τρία εκατομμύρια άνθρωποι στο Ηνωμένο Βασίλειο κατανάλωσαν νερό με συγκέντρωση νιτρικών μεταξύ 50 και 100 mgL<sup>-1</sup>, χωρίς να εκδηλωθεί έστω και ένα κρούσμα μεθαιμογλουβιναιμίας. (Owen and S.Jurgens-Gschwind, 1986). Αναφέρθηκε ότι η μεθαιμογλουβιναιμία στα βρέφη δεν προκαλείται από τα νιτρικά αλλά από τα νιτρώδη που παράγονται με αναγωγή των νιτρικών από βακτήρια. Η αναγωγή συμβαίνει όταν το πόσιμο νερό ή τα σκεύη διατροφής ή και οι τροφές των νεογνών δεν πληρούν βασικές προϋποθέσεις υγιεινής (L' Hirondel and JL. L' Hirondel, 1994).

Η χρόνια έκθεση του οργανισμού του ανθρώπου σε υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών στο διαιτολόγιο θεωρήθηκε ως πιθανό αίτιο του γαστρο-εντερικού καρκίνου εξαιτίας ενδεχόμενης ενδογενούς σύνθεσης των καρκινογενών ενώσεων **N-νιτροξαμινών**, από την αντίδραση εντός του στομάχου μεταξύ νιτρωδών αλάτων αφενός και αφετέρου δευτερογενών αμινών. (Duncan, et.al., 1997; Vermeer, et.al., 1998). Για τους λόγους αυτούς επεβλήθησαν περιορισμοί στην περιεκτικότητα νιτρικών και νιτρωδών σε επεξεργασμένα είδη τροφίμων (Scientific Committee for food, European Commission, 1995). Πρόσφατες επιδημιολογικές έρευνες δε στηρίζουν την άποψη ότι τα νιτρικά προκαλούν καρκίνο στον άνθρωπο, (ECETOC,

1988, Scientific Committee for food European Commission, 1995, Duncan, et.al., 1997).

Το 80-90% των νιτρικών στις τροφές του ανθρώπου προέρχονται από τα νωπά λαχανικά και ειδικότερα από τα πράσινα φυλλώδη λαχανικά (σέλινο, σπανάκι, μαρούλι κ.λ.π.).

### **1.6 Έκπλυση των νιτρικών και απώλειες αζώτου.**

Όταν οι ετήσιες βροχοπτώσεις ή οι αρδεύσεις εφοδιάζουν το έδαφος με ποσότητες νερού που υπερβαίνουν την εξατμισοδιαπνοή, η επιπλέον ποσότητα του νερού ή απομακρύνεται με την επιφανειακή απορροή ή διηθείται στα βαθύτερα στρώματα της εδαφικής κατατομής.

Τα νιτρικά ιόντα ( $\text{NO}_3^-$ ) που βρίσκονται στο εδαφικό διάλυμα είτε μετακινούνται στα βαθύτερα στρώματα της εδαφικής κατατομής και στη συνέχεια στα επιφανειακά και υπόγεια νερά, είτε διαλύονται στα νερά απορροής και οδεύουν στις λίμνες, στα ποτάμια και στις θάλασσες.

Οι ποσότητες των νιτρικών ιόντων που απομακρύνονται με έκπλυση εξαρτώνται:

- από την ποσότητα του νερού που διηθείται στα βαθύτερα στρώματα της εδαφικής κατατομής
- από τη συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων στο έδαφος
- από τις ποσότητες των προστιθέμενων λιπασμάτων
- από τον τύπο του εδάφους
- από την περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία και από τους ρυθμούς ανοργανοποίησης του οργανικού αζώτου
- από τη δραστηριότητα των μικροοργανισμών του εδάφους
- από τις εποχικές διακυμάνσεις
- από τη φυτοκάλυψη
- από τον τύπο της καλλιέργειας και
- από τις βροχοπτώσεις και αρδεύσεις.

### *Έκπλυση νιτρικών – φυτοκάλυψη.*

Από έρευνες προκύπτει ότι σε γυμνό έδαφος η απώλεια  $\text{NO}_3^-$  με έκπλυση είναι περίπου διπλάσια μέχρι τριπλάσια από ότι στο ίδιο έδαφος με καλλιέργειες και εννέα φορές μεγαλύτερη από ότι στο ίδιο έδαφος με λειβαδική φυτοκάλυψη. Διευκρινίζεται ότι με τον όρο *γυμνό έδαφος* (fallow soils) δε γίνεται αναφορά μόνο στην αγρανάπαυση αλλά πιο συχνά στην εποχική παραμονή ενός αγρού χωρίς φυτοκάλυψη εξαιτίας του τύπου της καλλιεργητικής διαχείρισης.

Στην Ελλάδα και στην παραμεσόγειο ζώνη τα χειμερινά σιτηρά δεν καλύπτουν το έδαφος κατά τους θερινούς μήνες οπότε η έκπλυση και η νιτροποίηση δεν ευνοούνται εξαιτίας της έλλειψης εδαφικής υγρασίας. Οι θερινές καλλιέργειες όμως οι οποίες συγκομίζονται το Φθινόπωρο, δεν καλύπτουν το έδαφος σε εποχή που οι κλιματικές συνθήκες ευνοούν τη νιτροποίηση και στη συνέχεια την έκπλυση τόσο του ανοργανοποιηθέντος αζώτου, όσο και του υπολειμματικού αζώτου των ετήσιων καλλιεργειών.

### *Έκπλυση νιτρικών – Τύπος καλλιέργειας.*

Ο ρυθμός πρόσληψης του αζώτου δεν είναι σταθερός κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, αλλά εξαρτάται γενικώς από τους εποχιακούς ρυθμούς ανάπτυξης των φυτών. Οι καλλιέργειες που δεν καλύπτουν πλήρως και μόνιμα το έδαφος αφήνουν μεγάλα περιθώρια για έκπλυση των νιτρικών ιόντων. Οι εύρωστες όμως καλλιέργειες προσφέρουν πλήρη και μακροχρόνια κάλυψη. Τα λειβαδικά-κτηνοτροφικά φυτά είναι τα πλέον αποτελεσματικά φυτά για αποτελεσματική διαχείριση του εδάφους κατά της έκπλυσης των νιτρικών ιόντων, περιορίζουν δε τις σχετικές απώλειες μόνο σε  $6-12\text{kgNha}^{-1}$ . Όταν όμως τα παρθένα λειμώνια εδάφη καλλιεργούνται με αροτραίες καλλιέργειες τότε παρατηρείται έντονη νιτροποίηση και μεγάλες απώλειες νιτρικού αζώτου.

Όταν γίνει η συγκομιδή των ετήσιων καλλιεργειών τότε εξαιτίας της διακοπής της πρόσληψης του αζώτου από τα φυτά ο ρυθμός έκπλυσης των νιτρικών αυξάνει. Για τον περιορισμό της έκπλυσης των νιτρικών προτείνονται τα εξής μέτρα:

- Βελτιωμένοι τύποι αμειψισποράς



- Αποφυγή Φθινοπωρινών οργωμάτων
- Πρώιμη Εαρινή σπορά και
- Η εφαρμογή των αζωτούχων λιπασμάτων να γίνεται με πολλές δόσεις.

Για τη μείωση της έκπλυσης των νιτρικών μπορεί να εφαρμοστεί το σύστημα της ενδιάμεσης καλλιέργειας ανάσχεσης (catch crop) κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Η καλλιέργεια αυτή προσλαμβάνει την ποσότητα του νιτρικού αζώτου του εδάφους, ή απελευθερώνεται το άζωτο αυτό στο έδαφος μετά τη συγκομιδή της κύριας καλλιέργειας. Η ενδιάμεση καλλιέργεια μπορεί να περιορίσει την έκπλυση του αζώτου κατά 40-50%.

Τα κηπευτικά αντίθετα με τις αροτραίες καλλιέργειες ευνοούν την έκπλυση των νιτρικών. Τα κηπευτικά δεν καλύπτουν το έδαφος για μεγάλο χρονικό διάστημα, δέχονται συχνές και πολλές καλλιεργητικές εργασίες με αποτέλεσμα να αυξάνουν την ανοργανοποίηση του οργανικού αζώτου και αφήνουν στο έδαφος μεγάλες ποσότητες φυτικών υπολειμμάτων πλούσιων σε οργανικό άζωτο, τα οποία κατά την αποσύνθεσή της εκλύουν μεγάλες ποσότητες οργανικού αζώτου. Τέλος, οι κηπευτικές καλλιέργειες δέχονται εντατικές λιπάνσεις που πολλές φορές υπερβαίνουν τις θρεπτικές ανάγκες τους.

#### *Έκπλυση νιτρικών – Επίδραση του τύπου εδάφους.*

Είναι γνωστό ότι στους εδαφικούς πόρους όταν το έδαφος είναι υγρό υπάρχει το ύδωρ στο οποίο βρίσκονται με διαλυτή μορφή τα θρεπτικά στοιχεία του εδάφους. Τα αμμώδη εδάφη συγκρατούν μικρότερο ποσοστό υγρασίας από τα αργιλώδη. Για το λόγο αυτό τα αμμώδη εδάφη διευκολύνουν την έκπλυση των νιτρικών.

Στα οργανικά εδάφη, η ποσότητα σε οργανικό άζωτο μπορεί να ανέλθει σε 1500kg.στρ<sup>-1</sup>. Το οργανικό άζωτο ανοργανοποιείται και χάνονται με έκπλυση πολύ μεγαλύτερες ποσότητες νιτρικών σε σύγκριση με τα συνήθη μη οργανικά εδάφη.

Στον πίνακα 1.3 παρουσιάζονται οι ποσότητες των αζωτούχων, φωσφορικών και καλιούχων λιπασμάτων που προστέθηκαν στα εδάφη καθώς και οι ποσότητες των θρεπτικών στοιχείων που αξιοποιήθηκαν από τα φυτά.

Στον πίνακα 1.3 παρουσιάζονται οι ποσότητες των αζωτούχων, φωσφορικών και καλιούχων λιπασμάτων που προστέθηκαν στα εδάφη καθώς και οι ποσότητες των θρεπτικών στοιχείων που αξιοποιήθηκαν από τα φυτά.

**Πίνακας 1.3.** Εισροές και εκροές θρεπτικών στοιχείων N, P και K στα ελληνικά εδάφη (Koukoulakis και Mitsios, 1992).

Ποσότητες θρεπτικών στοιχείων που προστέθηκαν στα ελληνικά εδάφη, σε τόννους			Ποσότητες θρεπτικών στοιχείων που αξιοποιήθηκαν από τα φυτά, σε τόννους		
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	1961			1961	
83.480	73.123	9.035	89.938	32.523	59.744
	1982			1982	
335.100	115.500	40.000	182.381	65.275	119.274

Το έτος 1961 οι εισροές του αζώτου από αζωτούχα λιπάσματα είναι ελαφρά αρνητικές που σημαίνει ότι τα φυτά αξιοποίησαν το άζωτο σε ποσότητες μεγαλύτερες από τις ποσότητες που προστέθηκαν. Το 1982 οι εισροές του αζώτου από αζωτούχα λιπάσματα είναι μεγαλύτερες από τις ποσότητες του αζώτου, που αξιοποιήθηκαν από τα φυτά. Η διαφορά αυτή κατά το 1982 ανέρχεται σε 153.719 τόννους.

Στον πίνακα 1.4 παρουσιάζονται οι απώλειες αζώτου εξαιτίας έκπλυσης κατά την περίοδο 1989-93 σε kg N στρ<sup>-1</sup> σύμφωνα με την αζωτούχο λίπανση που εφαρμόστηκε στην καλλιέργεια καλαμποκιού.

**Πίνακας 1.4.** Απώλειες αζώτου εξαιτίας έκπλυσης κατά την περίοδο 1989-93 ( $\text{kg στρ}^{-1}$ ) (Μήτσιοι και συνεργάτες 1996).

Επεμβάσεις $\text{kg N στρ}^{-1}$	1989	1990	1991	1992	1993
0	2,31	2,54	2,86	2,57	4,12
8	3,49	3,81	3,69	3,20	5,20
16	4,98	5,28	4,64	4,37	6,44
24	6,80	6,53	6,09	5,87	7,63
32	8,57	8,11	7,05	6,67	9,17
40	9,80	9,48	8,64	8,25	10,63

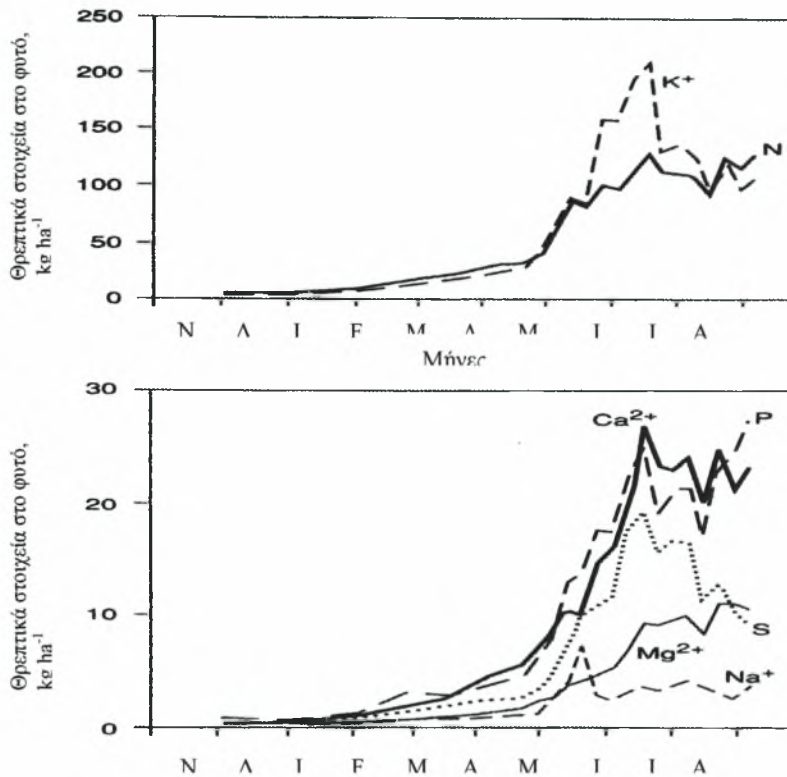
### 1.7 Οι απαιτήσεις των φυτών σε άζωτο

Το ετήσιο ισοζύγιο του αζώτου είναι η βάση για τον καθορισμό της λιπαντικής πολιτικής για να καλυφθούν οι ανάγκες των φυτών σε θρεπτικά στοιχεία. Το είδος των φυτών και ο γενότυπος αυτών, οι εδαφικές και κλιματικές συνθήκες καθορίζουν την απόδοση και επομένως τις ανάγκες των φυτών σε άζωτο. Οι ποσότητες του αζώτου που απομακρύνονται από τα φυτά κυμαίνονται μεταξύ 10 και  $25\text{kg Nστρ}^{-1}$  χρόνο.

Οι ποσότητες αυτές προέρχονται από διάφορες πηγές. Επειδή όμως η ανοργανοποίηση του οργανικού αζώτου συμβαίνει και κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου είναι απαραίτητο να λαμβάνονται υπόψη η συνεισφορά σε άζωτο κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Στην εικόνα 1.8 παρουσιάζεται η πρόσληψη των θρεπτικών στοιχείων από καλλιέργεια χειμερινού σιταριού κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου από το Νοέμβριο που έγινε η σπορά μέχρι τον Αύγουστο που έγινε η συγκομιδή.

Από τη μελέτη της παρακάτω εικόνας 1.8 διαπιστώνεται ότι οι ανάγκες των σιτηρών κατά το φθινόπωρο είναι μικρές. Η πρόσληψη του N αυξάνεται με βραδείς ρυθμούς την άνοιξη το δε Μάιο και Ιούνιο οι ανάγκες των φυτών εξαιτίας της ταχύτατης ανάπτυξης είναι κατά μέσο όρο  $1,6\text{kg N ha}^{-1}$  ημέρα<sup>-1</sup> κατά τη διάρκεια δε του καλοκαιριού οι ημερήσιες ανάγκες σε N είναι περίπου  $6\text{kg N ha}^{-1}$  ημέρα. Στα

σιτηρά συμπεριλαμβανομένων και των ριζών η ποσότητα του N που περιέχεται σ' αυτά είναι περίπου  $120\text{kg N ha}^{-1}$ .



**Εικόνα 1.8** Πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων από έρμι καλλιεργημένο σε αμμοπηλώδες έδαφος που λιπάνθηκε ικανοποιητικά (Gregory et.al., 1979)

### Κανόνες ορθής Γεωργικής Πρακτικής.

Για την αντιμετώπιση της νιτρορύπανσης των υδάτινων πόρων η Ευρωπαϊκή Ένωση υιοθέτησε την οδηγία 91/676 (ΕΟΚ) περί 'προστασίας των υδάτων από ρύπανση που προκαλείται από νιτρικά γεωργικής προέλευσης'. Η οδηγία αυτή προβλέπει την εφαρμογή ενός Κώδικα Ορθής Γεωργικής Πρακτικής (Code of Good Agricultural Practice).

Ο Κώδικας αυτός περιλαμβάνει κανόνες στα εξής σημεία:

- Εποχές κατά τις οποίες πρέπει να αποφεύγεται η προσθήκη λιπασμάτων στους αγρούς.
- Προϋποθέσεις προσθήκης λιπασμάτων σε αγρούς κορεσμένους με ύδωρ, ή παγωμένους ή καλυμμένους με χιόνι.

- Προϋποθέσεις για την εφαρμογή λιπασμάτων σε αγρούς που γειτνιάζουν με υδάτινους αποδέκτες, όπως ποτάμια και λίμνες.
- Μεθοδολογία εφαρμογής στον αγρό, τόσο των ανόργανων λιπασμάτων όσο και της ζωικής κόπρου και να λαμβάνεται μέριμνα για τον κανονικό ρυθμό και ομοιομορφία διασποράς, με σκοπό τον περιορισμό της έκπλυσης νιτρικών σε αποδεκτά επίπεδα.
- Τα ζωικά απόβλητα να τοποθετούνται σε στεγανές δεξαμενές, ώστε να αποφεύγεται η διαρροή τους στον υπεδάφιο υδροφόρο ορίζοντα.

*Επίσης συμπληρωματικά να λαμβάνονται υπόψη και κανόνες επί των εξής θεμάτων:*

Συστήματα ορθής καλλιεργητικής διαχείρισης, σχετικά με τον τύπο αμειψισποράς και την κατανομή των ποσοστών μονίμων φυτειών και ετήσιων καλλιεργειών.

Πρόβλεψη για ενδιάμεσες καλλιέργειες (intercropping), ώστε στη διάρκεια της βροχερής περιόδου το έδαφος να μην παραμένει γυμνό, αλλά να διατηρείται μια φυτοκάλυψη για να απορροφάται το διαθέσιμο νιτρικό άζωτο.

Στις αρδευόμενες καλλιέργειες να λαμβάνονται μέτρα για την πρόληψη της επιφανειακής διαρροής και για την αποφυγή καθοδικής μετακίνησης του αρδευτικού μετώπου κάτωθεν του ριζοστρώματος.

Οι παραπάνω γενικοί κανόνες εξειδικεύονται σε κάθε κράτος-μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ώστε να λαμβάνονται υπόψη οι τοπικές συνθήκες κλίματος, εδαφών, καλλιεργειών και χρησιμοποιούμενων τύπων λιπασμάτων, ανόργανων και οργανικών.

## **1.8 Ο προσδιορισμός του ανόργανου αζώτου στα εδάφη.**

Τα δείγματα εδάφους από τον αγρό εκχυλίζονται πολύ γρήγορα ή διατηρούνται στο ψυγείο σε χαμηλή θερμοκρασία χωρίς να αεροξηρανθούν ή ψυχθούν. Για την εκχύλιση χρησιμοποιείται το διάλυμα του χλωριούχου καλίου το οποίο απομακρύνει από το έδαφος τα νιτρικά και αμμωνιακά ιόντα. Η μέθοδος που περιγράφεται στη



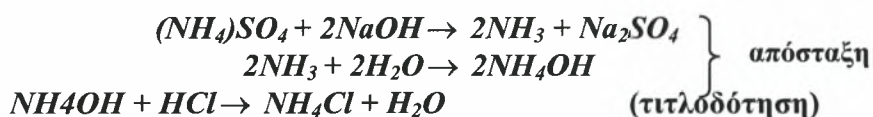
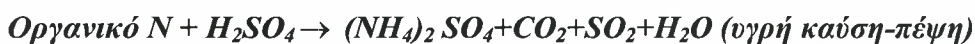
συνέχεια χρησιμοποιεί διάλυμα 2M KCl αλλά και διάλυμα 1M KCl μπορεί να χρησιμοποιηθεί γιατί έχει χαμηλότερο κόστος και είναι επαρκές.

### 1.8.1 Προσδιορισμός του ολικού αζώτου στο έδαφος με τη μέθοδο Kjeldahl.

#### *Αρχή της μεθόδου*

Η μέθοδος προσδιορισμού του ολικού αζώτου (%) βασίζεται στη διαδικασία της υγρής καύσης-πέψης (Kjeldahl) του αζώτου του εδάφους (ή των φυτικών ιστών των σπόρων, των τροφίμων) και τη μετατροπή του σε αμμώνιο ( $\text{NH}_4^+$ ) με την κατεργασία πυκνού  $\text{H}_2\text{SO}_4$  σε υψηλές θερμοκρασίες (digestion). Η παραγόμενη  $\text{NH}_3$  με απόσταξη (steam distillation) μετά τη δέσμευση της με βορικό οξύ προσδιορίζεται με τιτλοδότηση HCl.

Τα στάδια υγρής καύσης-απόσταξης, ροής-τιτλοδότησης παρουσιάζονται με τις ακόλουθες χημικές αντιδράσεις:



#### *Λειτουργία της συσκευής Kjeldahl*

Η συσκευή Kjeldahl αποτελείται από τρία κύρια μέρη:

- Τη μονάδα απόσταξης (Distilling Unit)
- Το σύστημα υγρής καύσης-πέψης
- Τη συσκευή τιτλοδότησης με 0,1 M HCl.

### 1.8.2 Προσδιορισμός των νιτρικών ιόντων στο έδαφος με τη μέθοδο Kjeldahl.

#### **Διατήρηση των δειγμάτων εδάφους και προετοιμασία αυτών.**

Τα υγρά δείγματα εδάφους εκχυλίζονται αμέσως μετά την δειγματοληψία (εντός ολίγων ωρών). Τα υγρά δείγματα εδάφους είναι δυνατόν να διατηρηθούν στο ψυγείο σε θερμοκρασία  $+2^\circ\text{C}$  με σκοπό τον περιορισμό της ανοργανοποίησης του οργανικού

αζώτου. Το έδαφος θρυμματίζεται ελαφρά οι δε πέτρες απομακρύνονται. Λαμβάνεται ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα μάζας 40g. Σε 10g δείγματος προσδιορίζεται η υγρασία του εδάφους και τα αποτελέσματα εμφανίζονται ως g H<sub>2</sub>O σε 100g ξηρού εδάφους.

### Περίληψη της μεθόδου.

Υγρό έδαφος (; mgN kg<sup>-1</sup> ξηρού εδάφους)



40g + 200mL 2M KCl

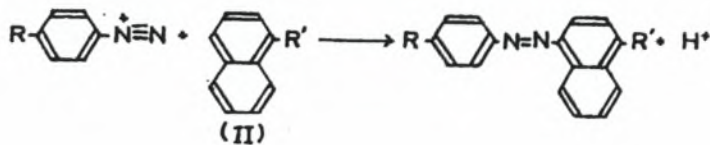
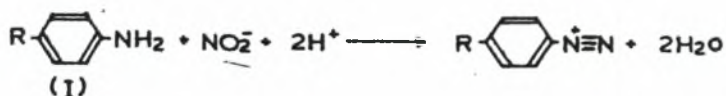


50mL διήθημα αποστάζεται και τιτλοδοτείται με διάλυμα 0,01M HCl

### 1.8.3 Προσδιορισμός των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων του εδάφους με τη μέθοδο καδμίου.

#### Αρχή της μεθόδου.

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, τα νιτρικά ιόντα (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) του εδαφικού δείγματος ανάγονται σε NO<sub>2</sub><sup>-</sup> μετά τη διέλευσή τους από στήλη επιχαλκωμένου καδμίου παρουσία NH<sub>4</sub>Cl και pH μεταξύ 5 και 10. Στη συνέχεια τα NO<sub>3</sub> προσδιορίζονται χρωματομετρικά, μετρώντας την ένταση του αζω-χρωμοφόρου (azo-chromophore), η οποία είναι ανάλογος της ποσότητας των NO<sub>3</sub> στο έδαφος και η οποία προέκυψε από την προσθήκη σουλφανιλαμίνης και N-1-ναφθύλαιθυλενοδιαμίνη (N-(1-naphthyl)-ethylenediamine) στα NO<sub>2</sub><sup>-</sup>.



Όπου α: αντίδραση διαγωνικού - (I) η σουλφανιλαμίνη (R=-SO)β:αντίδραση coupling-(II) (N-(1-naphthyl)-ethylenediamine) (R=-NHCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>NH<sub>2</sub>)

#### 1.8.4 Προσδιορισμός των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων με ιοντική χρωματογραφία.

*Χρωματογραφικοί μέθοδοι διαχωρισμού.*

Ο όρος χρωματογραφία αναφέρθηκε αρχικά για το διαχωρισμό των τριών χρωμάτων της χλωροφύλλης. Είναι ένας γενικός ορισμός για ένα ευρύ φάσμα φυσικοχημικών διαχωρισμών. Ο διαχωρισμός των συστατικών ενός μίγματος με χρωματογραφικές μεθόδους είναι αποτέλεσμα της σχετικής κίνησης δύο φάσεων, μιας στατικής και μιας κινούμενης σε σχέση με τη στατική. Τα συστατικά που πρόκειται να διαχωριστούν κινούνται κατά μήκος της στατικής φάσης με τη βοήθεια της κινούμενης με διαφορετικές ταχύτητες. Την ταχύτητα με την οποία κινείται κάθε συστατικό την καθορίζει ο συντελεστής κατανομής K ο οποίος δίνεται από τη σχέση  $K=C_s / C_m$  όπου  $C_s$ ,  $C_m$  η συγκέντρωση του συστατικού στη στατική και κινούμενη φάση αντίστοιχα.

Η κατανομή των συστατικών στις δύο φάσεις οφείλεται σε φυσικοχημικές ιδιότητες όπως η διαλυτότητα, η πτητικότητα, η προσρόφηση, η ιοντοανταλλαγή, το μέγεθος και το σχήμα των μορίων, οπότε προκύπτουν ανάλογα και τα διάφορα είδη χρωματογραφίας όπως:

- Χρωματογραφία κατανομής
- Χρωματογραφία προσρόφησης
- Χρωματογραφία ιοντοανταλλαγής

- Χρωματογραφία μοριακών ηθμών.

Η στατική φάση μπορεί να είναι στερεή ή υγρή και να έχει μορφή στήλης, φύλλου διηθητικού ηθμού ή πλάκας επιστρωμένης με κατάλληλο υλικό. Η κινούμενη φάση μπορεί να είναι υγρή ή αέρια οπότε προκύπτει η υγρή ή η αέρια χρωματογραφία αντίστοιχα.

Οι συνδυασμοί ιδιοτήτων και φάσεων οδηγούν στις διάφορες χρωματογραφικές μεθόδους διαχωρισμού όπως φαίνεται παρακάτω.

### *Χρωματογραφία*

- Προσρόφησης, στερεή στατική φάση
- Κατανομής, υγρή στατική φάση
- Ιοντοανταλλαγής
- Μοριακών ηθμών

### Χρωματογραφία προσρόφησης

Στη χρωματογραφία προσρόφησης η κινούμενη φάση μπορεί να είναι αέρια ή υγρή. Όταν η κινούμενη φάση είναι αέρια τότε ονομάζεται χρωματογραφία αερίου–στερεού. Στην υγρή κινούμενη φάση υπάρχουν δύο τύποι, χρωματογραφία στήλης (HPLC) και χρωματογραφία λεπτής στοιβάδας (TLC).

### Χρωματογραφία κατανομής

Σ' αυτόν τον τύπο η κινούμενη φάση μπορεί να είναι αέρια ή υγρή. Στην πρώτη περίπτωση ονομάζεται χρωματογραφία αερίου – υγρού και στη δεύτερη χρωματογραφία στήλης, χάρτου.

### Χρωματογραφία ιοντοανταλλαγής

Δύο τύποι υπάρχουν σ' αυτήν την κατηγορία η χρωματογραφία ιοντοανταλλαγής σε στήλη και η χρωματογραφία ιοντοανταλλαγής σε λεπτή στοιβάδα.

### *Ανάπτυξη χρωματογραφήματος με τη χρωματογραφία ιοντοανταλλαγής.*

Η ιοντική χρωματογραφία χρησιμοποιήθηκε το 1975 και σε μικρό διάστημα εξελίχθηκε σε μια ανεξάρτητη αναλυτική τεχνική που σήμερα περικλείει όλες τις HPLC μεθόδους για τον προσδιορισμό ανόργανων και οργανικών ιόντων.

Ο διαχωρισμός των συστατικών του μίγματος που τοποθετείται στη μια άκρη της στατικής φάσης επιτυγχάνεται όπως προαναφέρθηκε με την επίδραση της κινούμενης φάσης και η όλη διεργασία αποτελεί την ανάπτυξη του χρωματογραφήματος. Καθένα από τα συστατικά που διαχωρίζεται είναι διασκορπισμένο μεταξύ στάσιμης και κινητής φάσης. Η ταξινόμηση των διαφόρων τύπων της χρωματογραφίας εξαρτάται από την κατάσταση του συνόλου των δύο παραπάνω φάσεων.

Η χρωματογραφία ιοντοανταλλαγής βασίζεται στο γεγονός ότι η εκλεκτικότητα ενός ιοντοανταλλάκτη δεν είναι ίδια για όλα τα ιόντα με αποτέλεσμα αυτά να κινούνται μέσα στην ιοντοανταλλακτική στήλη με διαφορετική ταχύτητα, ανάλογα με τους συντελεστές εκλεκτικότητας. Οι συντελεστές εκλεκτικότητας εκφράζουν την εκλεκτικότητα ενός ιοντοανταλλάκτη για ένα κατιόν σε σχέση με τα υδρογονοκατιόντα ή για ένα ανιόν σε σχέση με τα υδροξυλιόντα. Η εκλεκτικότητα για τα διάφορα ιόντα εκφράζεται και από το μοριακό συντελεστή κατανομής που ορίζεται από τη σχέση :  $K_d = M_r / M$  όπου  $M_r$  και  $M$  η ποσότητα του ιόντος για κάθε γραμμάριο ρητίνης και για κάθε mL διαλύματος αντίστοιχα.

Ο διαχωρισμός των ιόντων επιτυγχάνεται ως εξής: Στην κορυφή της στήλης τοποθετείται το μίγμα των ιόντων και στη συνέχεια γίνεται η ανάπτυξη του χρωματογραφήματος με διαβίβαση του υγρού ανάπτυξης, της υγρής φάσης. Όταν η ανάπτυξη γίνεται με έκλυση το εκλουστικό διάλυμα μετακινεί τα ιόντα προς τα κάτω, καθώς διέρχεται από τη στήλη δηλαδή από τη στερεά φάση. Η ταχύτητα έκλυσης είναι αντιστρόφως ανάλογη με το συντελεστή κατανομής του κάθε ιόντος. Όταν η ανάπτυξη γίνεται με αντικατάσταση τότε στο διάλυμα ανάπτυξης περιέχεται ένα τουλάχιστον ιόν με συντελεστή κατανομής μεγαλύτερο από τους συντελεστές κατανομής των ιόντων που διαχωρίζονται. Έτσι τα ιόντα καθώς εκτοπίζονται από τον ιοντοανταλλάκτη μετακινούνται προς τα κάτω με ταχύτητα αντιστρόφως ανάλογη με το συντελεστή κατανομής τους.

Πολλοί φυσικοί άργιλοι μπορούν να δράσουν σαν ιοντοανταλλάκτες, επειδή είναι αδιάλυτα πολυμερή υλικά με χαλαρή δομή και με πολλά μεταλλικά ιόντα, που μπορούν να αντικατασταθούν από άλλα. Μεταξύ αυτών των αργιλικών υλικών και



του νερού που διέρχεται μέσα από αυτά γίνεται μια συνεχής ανταλλαγή ιόντων. Η λεπτομερής πορεία της ανταλλαγής τροποποιείται και περιπλέκεται από το pH και από διάφορες άλλες φυσικές παραμέτρους. Αυτά τα υλικά έχουν ποικίλες και απρόβλεπτες ιδιότητες και μόνο με την εισαγωγή συνθετικών ιοντοανταλλακτών επιτεύχθηκε μια νέα τεχνική.

#### *Προσδιορισμός των Νιτρικών Ιόντων με τη μέθοδο της Ιοντικής Χρωματογραφίας.*

Ακολουθείται η παρασκευή εδαφικού πολτού. Καταβάλλεται προσπάθεια το εδαφικό δείγμα να βρεθεί στη κατάσταση υδατοκορεσμού, ώστε να προσεγγίσει όσο το δυνατό περισσότερο τις συνθήκες του αγρού. Αφού λοιπόν παρασκευασθεί η πάστα αφήνεται, για 4-24 ώρες σε κορεσμένο με υγρασία περιβάλλον. Κατόπιν παίρνεται το εκχύλισμα είτε με τη βοήθεια της φυγοκέντρου είτε με αντλία κενού. Το εκχύλισμα αυτό μπορεί να υποστεί αναλύσεις για τον προσδιορισμό διαφόρων στοιχείων.

Ειδικότερα για τον προσδιορισμό των νιτρικών ιόντων χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό, από πολλά εργαστήρια σόλο τον κόσμο. Πρωτοαναφέρθηκε ως μέθοδος εκχύλισης των νιτρικών και άλλων στοιχείων από τους Bower and Wilcox, (1965). Η αξιοπιστία της μεθόδου στηρίζεται στη μεγάλη διαλυτότητα στο ύδωρ των νιτρικών ιόντων.

Εκχύλισμα για τον προσδιορισμό των νιτρικών ιόντων επίσης λαμβάνεται αναμιγνύοντας έδαφος και ύδωρ σε αναλογίες 1:1 και 1:5, (Methods of Soil Analysis, 1994).

Κατόπιν αφού το εκχύλισμα διηθηθεί με μεγάλη προσοχή μέχρι διαυγάσεως του, μεταφέρεται στον ιοντικό χρωματογράφο για ανάλυση.

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

Ο προσδιορισμός των νιτρικών ιόντων γίνεται με ροή εκλουστικού διαλύματος 0,8 mL.min<sup>-1</sup> και με τιμή πίεσης 37-40 bar. Πολλοί ερευνητές προτείνουν μεγαλύτερες ροές για τον προσδιορισμό των νιτρικών ιόντων. Από μετρήσεις που έγιναν στο εργαστήριο εδαφολογίας από τον υποψήφιο Διδάκτορα Φ. Γάτσιο βρέθηκε ότι η καλύτερη τιμή είναι 0,8 για εδάφη και 0,8-1 για διάφορα δείγματα νερού κυρίως, που

είναι λιγότερο επιβαρημένα. Αυτό συμβαίνει γιατί το συγκεκριμένο όργανο χρειάζεται λίγο περισσότερο χρονικό διάστημα για να ανιχνεύσει και να προσδιορίσει με ακρίβεια τις συγκεντρώσεις χωρίς να απωλεσθεί κάποια ποσότητα δείγματος.

Για να αποφευχθούν τα λάθη και η καταστροφή της στήλης κατά τη διάρκεια της μέτρησης πρέπει το εκχύλισμα του εδάφους να φιλτράρεται από φίλτρα διαμέτρου 0,45 $\mu\text{m}$ .

Το εκλουστικό διάλυμα που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των νιτρικών ιόντων είναι ως εξής:

***1,3 mmol.L<sup>-1</sup> ανθρακικού νατρίου, υψηλής καθαρότητας + 2 mmol.L<sup>-1</sup> όξινου  
ανθρακικού νατρίου.***

Ο χρόνος απόδοσης των νιτρικών ιόντων στο χρωματογράφημα είναι τα 10,5 λεπτά από τη στιγμή της εισόδου του δείγματος. Ανάλογα με τον αριθμό και το είδος των δειγμάτων που αναλύονται ο χρόνος αυτός μεγαλώνει κατά 1-1,5 λεπτά της ώρας.

Η μέτρηση αυτή γίνεται με χημική καταστολή (μείωση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εκλουστικού διαλύματος) δηλαδή με τη χρησιμοποίηση αραιού διαλύματος θεικού οξέος, έτσι ώστε μετά από αυτή τη διαδικασία το εκλουστικό διάλυμα να έχει ηλεκτρική αγωγιμότητα 14 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ .

Ένα άλλο εκχυλιστικό διάλυμα είναι αυτό του KCl, (Bremner, 1965). Σ' αυτό το εκχύλισμα μπορεί να γίνει προσδιορισμός των νιτρικών ιόντων με τη χρησιμοποίηση του ιοντικού χρωματογράφου. Το πρόβλημα που πρέπει να ξεπεραστεί είναι η μείωση της συγκέντρωσης των ιόντων χλωρίου. Επειδή τα ιόντα χλωρίου βρίσκονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις παρεμποδίζουν την ανάπτυξη της κορυφής των νιτρικών ιόντων, εμφανίζεται δηλαδή κορυφή με μεγάλο επίπεδο και καλύπτει (κρύβει) την κορυφή των νιτρικών ιόντων, το φαινόμενο είναι γνωστό ως "ταράτσωμα". Για να αποφευχθεί αυτό το φαινόμενο χρησιμοποιούνται φίλτρα κατακράτησης των ιόντων χλωρίου, ή γίνονται αραιώσεις των δειγμάτων με υπερκάθαρο ύδωρ.

Χρησιμοποιείται η μέθοδος εκχύλισης του υδατοκορεσμένου εδάφους (πολτού) διότι η μέθοδος αυτή είναι λιγότερο χρονοβόρος και μικρότερου κόστους. Επίσης δε δημιουργούνται ιδιαίτερα προβλήματα κατά τον προσδιορισμό των νιτρικών ιόντων με το όργανο της ιοντικής χρωματογραφίας.

## 1.9 Εκτίμηση της διαθεσιμότητας του αζώτου του εδάφους.

Οι κυριότεροι στόχοι της διαχείρισης του αζώτου του εδάφους είναι:

- Δημιουργία και διατήρηση της γονιμότητας του εδάφους με τη συντήρηση ενός ικανοποιητικού δυναμικού αζωτούχου γονιμότητας και
- Τα φυτά να εφοδιάζονται με άζωτο σε όλες τις εποχικές απαιτήσεις των φυτών.

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα της γεωργικής παραγωγής είναι η εκτίμηση της διαθεσιμότητας του αζώτου του εδάφους σε σχέση με τις ειδικές απαιτήσεις κάθε καλλιέργειας και τους παραγωγικούς στόχους κάθε γεωργικής εκμετάλλευσης.

Η προσέγγιση του προβλήματος γίνεται με δύο τρόπους. Πρώτον με τη μεθοδολογία στηριζόμενη στην αρχή του ισοζυγίου εισροών–εκροών αζώτου. Η δεύτερη μεθοδολογία βασίζεται στην άμεση εκτίμηση ενός δείκτη διαθεσιμότητας του αζώτου του εδάφους που να προβλέπει:

- Το επίπεδο επάρκειας σχετικά με τις ανάγκες των καλλιεργειών
- Την παραγωγή και την ποιοτική αντίδραση στην προσθήκη αζωτούχου λιπάσματος.

Ένας δείκτης διαθεσιμότητας αζώτου θεωρείται ότι εκφράζει το δυναμικό τροφοδοσίας ενός εδάφους σε άζωτο (Nitrogen supplying power) δηλαδή την ικανότητα του εδάφους να ανοργανοποιεί άζωτο και να το καθιστά διαθέσιμο για πρόσληψη από τα φυτά. Το υπολειμματικό ανόργανο άζωτο ( $N_{min}$ ) με την παρουσία του επηρεάζει το δείκτη διαθεσιμότητας του αζώτου. Η παρουσία του υπολειμματικού αζώτου οφείλεται τόσο στο πλεόνασμα ανοργανοποίησης όσο και σε πλεονασματικές αζωτούχες λιπάνσεις.

Υπάρχουν βάσιμες ενδείξεις ότι ο οργανικός C και το ολικό N παρέχουν πληροφορίες ως προς το δυναμικό τροφοδοσίας N ενός εδάφους οι οποίες όμως δεν μπορούν να μετατραπούν σε συστάσεις λίπανσης χωρίς συμπληρωματικά δεδομένα.

Αυτό γιατί ο ρυθμός ανοργανοποίησης είναι μεν συνάρτηση του οργανικού C και του ολικού N, καθώς και στη μεταξύ τους σχέση, αλλά εξαρτάται από την προέλευση

της οργανικής ουσίας και από τη θερμοκρασία και υγρασία. Η ανοργανοποίηση ποικίλλει μεταξύ των καλλιεργητικών περιόδων και η πρόβλεψή της είναι δύσκολη. Από ερευνητικές εργασίες του Analogides (1983) και Αναλογίδη (1991) διαπιστώθηκε ότι επίδραση στην διαθεσιμότητα του N ασκούν ο οργανικός C, το ολικό N αλλά και η σχέση C/N. Συγκεκριμένα:

Η αύξηση του οργανικού C από 0,6% σε 1,4% με σταθερή την περιεκτικότητα του ολικού N του εδάφους από 1%, οδηγεί σε περιορισμό του δυναμικού τροφοδοσίας κατά 75% και σε αντίστοιχη αύξηση των αναγκών αζωτούχου λίπανσης.

Η αύξηση του ολικού N από 0,06% σε 0,14%, με σταθερή περιεκτικότητα οργανικού C στο 1%, έχει ως συνέπεια την ενίσχυση του δυναμικού τροφοδοσίας κατά 40% περίπου με αντίστοιχο περιορισμό των αναγκών αζωτούχου λίπανσης.

### 1.10 Δειγματοληψία εδάφους στον αγρό

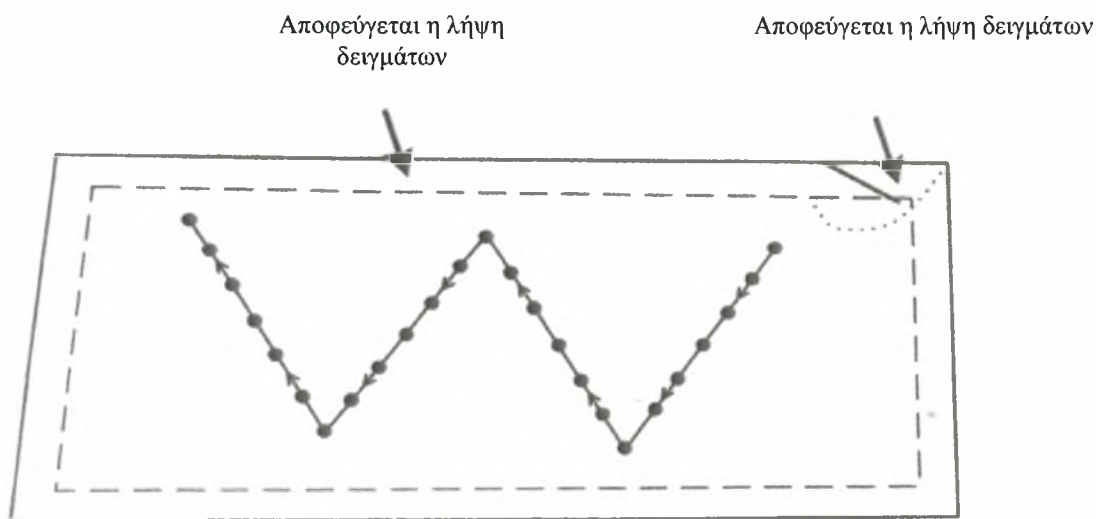
Βασικός σκοπός της δειγματοληψίας του εδάφους είναι η συγκέντρωση των απαραίτητων πληροφοριών για τη μελέτη της γονιμότητας του εδάφους και ειδικότερα για τη συγκέντρωση όλων εκείνων των επιστημονικών πληροφοριών που αφορούν τη μελέτη των προβλημάτων θρέψης των φυτών, της λίπανσης των καλλιεργειών, τη διερεύνηση των χημικών, φυσικών και βιολογικών παραμέτρων του εδάφους που θα αξιοποιηθούν για να στηριχθεί η ακολουθητέα λιπαντική αγωγή, καθώς και τη πολιτική που είναι απαραίτητη να εφαρμοσθεί προκειμένου να αποφευχθούν προβλήματα ρύπανσης των εδαφών από νιτρικά ιόντα και βαρέα μέταλλα (Cd, Pb, Se).

Τα δείγματα του εδάφους λαμβάνονται με ειδικούς δειγματολήπτες που διαφέρουν στο μέγεθος και στη σχεδιάσή τους. Οι δειγματολήπτες περιστρέφονται και πιέζονται για να εισέλθουν στο έδαφος και στη συνέχεια λαμβάνονται δείγματα εδάφους από το επιθυμητό βάθος π.χ. 0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm ή 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm ανάλογα με τους σκοπούς της δειγματοληψίας (βαθύρριζα, επιπολαιόρριζα φυτά, δενδρώδεις καλλιέργειες).

Τα δείγματα εδάφους αναπόφευκτα διαταράσσονται σε διάφορο βαθμό οπότε οι παρατηρήσεις που γίνονται σ' αυτά όπως το χρώμα, η κοκκομετρική σύσταση οι πέτρες, οι ρίζες από τα φυτά το βάθος της εδαφικής κατατομής, καταγράφονται για το χαρακτηρισμό του εδάφους. Η δομή του εδάφους στις περιπτώσεις αυτές είναι αδύνατον να χαρακτηριστεί εκτός αν τα δείγματα του εδάφους είναι αδιατάρακτα.

Πριν από τη δειγματοληψία η επιφάνεια του εδάφους καθαρίζεται από τα χόρτα, τις πέτρες και από τα φυτά. Για να αποφευχθούν επιμολύνσεις από τις συνεχείς κατακόρυφες δειγματοληψίες πρέπει να λαμβάνονται τα απαραίτητα μέτρα για τον καθαρισμό του κάδου του δειγματολήπτη από το έδαφος και στη συνέχεια ο δειγματολήπτης να εισέρχεται στο όρυγμα (τομή) που ανοίχτηκε για να ληφθεί δείγμα εδάφους από μεγαλύτερο βάθος.

Προκειμένου να ληφθούν αντιπροσωπευτικά δείγματα από έναν αγρό κρίνεται απαραίτητο να ληφθούν δείγματα ακολουθώντας διαδρομή σχήματος W (εικόνα 1.9).



**Εικόνα 1.9** Λήψη δειγμάτων εδάφους στον αγρό.

Κατά τη δειγματοληψία πρέπει να αποφεύγεται η λήψη δειγμάτων εδάφους από θέσεις ή σημεία του εδάφους που οι ιδιότητες του εδάφους διαφέρουν από τις ιδιότητες του εδάφους του αγρού. Δε λαμβάνονται δείγματα από θέσεις που βρίσκονται πλησίον των εισόδων των γωνιών που δημιουργούν οι γεωργικοί ελκυστήρες κατά την άρση, από θέσεις πλησίον οδών, στραγγιστικών τάφρων ή αρδευτικών αυλακιών. Αν σε κάποια σημεία προστέθηκαν μεγάλες ποσότητες ασβέστης ή μεγάλες ποσότητες λιπασμάτων, δε λαμβάνονται δείγματα εδάφους.

Ο αριθμός των δειγμάτων αποτελεί βασικό παράγοντα μείωσης της ανομοιομορφίας του εδάφους και βελτίωση της ακριβείας των αποτελεσμάτων. Ο αριθμός των δειγμάτων εξαρτάται από την ομοιομορφία εδαφικής μάζας (βάθος, ανάγλυφο και φυσικά χαρακτηριστικά).



Εξαιτίας της μεγάλης ανομοιομορφίας του εδάφους δημιουργήθηκε η ανάγκη της ταξινόμησης των εδαφών σε διάφορες χαρτογραφικές μονάδες που η καθεμία χαρτογραφική μονάδα διαφέρει από τις άλλες ως προς τα βασικά χαρακτηριστικά (μηχανική σύσταση, βάθος, χρώμα, ιδιομορφία του εδάφους, CaCO<sub>3</sub>, pH κ.λ.π.).

Οι παράγοντες που καθορίζουν τον αριθμό των δειγμάτων που θα ληφθούν από τον αγρό είναι οι εξής:

- Ο βαθμός της ακρίβειας
- Ο βαθμός ομοιομορφίας του εδάφους
- Ο ειδικός σκοπός της ανάλυσης
- Το βάθος της δειγματοληψίας
- Η έκταση της περιοχής από την οποία θα ληφθούν τα δείγματα του εδάφους
- Ο οικονομικός παράγοντας
- Η εργαστηριακή υποδομή

Από την εμπειρία που αποκτήθηκε για έκταση 2-5 στρεμμάτων λαμβάνονται 2-3 μικτά δείγματα εδάφους. Το κάθε επιφανειακό δείγμα προέρχεται από 5 δείγματα ή από ένα μικτό επιφανειακό δείγμα (0-30 cm) και 60-90 cm, δηλαδή 3 δείγματα όταν η δειγματοληψία γίνεται για πρώτη φορά. Η συχνότητα της δειγματοληψίας εξαρτάται από την ομοιομορφία του εδάφους από το είδος της καλλιέργειας ως και το βαθμό της εντατικοποίησης της καλλιέργειας.

Στα κηπευτικά υπό κάλυψη, η δειγματοληψία γίνεται δυο φορές το χρόνο. Στις μεγάλες καλλιέργειες και στις δενδρώδεις καλλιέργειες η δειγματοληψία του εδάφους γίνεται μια φορά το χρόνο. Κατά τη δειγματοληψία του εδάφους θα πρέπει να αποφεύγονται μολύνσεις από διάφορα μέταλλα στις περιπτώσεις που το δείγμα του εδάφους χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό διαφόρων μικροθρεπτικών, όπως π.χ. Zn, Mn, Cu, Mo.

Στις περιπτώσεις αυτές κρίνεται απαραίτητο να αποφεύγεται η χρήση εργαλείων ή δοχείων από γαλβανισμένο μέταλλο ή μαλακό σίδηρο ή μπρούτζο.

Επίσης, τα δείγματα του εδάφους πρέπει να τοποθετούνται σε πλαστικές σακούλες. Σημειώνεται ότι δεν υπάρχει αποδεκτός τρόπος δειγματοληψίας του εδάφους για να ληφθούν πληροφορίες σχετικά με την ανομοιογένεια του εδάφους σε

για μια περιοχή (Webster και Oliver, 1990). Τα αποτελέσματα των δειγματοληψιών επηρεάζονται και από άλλους παράγοντες, όπως:

- Το βάθος της δειγματοληψίας
- Τα σύνθετα δείγματα λαμβάνονται από σημεία ή περιοχές που έχουν ανομοιομορφία
  - Η λήψη σύνθετων δειγμάτων από ομοιόμορφες περιοχές αλλά με διαφορετικό ιστορικό ασβέστωσης
  - Η διαφορετική περιεκτικότητα σε οργανική ουσία των διαφόρων δειγμάτων
  - Μερικές φορές τα δείγματα του εδάφους περιέχουν μαλακά πετρώματα
  - Η λήψη δειγμάτων εδάφους από περιοχές όπου έγινε ανομοιόμορφη εφαρμογή λιπασμάτων ή και υλικών ασβέστωσης.
- Σε συνθήκες ξηρασίας δε διαλύονται στο έδαφος τα λιπάσματα που προστίθενται
- Η προετοιμασία των δειγμάτων ή η κατεργασία αυτών σε μολυσμένο περιβάλλον ή σε ακατάλληλα σκεύη
- Η κακή συσκευασία του δείγματος.

Συχνά γίνονται λάθη στην τοποθέτηση των καρτών στις πλαστικές σακούλες συσκευασίας με αποτέλεσμα να μη γίνεται σωστή περιγραφή των εδαφικών δειγμάτων.

### **1.11 Σκοπός της εργασίας**

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η καταγραφή των συγκεντρώσεων των νιτροδών και νιτρικών ιόντων στα καλλιεργούμενα εδάφη της περιοχής του Αλμυρού στον νομό Μαγνησίας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

### ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

#### 2.1 Δειγματοληψία.

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στην περιοχή του Αλμυρού η οποία βρίσκεται στο νομό Μαγνησίας. Οι περιοχές από όπου ελήφθησαν τα δείγματα καλλιεργούνταν με ποικίλες καλλιέργειες.

Αρχικά πραγματοποιήθηκε μελέτη της περιοχής με την βοήθεια του εδαφολογικού χάρτη της περιοχής από το Ινστιτούτο Χαρτογράφησης και Ταξινόμησης Εδαφών Λάρισας (Ι.Χ.Τ.Ε.Λ.), με σκοπό τον καθορισμό της περιοχής δειγματοληψίας. Εξετάστηκαν παράμετροι με σκοπό να καθοριστεί ο τρόπος λήψης των εδαφικών δειγμάτων. Έγινε μελέτη των σημαντικότερων πηγών παραλλαγής δηλαδή της τοπογραφίας του εδάφους, του τύπου βλάστησης που επικρατεί στην περιοχή και του περιβάλλοντος. Διαπιστώθηκε ότι όλοι αυτοί οι παράγοντες τείνουν να είναι ομοιόμορφοι και επιλέχθηκε το σχέδιο της Τυχαίας Δειγματοληψίας. Η λήψη των εδαφικών δειγμάτων πραγματοποιήθηκε από τις 11/5/2004 έως τις 24/5/2004. Ο κύριος όγκος των εδαφικών δειγμάτων προέρχεται από καλλιέργειες βαμβακιού.

Ακολουθήθηκε το σχέδιο της Τυχαίας Δειγματοληψίας (Random Sampling). Τυχαία δειγματοληψία λαμβάνεται όταν οι στατιστικές μονάδες επιλέγονται τυχαία από τον πληθυσμό που είναι προς μελέτη. Αυτό σημαίνει ότι δεν συντελεί στην επιλογή ή όχι μιας στατιστικής μονάδας αυτός που κάνει την δειγματοληψία ( δεν υπάρχει υποκειμενικός παράγοντας ) και κάθε στατιστική μονάδα έχει γνωστή πιθανότητα να επιλεγεί σαν μονάδα του δείγματος ( Στέργιου Ι. Τζώρτζιου, 1997-98).

Το πλεονέκτημα της τυχαίας δειγματοληψίας είναι ότι εμφανίζονται αμερόληπτοι μέσοι όροι και παραλλακτικότητες. Τα μειονεκτήματα της είναι ότι κάθε σημείο είναι αυτοτελές και στο ότι η πλήρης τυχαιοποίηση μπορεί να οδηγήσει σε μια άνιση κατανομή των σημείων δειγματοληψίας, εκτός και αν πολλά σημεία δειγματοληψίας

μπορούν να μετρηθούν, πράγμα το οποίο συνήθως εμποδίζεται από το υπερβολικό κόστος (Σταμάτης Αθ. Φλωράς, 2002).

Αριθμός δειγμάτων.

Ελήφθησαν 135 δείγματα. Από κάθε σημείο δειγματοληψίας λήφθηκε ένα δείγμα, σε βάθος 0-30 cm.

Μάζα δείγματος.

Η μάζα του κάθε δείγματος ήταν περίπου 1 kg.

Τρόπος δειγματοληψίας.

Τα εδαφικά δείγματα ελήφθησαν με τη βοήθεια του ειδικού εδαφολήπτη τύπου edelman, τοποθετήθηκαν σε πλαστικές σακούλες περιεκτικότητας 1500 g και σε κάθε σακούλα τοποθετήθηκε χάρτινη καρτέλα στην οποία αναγράφηκαν με μολύβι τα χαρακτηριστικά του δείγματος (αριθμός σημείου, συντεταγμένες σημείου και ημερομηνία δειγματοληψίας).



Εικόνα 2.4 Δειγματολήπτης τύπου edelman

## 2.2 Υπολογισμός εδαφικής υγρασίας.

Τα εδαφικά δείγματα αμέσως μετά τη λήψη τους, μεταφέρθηκαν στο Εργαστήριο Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Βασικό ρόλο στην παρασκευή των παστών των εδαφικών δειγμάτων παίζει η περιεκτικότητα αυτών σε υγρασία. Ζυγίζουμε ποσότητα εδάφους 10 gr την οποία τοποθετούμε σε κάψα και την βάζουμε σε φούρνο στους 104°C για 24 ώρες. Στη συνέχεια ζυγίζουμε (την κάψα μαζί με το χώμα) και υπολογίζουμε την διαφορά

(βάρος κάψας +βάρος εδάφους ) πριν – (βάρος κάψας +βάρος εδάφους)μετά,  
Έτσι βρίσκουμε την υγρασία του δείγματος. Έπειτα κάνουμε τις πάστες σε αναλογίες εδάφους νερού  $\frac{1}{2}$  ή 50 gr εδάφους/ 100gr νερού.

Παράδειγμα: αν έχουμε δείγμα με 5% υγρασία αυτό σημαίνει ότι στα 95 gr ξηρού εδάφους έχω 5 gr H<sub>2</sub>O, στα 50 gr θα έχω  $5 \cdot 50/95$  ml H<sub>2</sub>O άρα θα προσθέσουμε  $(100-250/95)$  ml H<sub>2</sub>O.

Στις πάστες χρησιμοποιούμε απεσταγμένο νερό, και η πάστα αφήνεται για 24 ώρες σε κορεσμένο με υγρασία περιβάλλον. Στη συνέχεια διηθούμε με μεγάλη προσοχή μέχρι το εκχύλισμα να γίνει διαυγές, όπου και το μεταφέρουμε στον ιοντικό χρωματογράφο για ανάλυση.

## 2.3 Εργαστηριακές αναλύσεις των εδαφικών δειγμάτων.

Έπειτα από την προετοιμασία των εδαφικών δειγμάτων έγιναν οι εξής εργαστηριακές αναλύσεις:

### 2.3.1 Προσδιορισμός του pH.

Η τιμή του pH των εδαφικών δειγμάτων προσδιορίστηκε σε υδατικό αιώρημα εδάφους, σε αναλογία 1:1 (w/w) (McLean, 1982), με pH-μετρο του οίκου Crison, μοντέλο 200, το οποίο συνοδεύεται από ηλεκτρόδιο υάλου και ενσωματωμένο θερμομέτρο. Τα δεδομένα εκφράστηκαν με ακρίβεια ενός δεκαδικού ψηφίου.

#### Μεθοδολογία.

Η τιμή του pH των εδαφικών δειγμάτων προσδιορίστηκε σε υδατικό αιώρημα εδάφους, σε αναλογία 1:1 (w/w) (McLean, 1982).

#### Αντιδραστήρια και όργανα.

1. Ποτήρι ζέσεως των 100 mL.
2. Ογκομετρικός κύλινδρος των 50 mL.

3. Ρυθμιστικά διαλύματα με  $\text{pH}=4$  και  $\text{pH}=7$ .
4. Πεχάμετρο Crison.
5. Γυάλινη ράβδος.
6. Αποσταγμένο ύδωρ.
7. Ζυγός ακριβείας.

### **Βαθμονόμηση $\text{pH}$ -μέτρου (Crison).**

Το  $\text{pH}$ -μετρο βαθμονομείται με τη βοήθεια των ρυθμιστικών διαλυμάτων με τιμές  $\text{pH}=7$  και  $\text{pH}=4$  σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

### **Μέθοδος.**

Στο ποτήρι ζέσεως των 100 mL φέρονται 30 g αεροξηραθέντος εδάφους και με τη βοήθεια του ογκομετρικού κυλίνδρου προστίθενται 30 mL αποσταγμένου ύδατος. Με τη γυάλινη ράβδο πραγματοποιείται ανάδευση για χρονικό διάστημα 10 λεπτών. Το αιώρημα αφήνεται προς εξισορρόπηση. Στη συνέχεια εισάγεται το ηλεκτρόδιο του πεχαμέτρου στο ανώτερο τμήμα του υδατικού αιωρήματος εδάφους και λαμβάνεται η μέτρηση αφού σταθεροποιηθεί το όργανο.

### **2.3.2 Προσδιορισμός της ηλεκτρικής αγωγιμότητας E.C. (Electrical Conductivity).**

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα των εδαφικών δειγμάτων προσδιορίστηκε σε υδατικό αιώρημα εδάφους, σε αναλογία 1:1 (w/w) (McLean, 1982), με το ηλεκτρικό αγωγιμόμετρο του Οίκου Methrohm. Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε  $\mu\text{S cm}^{-1}$ .

#### **Μεθοδολογία.**

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα των εδαφικών δειγμάτων προσδιορίστηκε σε υδατικό αιώρημα εδάφους, σε αναλογία 1:1 (w/w) (McLean, 1982).

#### **Αντιδραστήρια και όργανα.**

1. Ποτήρι ζέσεως των 100 mL.
2. Ογκομετρικός κύλινδρος των 50 mL.
3. Ρυθμιστικό διάλυμα 0,1 M KCl.
4. Αγωγιμόμετρο του Οίκου Methrohm
5. Γυάλινη ράβδος.
6. Αποσταγμένο ύδωρ.



7. Ζυγός ακριβείας.

8. Θερμόμετρο.

### **Βαθμονόμηση αγωγιμομέτρου.**

Το αγωγιμόμετρο βαθμονομείται με τη βοήθεια του ρυθμιστικού διαλύματος KCl 0.1M. Στους 25 °C η ένδειξή του πρέπει να είναι 1,41 dS/m. Σε διαφορετική θερμοκρασία ρυθμίζεται η ένδειξή του με βάση τις οδηγίες του κατασκευαστή.

### **Μέθοδος.**

Στο ποτήρι ζέσεως των 100 mL φέρονται 30 g αεροξηραθέντος εδάφους και με τη βοήθεια του ογκομετρικού κυλίνδρου προστίθενται 30 mL αποσταγμένου ύδατος. Με τη γυάλινη ράβδο πραγματοποιείται ανάδευση για χρονικό διάστημα 10 λεπτών. Στη συνέχεια εισάγεται το αγωγιμόμετρο στο εδαφικό αιώρημα και λαμβάνεται η μέτρηση ενώ ακόμα τα εδαφικά τεμαχίδια βρίσκονται σε αιώρηση. Για τη διατήρηση των εδαφικών τεμαχιδίων σε αιώρηση ανακινείται ελαφρά το αγωγιμόμετρο. Λαμβάνεται η ένδειξη του αγωγιμομέτρου αφού σταθεροποιηθεί για περίπου 10 sec.

### **2.3.3 Προσδιορισμός της οργανικής ουσίας.**

Η οργανική ουσία των εδαφικών δειγμάτων προσδιορίστηκε με τη μέθοδο των Nelson and Sommers (1982).

#### **Μεθοδολογία.**

Χρησιμοποιήθηκε η τροποποιημένη μέθοδος των Nelson and Sommers (1982).

### **Όργανα - σκεύη**

- Κωνικές ευρύλαιμες φιάλες των 500mL
- Ζυγός ακριβείας δύο δεκαδικών ψηφίων
- Σιφόνια 20mL, 10mL, 1mL
- Προχοΐδα

## Αντιδραστήρια

-Πρότυπο διάλυμα  $K_2Cr_2O_7$ , 1N. Ζυγίστηκαν 49,04g  $K_2Cr_2O_7$ , το οποίο είχαν προηγουμένως ξηραθεί στους  $105^{\circ}C$  για 1 ώρα και διαλύθηκαν σε αποσταγμένο νερό. Μεταφέρθηκαν στη συνέχεια σε ογκομετρική φιάλη των 1000mL η οποία συμπληρώθηκε μέχρι τη χαραγή με αποσταγμένο νερό.

-Πυκνό  $H_2SO_4$  (96% και άνω w/w), του εμπορίου.[Όταν στο έδαφος υπήρχαν  $Cl^-$  γίνονταν προσθήκη  $15\text{ gr L}^{-1} Ag_2SO_4$  στο οξύ].

-Πυκνό  $H_3PO_4$  (96% και άνω w/w), του εμπορίου.

-Πρότυπος τιτλοδότης, διάλυμα  $FeSO_4$  0,5N. Διαλύθηκαν 139g  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  σε αποσταγμένο νερό και προστέθηκαν 15mL πυκνού  $H_2SO_4$ . Ακολούθησε ψύξη και αραιώση μέχρι όγκου 1000 mL.

Για την συγκέντρωση του αντιδραστήριου γίνονταν έλεγχος πριν τη χρήση, με τιτλοδότηση με 10mL διαλύματος  $K_2Cr_2O_7$  1N.

-Δείκτης ο-φαινανθρολίνης, η οποία είχε συμποκοποιηθεί με διάλυμα  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  0,025M: 14,85 g από το αντιδραστήριο της ο-φαινανθρολίνης και 6,95 gr από το αντιδραστήριο  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ , ζυγίστηκαν και διαλύθηκαν σε μικρή ποσότητα αποσταγμένου νερού. Ακολούθησε αραιώση σε ογκομετρική φιάλη των 1000mL με αποσταγμένο νερό.

## Μέθοδος

Ζυγίστηκαν 0,2-1,0g αεροξηραθέντος εδάφους, που είχε λειοτριβηθεί και κοσκινιστεί με κόσκινο (όχι μεταλλικό), διαμέτρου 0,5mm. Το δείγμα μεταφέρθηκε σε κωνική φιάλη των 500mL. Κατόπιν, προστέθηκαν 10mL διαλύματος  $K_2Cr_2O_7$  1N και ανακινήθηκε ελαφρά η φιάλη, έτσι ώστε να διασπαρθεί το δείγμα πλήρως στο διάλυμα. Στη συνέχεια, προστέθηκαν 20mL πυκνού  $H_2SO_4$ . Η φιάλη ανακινήθηκε για ένα λεπτό και αφέθηκε σε ηρεμία για 30 λεπτά της ώρας. Κατόπιν, προστέθηκαν 200mL αποσταγμένου νερού, 10mL  $H_3PO_4$  και 1mL δείκτη ο-φαινανθρολίνης.

Τελικά, ογκομετρήθηκε η περίσσεια του  $K_2Cr_2O_7$  με το διάλυμα  $FeSO_4$  μέχρις αλλαγής του χρώματος του δείκτη από μπλε σε κόκκινο. Παράλληλα, πραγματοποιήθηκε και ο τυφλός προσδιορισμός της κανονικότητας του πρότυπου τιτλοδότη,  $FeSO_4$  0,5N.

Όταν γίνονταν αναγωγή από τον οργανικό άνθρακα περισσότερο από 75% των ιόντων  $Cr_2O_7^{-2}$ , τότε ο προσδιορισμός επαναλαμβάνονταν χρησιμοποιώντας μικρότερη ποσότητα εδαφικού δείγματος.

### Υπολογισμοί

Ο οργανικός άνθρακας υπολογίστηκε από τον τύπο :

$$\text{Οργανικός C, \%} = \frac{(\text{meqK}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 - \text{meqFeSO}_4)(0.003)(100)}{\text{gξηρού εδάφους}} \times f$$

όπου : meq  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  είναι ίσα με τα meq  $\text{FeSO}_4$  που καταναλώνονται για τον τυφλό προσδιορισμό, meq  $\text{FeSO}_4$  είναι τα mL του τιτλοδότη που καταναλώθηκαν για το δείγμα επί την κανονικότητα του διαλύματος και f είναι συντελεστής διόρθωσης που έχει τιμή 1,3.

Συμπληρωματικά, αναφέρεται ότι οι τιμές του ολικού άνθρακα % καθώς και της ολικής οργανικής ουσίας %, υπολογίστηκαν ως εξής :

$$\text{Ολικός Οργανικός C, \%} = \frac{(\text{meqK}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 - \text{meqFeSO}_4)(0.0039)(100)}{\text{gξηρού εδάφους}} \times f$$

$$\text{Οργανική Ουσία, \%} = \frac{(\text{meqK}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 - \text{meqFeSO}_4)(0.0067)(100)}{\text{gξηρού εδάφους}} \times f$$

### 2.3.4 Προσδιορισμός της μηχανικής σύστασης.

Η μηχανική σύσταση των δειγμάτων προσδιορίστηκε με τη μέθοδο Βουγιούκου (Μήτσιος Ι.Κ., 1999).

#### Μεθοδολογία

Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος κοκκομετρικής ανάλυσης με το υδρόμετρο του Βουγιούκου. Τα εδαφικά δείγματα διήλθαν αρχικά από κόσκινο διαμέτρου 2mm. Η μέθοδος χρησιμοποιήθηκε γιατί τα εδαφικά δείγματα περιείχαν οργανικό άνθρακα λιγότερο από  $30\text{g kg}^{-1}$  εδάφους).

#### Αντιδραστήρια

Απιονισμένο νερό

Έξι-μεταφωσφορικό νάτριο

Ανθρακικό νάτριο ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )

Διάλυμα 50g έξι-μεταφωσφορικού νατρίου και 7g ανθρακικού νατρίου ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) σε 1L απιονισμένο νερό

### Όργανα

Γυάλινοι κύλινδροι ύψους 47cm, εσωτερικής διαμέτρου 65mm και χαραγή στα 1130mL

Γυάλινες φιάλες των 500mL

Ηλεκτρικός αναδευτήρας

Χειροκίνητος αναδευτήρας

Πυκνόμετρο Βουγιούκου

Θερμόμετρο

Χρονόμετρο

### Μέθοδος

50g ξηρού εδάφους ( $105^\circ\text{C}$  για 24 h) ζυγίστηκαν σε ποτήρι βρασμού των 600mL (τρεις επαναλήψεις από το εδαφικό δείγμα) και προστέθηκαν 50mL διασπορικού διαλύματος του 6-μεταφωσφορικού νατρίου. Μετά από δύο ώρες, προστέθηκε νερό μέχρι τα 500 mL. Ακολούθησε ανάδευση με μία ράβδο και το δείγμα παρέμεινε για 24 ώρες, σε σταθερές συνθήκες, για να ολοκληρωθεί η διασπορά. Στη συνέχεια, το δείγμα μεταφέρθηκε στο μηχανικό αναδευτήρα του Βουγιούκου (mixer) για καλύτερη διασπορά. Η διάρκεια της ανάδευσης ήταν 15 λεπτά της ώρας για τα ελαφριά έως μέτριας σύστασης εδάφη ή 30 λεπτά της ώρας για τα βαριά αργιλώδη εδάφη.

Το δείγμα μεταφέρθηκε από το μηχανικό αναδευτήρα στο γυάλινο κύλινδρο Βουγιούκου ύψους 47cm, στον οποίο ήδη είχε προστεθεί μικρή ποσότητα νερού, και αφού τοποθετήθηκε το πυκνόμετρο συμπληρώθηκε με νερό μέχρι τη χαραγή των 1130 mL. Το αιώρημα αναδευτήκε με το χειροκίνητο αναδευτήρα 20 φορές με δυνατές, παλινδρομικές κατά τον άξονα του κυλίνδρου κινήσεις, μέχρι να ομογενοποιηθεί το αιώρημα. Αμέσως μετά, σημειώθηκε η πρώτη μέτρηση του πυκνόμετρου και του θερμομέτρου. Το αιώρημα παρέμεινε σε ηρεμία και η δεύτερη μέτρηση σημειώθηκε μετά από δύο ώρες.

Αν Α είναι η πρώτη ένδειξη μετά 40 δευτερόλεπτα και Β η δεύτερη ένδειξη μετά από δύο ώρες τότε :

$$A = (\text{Ιλύς} + \text{Άργιλος}) \%$$

$$B = \text{Άργιλος} \%$$

$$\text{άρα } A-B = \text{Ιλύς} \% \text{ και } 100-A = \text{Άμμος} \%$$

## Υπολογισμοί

α) Προσδιορισμός του ποσοστού % της άμμου (S)

$$\% \text{άμμου} = 100 - 2 (A \pm \Delta_1)$$

όπου A= πρώτη ανάγνωση πυκνόμετρου

$\Delta_1$ =συντελεστής διόρθωσης της πρώτης ανάγνωσης του πυκνόμετρου που αντιστοιχεί στη θερμοκρασία της πρώτης θερμομέτρησης και παίρνεται από τον ειδικό πίνακα.

β) Προσδιορισμός του ποσοστού % της αργίλου (C)

$$\% \text{αργίλου} = 2 (B \pm \Delta_2)$$

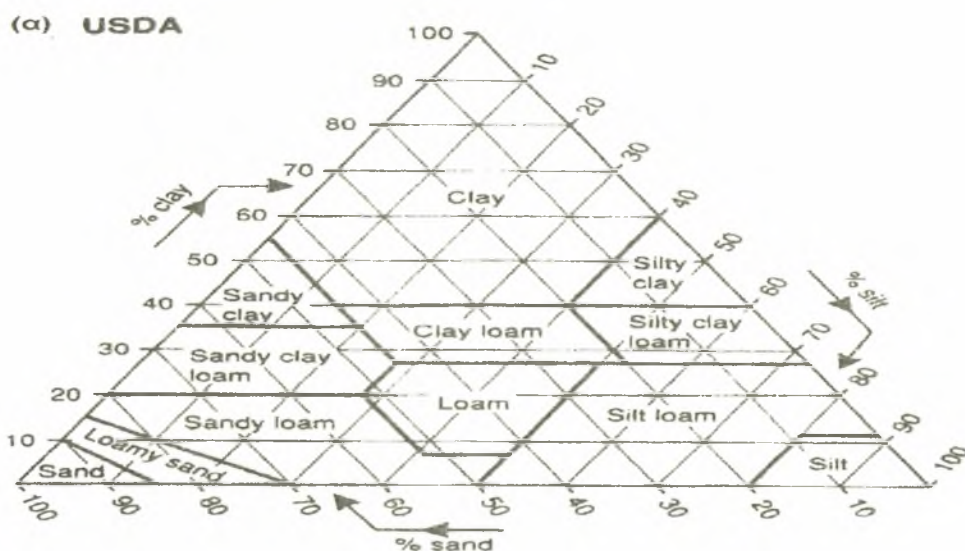
όπου B= δεύτερη ανάγνωση πυκνόμετρου

$\Delta_2$ =συντελεστής διόρθωσης της δεύτερης ανάγνωσης του πυκνόμετρου που αντιστοιχεί στη θερμοκρασία της δεύτερης θερμομέτρησης και λαμβάνεται από ειδικό πίνακα.

γ) Η ιλύς υπολογίζεται, αν αφαιρεθεί το άθροισμα των ποσοστών άμμου και αργίλου από το 100.

(Οι θερμοκρασίες  $^{\circ}\text{C}$  μετατρέπονται σε αντίστοιχους  $^{\circ}\text{F}$  με την βοήθεια πινάκων. Αν αυτές είναι μεγαλύτερες των  $67^{\circ}\text{F}$  προστίθενται 0,2 για κάθε επί πλέον βαθμό  $^{\circ}\text{F}$  ή αφαιρείται το 0,2 για κάθε βαθμό, όταν οι θερμοκρασίες είναι μικρότερες των  $67^{\circ}\text{C}$ ).

Ο τύπος του εδάφους προσδιορίζεται από το τριγωνικό διάγραμμα μηχανικής σύστασης των εδαφών κατά USDA.



Εικόνα 1 Τρίγωνο μηχανικής σύστασης των εδαφών κατά USDA

## 2.3.5 Προσδιορισμός της συγκέντρωσης των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων

### 2.3.5.1 Περιγραφή του οργάνου της ιοντικής χρωματογραφίας με το οποίο πραγματοποιήθηκαν οι αναλύσεις των εδαφικών δειγμάτων

Το όργανο είναι του κατασκευαστικού οίκου της Metrohm και αποτελείται από δύο κύρια μέρη. Το πρώτο μέρος είναι το κύριο όργανο ενώ το δεύτερο είναι ο ηλεκτρονικός υπολογιστής με το απαραίτητο λογισμικό πρόγραμμα. Το κύριο μέρος αποτελείται από τρία κομμάτια

Το βασικό θάλαμο, που περιέχει τις στήλες ιοντοανταλλαγής των ανιόντων, των κατιόντων και του σεληνίου.

Τις αντλίες του ύδατος (753 Suppressor Module) και της κινητής φάσης (709 IC Pump)

Τον ανιχνευτή αγωγιμόμετρο (732 IC Detector) .

Ο συγκεκριμένος ιοντικός χρωματογράφος μπορεί να προσδιορίσει συγκεντρώσεις με ακρίβεια της τάξης των ppb (αναλογία στο δισεκατομμύριο) τα εξής ιόντα: λίθιο, νάτριο, αμμώνιο, κάλιο, ασβέστιο, μαγνήσιο, φθόριο, βρώμιο, χλώριο, νιτρικά, νιτρώδη, φωσφορικά, θειικά καθώς επίσης και διάφορες μορφές του σεληνίου. Τα όρια ανίχνευσης για τα ανωτέρω στοιχεία είναι μεταξύ 10 και 30  $\mu\text{g L}^{-1}$ . Σύμφωνα με τη διεθνή και την ελληνική βιβλιογραφία ο συνδυασμός της στήλης εναλλαγής ιόντων και της ανίχνευσης της αγωγιμότητας παρουσιάζει τον πιο αξιόπιστο τύπο της ιοντικής χρωματογραφίας.





Εικόνα 2.5 Το όργανο της ιοντικής χρωματογραφίας του Εργαστηρίου Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

#### 2.3.5.2 Χημικά αντιδραστήρια

Η κρισιμότερη ίσως προϋπόθεση για την επίτευξη σημαντικών αποτελεσμάτων είναι μια άριστη δειγματοληψία κατά την οποία πρέπει να αποφεύγονται πιθανές επιμολύνσεις του δείγματος. Οι πιθανές πηγές ρύπανσης βρίσκονται στα υλικά των δοχείων μεταφοράς ή αποθήκευσης, στην ατμόσφαιρα του εργαστηρίου, στον εξοπλισμό του εργαστηρίου, στα χημικά αντιδραστήρια και στους διαλύτες (Robertson DE., 1972).

Τα χημικά αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν είναι υψηλής καθαρότητας χωρίς άλλες προσμίξεις. Τα πρότυπα πυκνά διαλύματα είναι και αυτά υψηλής καθαρότητας τα οποία κατασκευάζονται ειδικά για την ιοντική χρωματογραφία. Το ύδωρ είναι κι αυτό υψηλής καθαρότητας ( $>18\text{M}\Omega\text{cm}$  στους  $25^{\circ}\text{C}$ ) και παράγεται από την ειδική συσκευή του εργαστηρίου, UHQ Ultra Pure Water.

Τα σκεύη που χρησιμοποιούνται στις αναλύσεις των εδαφών είναι κατασκευασμένα από γυαλί, πολυπροπυλένιο και πολυαιθυλένιο. Τα υάλινα σκεύη, ειδικά αυτά που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή πρότυπων διαλυμάτων είναι ανώτερης ποιότητας, τύπου A.

Τα σκεύη που χρησιμοποιούνται για τις αναλύσεις με τη μέθοδο της ιοντικής χρωματογραφίας καθαρίζονται και απολυμαίνονται μόνο με απορρυπαντικό και ξεπλένονται πολλές φορές με υπερκάθαρο νερό (Neal et. al., 2003).

### **2.3.5.3 Προσδιορισμός των Νιτρικών και Νιτρωδών Ιόντων σε εδαφικά δείγματα με τη μέθοδο της Ιοντικής Χρωματογραφίας**

Τα νιτρικά και νιτρώδη ιόντα προσδιορίστηκαν σε εκχύλισμα που παρασκευάζεται αναμιγνύοντας έδαφος και ύδωρ σε αναλογίες 1:1 και 1:5 (Methods of Soil Analysis, 2000). Η αξιοπιστία της μεθόδου στηρίζεται στη μεγάλη διαλυτότητα στο ύδωρ των νιτρικών ιόντων.

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

Ο προσδιορισμός των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων έγινε με ροή εκλουστικού διαλύματος  $0,8 \text{ mL min}^{-1}$  και με τιμή πίεσης 37-40 bar. Πολλοί ερευνητές προτείνουν μεγαλύτερες ροές για τον προσδιορισμό των νιτρικών ιόντων. Βρέθηκε όμως από δοκιμές που έγιναν στο εργαστήριο με πρότυπα διαλύματα ότι η ιδανικότερη τιμή είναι  $0,8 \text{ mL min}^{-1}$  για εδάφη. Αυτό συμβαίνει γιατί το συγκεκριμένο όργανο χρειάζεται περισσότερο χρονικό διάστημα για να ανιχνεύσει και να προσδιορίσει με ακρίβεια τις συγκεντρώσεις χωρίς να χάσει κάποια ποσότητα δείγματος.

Για να αποφευχθούν τα λάθη και η καταστροφή της στήλης, κατά τη διάρκεια της μέτρησης, πρέπει το δείγμα να φιλτράρεται από φίλτρα διαμέτρου  $0,45 \mu\text{m}$ .

Το εκλουστικό διάλυμα που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό των νιτρικών ιόντων ήταν το εξής:

***1,3 mmol/L ανθρακικού νατρίου, υψηλής καθαρότητας + 2 mmol/L όξινου ανθρακικού νατρίου.***

Ο χρόνος απόδοσης των νιτρικών ιόντων στο χρωματογράφημα ήταν τα 10,5 λεπτά της ώρας και για τα νιτρώδη ιόντα τα 3,5 λεπτά, από τη στιγμή της εισόδου του δείγματος. Ανάλογα με τον αριθμό και το είδος των δειγμάτων που αναλύονται ο χρόνος αυτός μεγαλώνει κατά 1-1,5 λεπτά της ώρας. Ο χρόνος στον οποίο αποδίδεται κάθε στοιχείο καθορίστηκε με την πραγματοποίηση ανάλυσης πρότυπου διαλύματος

για κάθε στοιχείο ή ένωση ξεχωριστά. Τα πρότυπα διαλύματα που χρησιμοποιήθηκαν περιέχουν μόνο το στοιχείο ή την ένωση που προσδιορίζεται. Έτσι το χρωματογράφημα που παράγεται είναι του στοιχείου.

Η μέτρηση των νιτρικών ιόντων πραγματοποιήθηκε με χημική καταστολή (μείωση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εκλουστικού διαλύματος) δηλαδή με τη χρησιμοποίηση αραιού διαλύματος θεικού οξέος, έτσι ώστε μετά από αυτή τη διαδικασία το εκλουστικό διάλυμα είχε ηλεκτρική αγωγιμότητα  $14 \mu\text{S cm}^{-1}$ .

Πραγματοποιήθηκαν συγκρίσεις ανάμεσα στη μέθοδο της ιοντικής χρωματογραφίας και στη μέθοδο της στήλης του επιχαλκωμένου καδμίου, για τον προσδιορισμό των νιτρικών ιόντων. Το ποσοστό των μεταξύ τους αποκλίσεων ήταν μικρότερο του 5 %. Έτσι με τη μέθοδο της ιοντικής χρωματογραφίας προσδιορίζονται με ακρίβεια τα νιτρικά ιόντα. Συγχρόνως η μέθοδος αυτή είναι οικονομικότερη, λιγότερο χρονοβόρα και λιγότερο επικίνδυνη από τη μέθοδο της στήλης του επιχαλκωμένου καδμίου. Η μέθοδος προσδιορισμού των νιτρικών ιόντων με την ιοντική χρωματογραφία αποδείχτηκε επίσης πιο αξιόπιστη για μικρές τιμές συγκεντρώσεων από αυτή της στήλης καδμίου.

#### **2.3.5.4 Παρασκευή πρότυπων υδατικών διαλυμάτων των ανιόντων.**

Πρότυπα διαλύματα ανιόντων  $1000 \text{ mg L}^{-1}$  (ppm)

Τα πρότυπα αυτά διαλύματα παρασκευάστηκαν με διάλυση του περιεχομένου της αντίστοιχης αμπούλας (1g) σε ογκομετρική φιάλη των 1000mL και συμπλήρωση μέχρι τη χαραγή με το εκλουστικό διάλυμα (eluent).

Τα πυκνά διαλύματα φυλάσσονταν σε φιάλες από πολυαιθυλένιο σε θερμοκρασία 4oC. Πριν από κάθε μέτρηση παρασκευάζονταν σειρά πρότυπων διαλυμάτων, μεταφέροντας σε ογκομετρικές φιάλες των 100mL τις κατάλληλες ποσότητες του πυκνού διαλύματος και συμπληρώνοντας με εκλουστικό διάλυμα μέχρι τη χαραγή. Τα διαλύματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή της πρότυπης καμπύλης. Σε τακτά χρονικά διαστήματα εφαρμοζόταν η μέθοδος της σταθερής προσθήκης, για να περιοριστούν οι παρεμποδίσσεις των ποικίλων συστατικών των δειγμάτων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

#### 3.1. Αποτελέσματα αναλύσεων των εδαφικών δειγμάτων.

Στον πίνακα 1γ του παραρτήματος παρουσιάζονται οι φυσικοχημικές ιδιότητες των εδαφών της περιοχής του Αλμυρού. Με βάση τον πίνακα 1α του παραρτήματος σχηματίστηκε ο πίνακας 3.1 στον οποίο παρουσιάζονται οι ελάχιστες και μέγιστες τιμές του pH, της E.C.<sub>1:1</sub> και της οργανικής ουσίας.

**Πίνακας 3.1.** Ελάχιστες και μέγιστες τιμές pH, E.C.<sub>1:1</sub> και οργανικής ουσίας στα εδάφη της περιοχής του Αλμυρού και σε βάθος 0-30 cm (n =135).

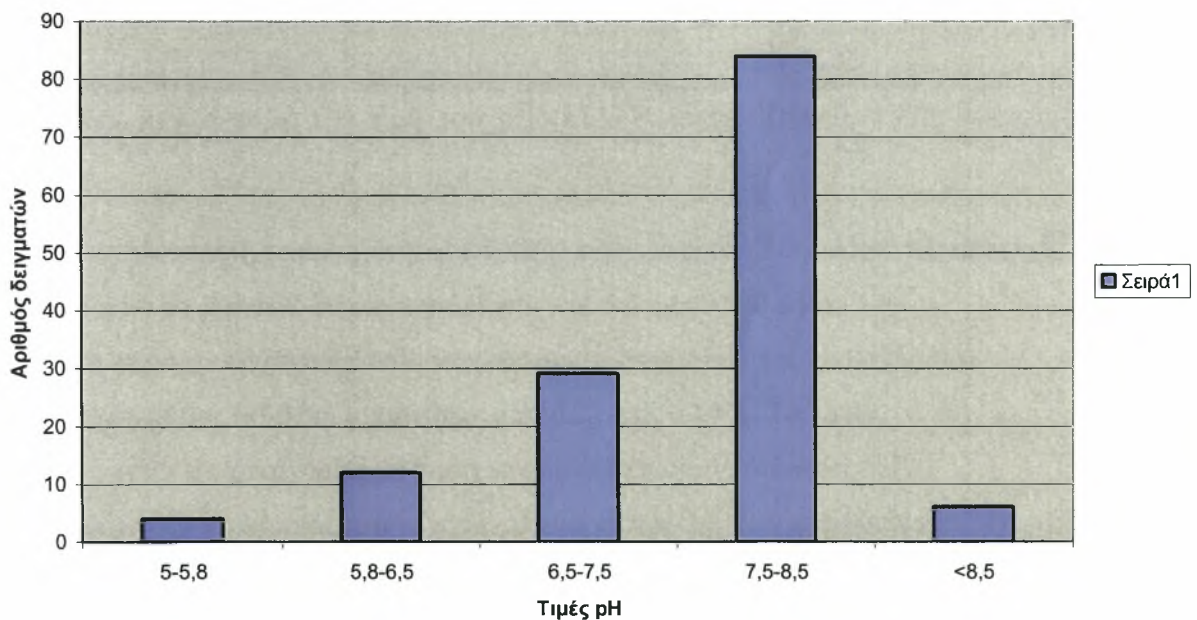
	pH	EC <sub>1:1</sub> (dS m <sup>-1</sup> )	Οργανική Ουσία (%)
<b>Ελάχιστη τιμή</b>	5,4	5,5	0,22
<b>Μέγιστη τιμή</b>	8,8	1500	6,19
<b>Μέση τιμή</b>	7,64	411,327	2,33
<b>C.V.%</b>	--	--	33,20

Η τιμή του pH των εδαφικών δειγμάτων σε βάθος 0-30 cm κυμάνθηκε από 5,4 έως 8,8. Τα εδάφη κατατάσσονται σε κατηγορίες με βάση την τιμή του pH (πίνακας 3.2). Στην εικόνα 3.1 παρουσιάζεται ιστόγραμμα κατάταξης των εδαφών σε κατηγορίες με βάση την τιμή του pH στην περιοχή του Αλμυρού σε βάθος 0-30 cm.

**Πίνακας 3.2.** Κατάταξη των εδαφών σε κατηγορίες ανάλογα με την τιμή του pH (MAFF, 1988; Rowell, 1995; Μήτσιος, 2000)

Δείκτες Εδαφικού pH	Χαρακτηρισμός
4-5	Πολύ ισχυρώς όξινα
5-5.8	Ισχυρώς όξινα
5.8-6.5	Μετρίως όξινα
6.5-7.5	Ουδέτερα
7.5-8.5	Ελαφρώς αλκαλικά
>8.5	Αλκαλικά

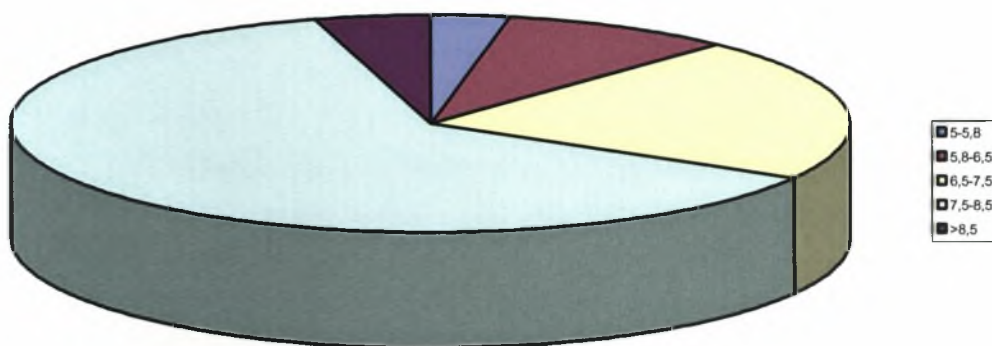
Κατάταξη των εδαφών (βάθος 0-30cm) σε κατηγορίες ανάλογα με την τιμή του pH



**Εικόνα 3.1.** Κατάταξη των εδαφών της περιοχής Αλμυρού σε βάθος 0-30 cm σε κατηγορίες ανάλογα με την τιμή του pH (MAFF, 1988; Rowell, 1995; Μήτσιος, 2000).

Στην εικόνα 3.2 παρουσιάζεται διάγραμμα μορφής πίτας της κατάταξης των εδαφών σε κατηγορίες με βάση την τιμή του pH στην περιοχή του Αλμυρού σε βάθος 0-30 cm.

Κατάταξη των εδαφών (βάθος 0-30cm) σε κατηγορίες ανάλογα με την τιμή του pH



**Εικόνα 3.2.** Κατάταξη των εδαφών της περιοχής Αλμυρού σε βάθος 0-30 cm σε κατηγορίες ανάλογα με την τιμή του pH (MAFF, 1988; Rowell, 1995; Μήτσιος, 2000).

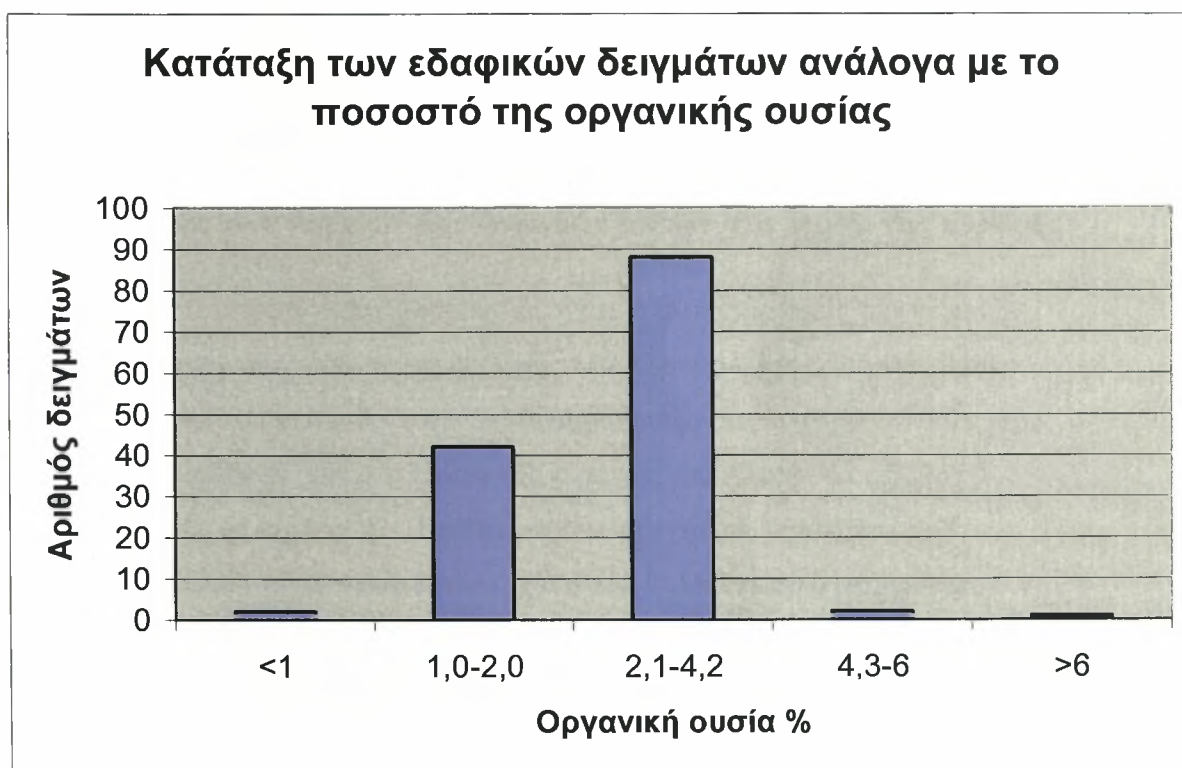
Η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ( $E.C_{1:1}$ ) των εδαφικών δειγμάτων της περιοχής του Αλμυρού σε βάθος 0-30 cm κυμάνθηκε από 5,5 έως 1500  $dS m^{-1}$ . Η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία των εδαφικών δειγμάτων της περιοχής του Αλμυρού σε βάθος 0-30 cm κυμάνθηκε από 0,22 έως 6,19%. Τα εδάφη κατατάσσονται σε κατηγορίες με βάση την οργανική ουσία (πίνακας 3.3).

Στην εικόνα 3.3 παρουσιάζεται το ιστόγραμμα κατάταξης των εδαφών σε κατηγορίες με βάση την οργανική ουσία στην περιοχή του Αλμυρού σε βάθος 0-30 cm.



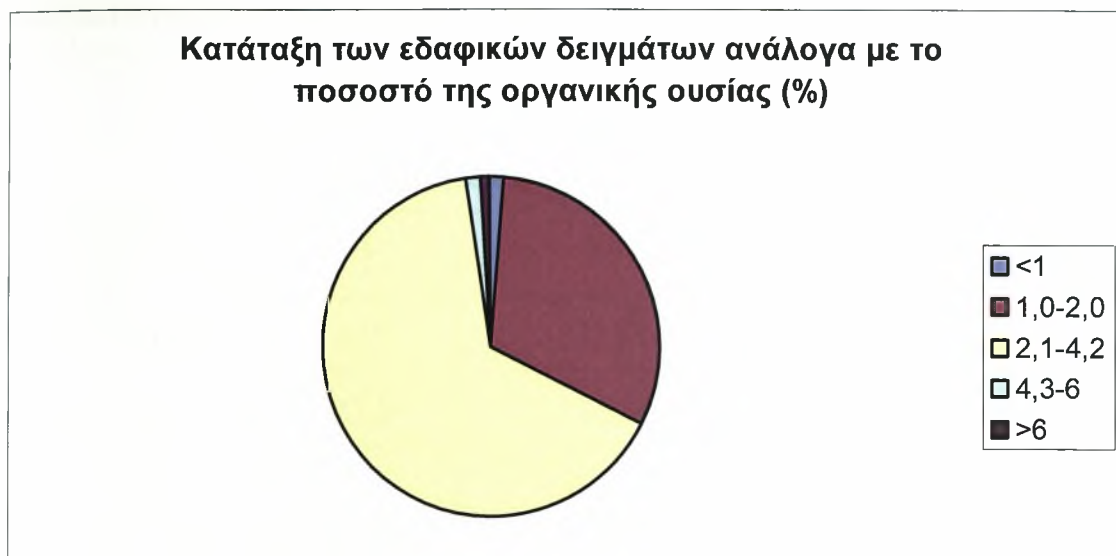
**Πίνακας 3.3.** Κατάταξη των εδαφών σε κατηγορίες ανάλογα με τα ποσοστά σε οργανική ουσία (Μήτσιος, 2000)

Κατηγορίες	Οργανική Ουσία %
Πολύ υψηλή	>6
Υψηλή	4.3-6
Μέση	2.1-4.2
Χαμηλή	1.0-2.0
Πολύ χαμηλή	<1



**Εικόνα 3.3.** Κατάταξη των εδαφών της περιοχής του Αλμυρού σε βάθος 0-30 cm σε κατηγορίες ανάλογα με το ποσοστό της οργανικής ουσίας

Στην εικόνα 3.4 παρουσιάζεται το διάγραμμα μορφής πίτας της κατάταξης των εδαφών σε κατηγορίες με βάση την οργανική ουσία στην περιοχή του Αλμυρού σε βάθος 0-30 cm



**Εικόνα 3.4.** Κατάταξη των εδαφών της περιοχής του Αλμυρού σε βάθος 0-30 cm σε κατηγορίες ανάλογα με το ποσοστό της οργανικής ουσίας

### 3.2 Συγκεντρώσεις των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων στα εδάφη της περιοχής του Αλμυρού.

Στον πίνακα 1δ του παραρτήματος παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων των εδαφών της περιοχής του Αλμυρού. Με βάση τον πίνακα αυτόν σχηματίστηκε ο πίνακα 3.4 στον οποίο παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων στα εδάφη της περιοχής του Αλμυρού σε βάθος 0-30cm εκφρασμένες σε  $\text{mg kg}^{-1}\xi.\epsilon.$  Επίσης παρουσιάζονται οι ποσότητες των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων που αντιστοιχούν στις εκάστοτε συγκεντρώσεις σε κιλά ανά στρέμμα ( $\text{kg N στρ}^{-1}$ ). Οι συγκεντρώσεις των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων μετατράπηκαν από  $\text{mg kg}^{-1}\xi.\epsilon.$  σε  $\text{kg N στρ}^{-1}$  λαμβανομένου υπ' όψην ότι όταν η φαινομενική πυκνότητα του εδάφους είναι  $1.25 \text{ gr cm}^{-3}$  σε βάθος 30cm η μάζα του εδάφους το στρέμμα ανέρχεται σε 375 τόνους.

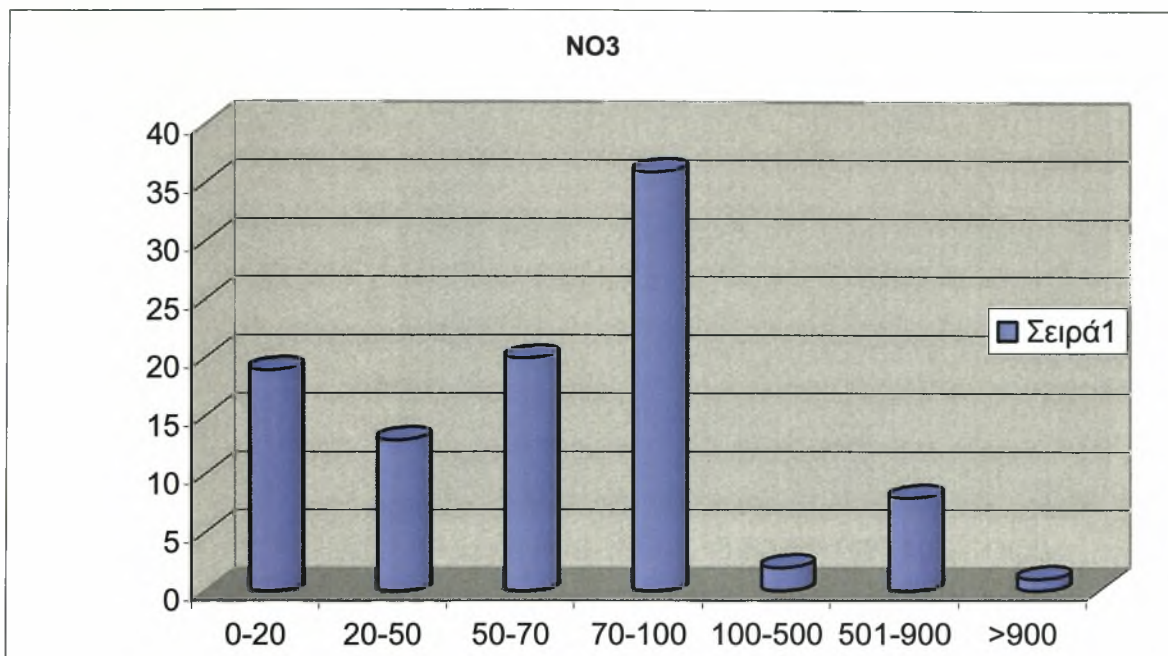
**Πίνακας 3.4.** Συγκεντρώσεις νιτρικών και νιτρωδών ιόντων σε εδάφη της περιοχής του Αλμυρού σε βάθος 0-30 cm (n=135).

	$\text{NO}_2^-$	$\text{NO}_3^-$	$\text{NO}_2^-$	$\text{NO}_3^-$
	$\text{mg kg}^{-1}$ ξηρού εδάφους		$\text{kg N στρ}^{-1}$ *	
<b>Ελάχιστη τιμή</b>	0	2	0	0,16
<b>Μέγιστη τιμή</b>	455	2233	51,95	189,06
<b>Μέση τιμή</b>	22,9	136,27	2,61	11,5
<b>C.V.%</b>	110,3	103,09	115,89	101,49

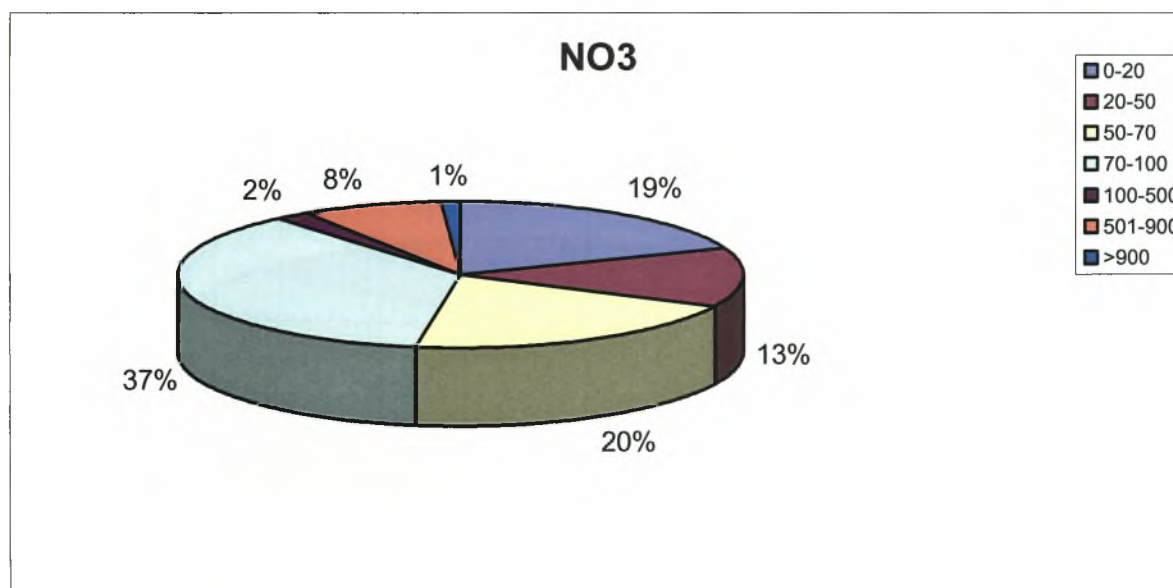
\*Η φαινόμενη πυκνότητα του εδάφους στα εδάφη αυτά είναι περίπου  $1,25 \text{ gr cm}^{-3}$  εδάφους, οπότε το στρέμμα σε βάθος 30cm έχει μάζα 375t.

Η συγκέντρωση των νιτρωδών ιόντων κυμάνθηκε από 0 έως  $455 \text{ mg kg}^{-1}$  ξηρού εδάφους, με μέση τιμή  $22,9 \text{ mg kg}^{-1}$  ξηρού εδάφους. Η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων κυμάνθηκε από 2 έως  $2233 \text{ mg kg}^{-1}$  ξηρού εδάφους, με μέση τιμή  $136,27 \text{ mg kg}^{-1}$  ξηρού εδάφους. Η ποσότητα του άζωτο που αντιστοιχεί στην συγκέντρωση των νιτρωδών ιόντων κυμάνθηκε από 0 έως  $51,95 \text{ kg N στρ}^{-1}$ , με μέση τιμή  $2,61 \text{ kg N στρ}^{-1}$ . Η ποσότητα του αζώτου που αντιστοιχεί στην συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων κυμάνθηκε από 0,16 έως  $189,06 \text{ kg N στρ}^{-1}$ , με μέση τιμή  $11,5 \text{ kg N στρ}^{-1}$ .

Στην εικόνα 3.5 και 3,6 παρουσιάζονται το ιστόγραμμα και το διάγραμμα μορφής πίτας αντίστοιχα, της κατάταξης των εδαφών σε κατηγορίες με βάση την συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων στην περιοχή του Αλμυρού σε βάθος 0-30 cm.

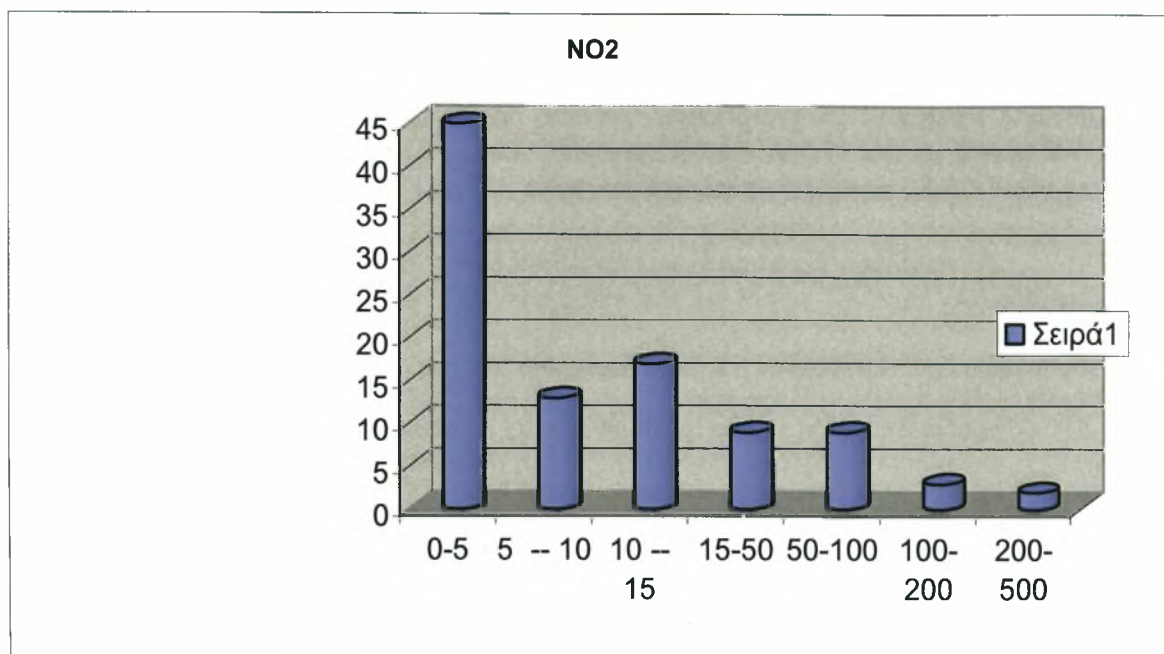


**Εικόνα 3.5.** Κατάταξη των εδαφών της περιοχής του Αλμυρού σε βάθος 0-30 cm σε κατηγορίες ανάλογα με την περιεκτικότητα σε νιτρικά ιόντα.

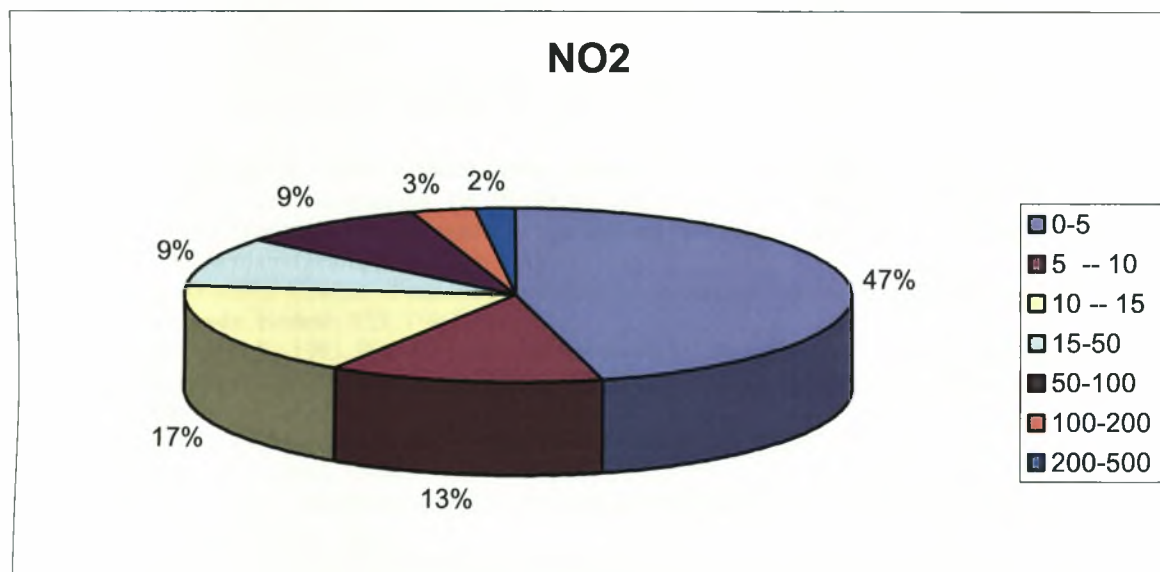


**Εικόνα 3.6.** Κατάταξη των εδαφών της περιοχής του Αλμυρού σε βάθος 0-30 cm σε κατηγορίες ανάλογα με την περιεκτικότητα σε νιτρικά ιόντα.

Στην εικόνα 3.7 και 3,8 παρουσιάζονται το ιστόγραμμα και το διάγραμμα μορφής πίτας αντίστοιχα, της κατάταξης των εδαφών σε κατηγορίες με βάση την συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων στην περιοχή του Αλμυρού σε βάθος 0-30 cm.



**Εικόνα 3.7.** Κατάταξη των εδαφών της περιοχής του Αλμυρού σε βάθος 0-30 cm σε κατηγορίες ανάλογα με την περιεκτικότητα σε νιτρικά ιόντα.



**Εικόνα 3.8.** Κατάταξη των εδαφών της περιοχής του Αλμυρού σε βάθος 0-30 cm σε κατηγορίες ανάλογα με την περιεκτικότητα σε νιτρικά ιόντα.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αναλογίδης, Δ. 1991. Το  $\text{NO}_3\text{-N}$  ως Δείκτης Διαθεσιμότητας Εδαφικού Αζώτου όπως επηρεάζεται από τον Οργανικό Άνθρακα, Ολικό Άζωτο και τη Σχέση C/N του Εδάφους. Πρακτικά, 2<sup>ο</sup> Πανελλ. Εδαφολ. Συνέδριο. (Λάρισα 25-27 Νοέμβρ. 1987). Σελ. 131-144.
2. Archer, G., 1988. Crop nutrition and Fertilizer Use. Farming Press, Ipswich.
3. Aubert, H. and Pinta, M. 1977. Trace Elements in Soils. Elsevier. Amsterdam. pp:395.
4. Black, C. A., D.D. Evans, J.L. White, L.E Ensminger, and F.E Clark.(ed). 1965. Methods of soil analysis, Part 2. Agronomy 9. P 1122.
5. Bockman. O.C., 1994. Best Agricultural Practice for the Protection of Air. Proceedings No 360. The Fertilizer Society, Peterborough, U.K.
6. Bouwman, A.F., 1996. Direct emission of nitrous oxide from agricultural soils. Nutrient Cycling in Agrosystems 46: 53-70.
7. Γάτσιος Α. Φώτιος. 2003. Προσδιορισμός των ρύπων στις λεκάνες απορροής που μεταφέρονται με τους χειμάρρους σε υγρότοπους του νομού Μαγνησίας. Διδακτορική διατριβή. Βόλος.
8. ECETOC, 1988. Nitrate and Drinking Water. Techn. Report No. 27. European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals, Brussels.
9. ECETOC, 1994. Ammonia Emissions to Air in Western Europe. Techn. Report No. 62. European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals, Brussels.
10. Friedland, A. J., Johnson, A. H. and Siccama, T. G. 1984. Water, Air and Soil Pollution. 21. pp 161-170.
11. Goldschmidt, V.M. 1958. Geochemistry. Oxford University Press. London.
12. Hani, H. and Gupta, S. 1983., in *Environmental Effects of Organic and Inorganic Contaminants in Sewage Sludge*. Eds. Davis, R. D., Hucker, G. and L' Hermite. P. Reidel. Dordecht. pp 121.
13. [http:// muextension.missouri.edu](http://muextension.missouri.edu).
14. Jackson, M. L. 1958. Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall. Inc. Englewood. Cliffs, N. J.
15. Jones, J.B., Jr. 1998a. Soil test methods: past, present and future. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 29:1543-1552.
16. Juergens-Gschwind S., 1989. Ground water nitrates in other developed countries (Europe)- Relationships to land use patterns. Pp 75-138 in: Follet., R.F. (ed). Nitrogen Management and Ground Water Protection. Developments in Agricultural and Management – Forest Ecology 21. Elsevier, Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo.
17. Jungk, A: (G )1970. Content of minerals and water in dependence on the development of plants. *Z. Pflanzenernahr. Bodenk.* 125, 119-129.
18. Κουκουλάκης, Π.Χ., 1995. Βασικές αρχές της ορθολογικής λίπανσης των καλλιεργειών. *Γεωργία και Κτηνοτροφία*. Τεύχος 9, Δεκέμβριος, 1995, σελ. 43-61. Αφιέρωμα: Λίπανση των καλλιεργειών.
19. MAFF, 1988. *Fertilizer Recommendations*. Reference Book 209. HMSO, London.
20. *Methods of Soil Analysis*, 1994.
21. Μήτσιος, Ι.Κ., 1994. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρήση λιπασμάτων στις καλλιέργειες. Πανεπιστημιακή έκδοση, Βόλος.
22. Μήτσιος Ι.Κ., 1999. Εδαφολογία. Εκδόσεις Zymel.
23. Μήτσιος Ι.Κ., *Εδαφολογική μελέτη και εδαφολογικός χάρτης του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην Περιοχή Βελεστίνου*, Αθήνα 2000. Εκδόσεις Zymel.
24. Μήτσιος Ι.Κ., και Φ.Α.Γάτσιος. 2000. Προσδιορισμός νιτρικών, νιτρωδών, φωσφορικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων από γεωργικές χρήσεις που καταλήγουν στον Παγασητικό κόλπο από εκπλύσεις εδαφών. Έκθεση του προγράμματος επιστημονικής συνεργασίας για θέματα ρύπανσης του Παγασητικού κόλπου με τη Νομαρχία Μαγνησίας. Βόλος.
25. Μήτσιος Ι.Κ., Φ.Α.Γάτσιος και Δ.Α.Σαραντόπουλος. 2000. Προσεγγίσεις για την εκτίμηση της ρύπανσης των ρεμάτων του νομού Μαγνησίας από γεωργικές και άλλες δραστηριότητες. Πρακτικά 2<sup>ου</sup> Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής. Σελ. 553-560.
26. Μήτσιος Ι.Κ., 2004. Γονιμότητα-Θρέψη φυτών. Εκδόσεις Zymel.
27. Μήτσιος, Ι.Κ., Κουκούλακης, Π., Πασχαλίδης, Χ., Γκατζογιάννη, Ε. Μπριασούλης, Ι. Παπαδόπουλος, Αρ. και Γκέρτσης, Α. 1996. Ισοζύγιο αζώτου σε καλλιέργεια καλαμποκιού. 6<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Εδαφολογικό Συνέδριο, Ναύπλιο, 29/5-1/6 1996. Πρακτικά Τομ. Β, 552-563.



28. Nair, P.K.R. and O.Talibudeen, 1973. Dynamics of K and NO<sub>3</sub> concentrations in the root zone of winter wheat at Broadbalk using specific-ion electrodes. *Journal of Agriculture Science (Camp)*. 81:327-337.
29. Peech et al., 1947.
30. Παπαδογιάννης Ι.Ν. 2000. Εργαστηριακές Ασκήσεις Ενόργανης Χημικής Ανάλυσης. (Ιοντική Χρωματογραφία). Εκδόσεις Πήγασος 2000. Θεσσαλονίκη.
31. Rowell, D.L., 1995. *Soil Science, Methods and Applications*. Longman Group UK Limited.
32. Scientific Committee for food, European Commission, 1995.
33. Skerman et al., 1958.
34. Smith, K.A. McTaggar, I.P. and H. Tsuruta, 1997. Emissions of N<sub>2</sub>O and NO associated with nitrogen fertilization in intensive agriculture and the potential for mitigation. *Soil Use and Management*, Vol 13 No 4: (Supplement: Soils and the Greenhouse Effect) pp.246-304.
35. Tinker,P.B. 1986. Trace Elements in Arable Agriculture. *Journal of Soil Science*.37. 587-601.
36. Τζώρτζιος Ι Στέργιος., 1997-98. Εισαγωγή στον γεωργικό πειραματισμό.
37. USEPA, 1991. Drinking water regulations. *USEPA Publ.* USA.
38. Woytowicz, B. 1980. Lead Effect on the Accumulation of Nitrates in Soil. *Rocz. Glebozn.* 31. pp 309.
39. Φλωράς Αθ. Σταμάτης., 2001. Σημειώσεις από τις παραδόσεις του μαθήματος Γενέσει Ταξινόμηση και Χαρτογράφηση Εδαφών. Βόλος.

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας 1<sup>α</sup>. Δειγματοληψία περιοχής Αλμυρού. Χρήση γης και γεωμορφή.

ΤΟΜΗ	ΧΡΗΣΗ ΓΗΣ	ΓΕΩΜΟΡΦΗ
T1	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T2	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T3	ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T4	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T5	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T6	ΤΕΥΤΛΑ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T7	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T8	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T9	ΜΗΔΙΚΗ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T10	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T11	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T12	ΑΜΥΓΔΑΛΙΕΣ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T13	ΕΛΙΕΣ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T14	ΕΛΙΕΣ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T15	ΕΛΙΕΣ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T16	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T17	ΕΛΙΕΣ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T18	ΕΛΙΕΣ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T19	ΕΛΙΕΣ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T20	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T21	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T22	ΠΙΠΕΡΙΕΣ, ΚΟΛΟΚΥΘΙΕΣ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T23	ΡΟΔΑΚΙΝΙΕΣ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T24	ΣΙΤΑΡΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T25	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T26	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T27	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T28	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T29	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T30	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T31	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T32	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T33	ΑΜΠΕΛΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T34	ΣΙΤΑΡΙ ΣΚΛΗΡΟ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T35	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T36	ΣΙΤΑΡΙ ΣΚΛΗΡΟ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T37	ΤΟΜΑΤΑ ΒΙΟΜΗΧ.	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T38	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T39	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T40	ΕΛΙΕΣ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T41	ΜΗΔΙΚΗ	ΑΛΛΟΥΒ. ΠΕΔΙΑΔΑ
T42	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T43	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T44	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T45	ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T46	ΕΛΙΕΣ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T47	ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T48	ΣΙΤΟΣ ΣΚΛΗΡΟΣ, ΚΕΡΑΣΙΕΣ	ΧΑΜΗΛΗ ΠΕΔΙΑΔΑ

Συνέχεια  
πίνακα 1<sup>a</sup>

T49	ΤΟΜΑΤΑ ΒΙΟΜΗΧ.	ΧΑΜΗΛΗ ΠΕΔΙΑΔΑ
T50	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΧΑΜΗΛΗ ΠΕΔΙΑΔΑ
T51	ΕΛΙΕΣ	ΧΑΜΗΛΗ ΠΕΔΙΑΔΑ
T52	ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ	ΧΑΜΗΛΗ ΠΕΔΙΑΔΑ
T53	ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ	ΧΑΜΗΛΗ ΠΕΔΙΑΔΑ
T54	ΚΑΡΠΟΥΖΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T55	ΣΙΤΟΣ ΣΚΛΗΡΟΣ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T56	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T57	ΣΙΤΑΡΙ ΒΟΣΚΗΜΕΝΟ	ΥΨΗΛΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T58	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΥΨΗΛΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T59	ΤΟΜΑΤΑ ΒΙΟΜΗΧ.	ΠΛΑΓΙΑ ΚΟΙΛΑΔΑΣ
T60	ΣΙΤΟΣ ΣΚΛΗΡΟΣ	ΑΛΛΟΥΒ. ΠΕΔΙΑΔΑ
T61	ΣΙΤΟΣ ΣΚΛΗΡΟΣ	ΠΛΑΓΙΑ ΣΤΕΝΟΜΑΚΡΗΣ ΡΑΧΗΣ
T62	ΣΙΤΟΣ ΣΚΛΗΡΟΣ	ΠΛΑΓΙΑ ΣΤΕΝΟΜΑΚΡΗΣ ΡΑΧΗΣ
T63	ΣΙΤΟΣ ΣΚΛΗΡΟΣ	ΠΑΓΙΑ ΛΟΦΟΥ ΠΡΟΣ ΜΕΓΑΛΗ ΛΙΜΝΗ ΖΕΡΕΛΙΑ
T64	ΣΙΤΟΣ ΣΚΛΗΡΟΣ	ΠΛΑΓΙΑ ΛΟΦΟΥ
T65	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ
T66	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ
T67	ΣΙΤΟΣ ΣΚΛΗΡΟΣ	ΚΟΡΥΦΗ ΜΑΚΡΟΣΤΕΝΗΣ ΡΑΧΗΣ
T68	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΚΟΡΥΦΗ ΜΑΚΡΟΣΤΕΝΗΣ ΡΑΧΗΣ
T69	ΕΛΙΕΣ ΝΕΟΦΥΤΕΣ	ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T70	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T71	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ
T72	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΛΑΦΡΙΑ ΚΕΚΛΙΜΕΝΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ
T73	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΕΛΑΦΡΙΑ ΚΕΚΛΙΜΕΝΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ
T74	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΚΕΚΛΙΜΕΝΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T75	ΕΛΙΕΣ ΜΙΚΡΕΣ ΜΕ ΚΑΡΚΙΝΩΜΑΤΑ	ΣΤΕΝΟΜΑΚΡΗ ΡΑΧΗ
T76	ΣΙΤΑΡΙ ΘΕΡΙΣΜΕΝΟ ΓΙΑ ΖΟΩΡΤΟΦΗ	ΣΤΕΝΟΜΑΚΡΗ ΡΑΧΗ
T77	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΝΤΟΜΑΤΑ 15CM	ΨΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T78	ΣΙΤΟΣ ΣΚΛΗΡΟΣ (ΜΑΝΔΡΑΓΑΝΙ)	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ
T79	ΒΑΜΒΑΚΙ 5 ΕΚ	ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ
T80	ΒΑΜΒΑΚΙ 5 ΕΚ	ΥΨΗΛΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T81	ΣΙΤΟΣ ΣΚΛΗΡΟΣ	ΣΤΕΝΟΜΑΚΡΗ ΡΑΧΗ ROLLING
T82	ΒΑΜΒΑΚΙ 7 ΕΚ	ΣΤΕΝΟΜΑΚΡΗ ΡΑΧΗ ROLLING
T83	ΒΑΜΒΑΚΙ 5 ΕΚ	ΣΤΕΝΟΜΑΚΡΗ ΡΑΧΗ ROLLING
T84	ΣΙΤΟΣ ΣΚΛΗΡΟΣ	ΣΤΕΝΟΜΑΚΡΗ ΡΑΧΗ ROLLING
T85	ΕΛΙΕΣ ΜΙΚΡΕΣ ΣΕ ΑΘΛΙΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	ΚΟΙΛΟΤΗΤΑ
T86	ΕΛΙΕΣ	ROLLING ΤΟΠΙΟ
T87	ΕΛΙΕΣ	ΕΛΑΦΡΑ ΚΥΜΑΤΟΕΙΔΕΣ ΤΟΠΙΟ
T88	ΒΑΜΒΑΚΙ 5 ΕΚ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T89	ΒΑΜΒΑΚΙ 5 ΕΚ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T90	ΣΙΤΟΣ ΣΚΛΗΡΟΣ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T91	ΒΑΜΒΑΚΙ 7 ΕΚ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T92	ΒΑΜΒΑΚΙ 7 ΕΚ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T93	ΒΑΜΒΑΚΙ 3 ΕΚ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ
T94	ΒΑΜΒΑΚΙ 5 ΕΚ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ
T95	ΚΑΡΥΔΙΕΣ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ

Συνέχεια  
πίνακα 1<sup>α</sup>

T96	ΒΑΜΒΑΚΙ 7 ΕΚ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ
T97	ΜΗΔΙΚΗ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ
T98	ΒΑΜΒΑΚΙ 5 ΕΚ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ
T99	ΒΑΜΒΑΚΙ 5 ΕΚ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ
T100	ΒΑΜΒΑΚΙ 5 ΕΚ	ΚΥΜΑΤΟΕΙΔΕΣ ΤΟΠΙΟ
T101	ΒΑΜΒΑΚΙ 5 ΕΚ	ΚΥΜΑΤΟΕΙΔΕΣ ΤΟΠΙΟ
T102	ΜΗΔΙΚΗ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ
T103	ΣΙΤΑΡΙ ΜΑΛΑΚΟ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ
T104	ΒΑΜΒΑΚΙ 5 ΕΚ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ
T105	ΚΑΡΠΟΥΖΙ ΥΠΟ ΚΑΛΑΜΙ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ
T106	ΕΛΙΕΣ ΝΕΟΦΥΤΕΣ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ
T107	ΒΑΜΒΑΚΙ 5 ΕΚ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ
T108	ΒΑΜΒΑΚΙ 5 ΕΚ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ
T109	ΣΙΤΟΣ ΣΚΛΗΡΟΥ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ
T110	ΒΑΜΒΑΚΙ 7 ΕΚ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ
T111	ΣΙΤΟΣ ΓΙΑ ΣΑΝΟ	ΧΑΜΗΛΗ ΒΑΛΤΩΔΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗ
T112	ΣΙΤΟΣ ΓΙΑ ΣΑΝΟ	ΧΑΜΗΛΗ ΒΑΛΤΩΔΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗ
T113	ΣΙΤΟΣ ΣΚΛΗΡΟΣ	ΧΑΜΗΛΗ ΒΑΛΤΩΔΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗ
T114	ΣΙΤΟΣ ΣΚΛΗΡΟΣ	ΧΑΜΗΛΗ ΒΑΛΤΩΔΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗ
T115	ΣΙΤΟΣ ΓΙΑ ΣΑΝΟ	ΧΑΜΗΛΗ ΒΑΛΤΩΔΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗ
T116	ΜΗΔΙΚΗ	ΧΑΜΗΛΗ ΒΑΛΤΩΔΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗ
T117	ΣΙΤΟΣ ΓΙΑ ΣΑΝΟ	ΚΑΤΩΤΕΡΕΣ ΠΟΔΙΕΣ ΛΟΦΩΝ ΤΕΛΟΣ ΠΟΔΙΩΝ ΛΟΦΩΝ ΚΑΙ ΑΡΧΗ Η ΑΝΩΤΕΡΟ ΤΜΗΜΑ ΒΑΛΤΟΥ
T118	ΚΡΙΘΑΡΙ ΔΙΣΤΙΧΟ	ΤΕΛΟΣ ΠΟΔΙΩΝ ΛΟΦΩΝ ΚΑΙ ΑΡΧΗ Η ΑΝΩΤΕΡΟ ΤΜΗΜΑ ΒΑΛΤΟΥ
T119	ΜΗΔΙΚΗ	ΤΕΛΟΣ ΠΟΔΙΩΝ ΛΟΦΩΝ ΚΑΙ ΑΡΧΗ Η ΑΝΩΤΕΡΟ ΤΜΗΜΑ ΒΑΛΤΟΥ
T120	ΕΛΙΕΣ ΝΕΟΦΥΤΕΣ	ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΤΑΡΑΤΣΑ
T121	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒ. ΠΕΔΙΑΔΑ ΚΟΝΤΑ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ
T122	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ	estuary ΧΑΜΗΛΗ ΠΑΡΑΛΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ
T123	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ	estuary ΧΑΜΗΛΗ ΠΑΡΑΛΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ
T124	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ	estuary ΧΑΜΗΛΗ ΠΑΡΑΛΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ
T125	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ	estuary ΧΑΜΗΛΗ ΠΑΡΑΛΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ
T126	ΑΓΡΙΟΧΟΡΤΑ ΓΙΑ ΣΑΝΟ	estuary ΧΑΜΗΛΗ ΠΑΡΑΛΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ
T127	ΒΑΜΒΑΚΙ 7 ΕΚ	ΑΝΩ ΜΕΡΟΣ ΒΑΛΤΟΥ
T128	ΜΗΔΙΚΗ	ΑΝΩ ΜΕΡΟΣ ΒΑΛΤΟΥ
T129	ΒΑΜΒΑΚΙ 5 ΕΚ	ΧΑΜΗΛΟΤΕΡΗ ΠΟΔΙΑ ΛΟΦΩΝ
T130	ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ ΜΙΣΟΥ ΜΕΤΡΟΥ	ΧΑΜΗΛΟΤΕΡΗ ΠΟΔΙΑ ΛΟΦΩΝ
T131	ΜΗΔΙΚΗ	ΑΝΩΤΕΡΗ ΠΟΔΙΑ ΛΟΦΩΝ
T132	ΒΑΜΒΑΚΙ 3 ΕΚ	ΑΝΩΤΕΡΗ ΠΟΔΙΑ ΛΟΦΩΝ
T133	ΒΑΜΒΑΚΙ 5 ΕΚ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ ΣΟΥΡΠΗΣ
T134	ΕΛΙΕΣ ΜΙΚΡΕΣ	ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ ΠΕΔΙΑΔΑ ΣΟΥΡΠΗΣ
T135	ΑΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΟ	ΧΑΜΗΛΗ ΒΑΛΤΩΔΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΡΜΥΡΙΚΙΑ

Πίνακας 1β. Δειγματοληψία περιοχής Αλμυρού. Φυσιογραφία και παρατηρήσεις

ΤΟΜΗ	ΦΥΣΙΟΓΡΑΦΙΑ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
T1	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)	ΧΑΛΙΚΕΣ Κ ΛΙΘΟΙ ΑΦΘΟΝΟΙ
T2	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)	ΧΑΛΙΚΕΣ Κ ΚΕΡΑΤΟΛΙΘΟΙ ΑΦΘΟΝΟΙ
T3	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)	ΌΧΙ ΧΑΛΙΚΕΣ Κ ΛΙΘΟΙ
T4	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)	ΧΑΛΙΚΕΣ ΑΦΘΟΝΟΙ
T5	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)	ΧΑΛΙΚΕΣ ΑΦΘΟΝΟΙ
T6	ΕΛΑΦΡΑ ΚΥΜΑΤΟΕΙΔΗΣ	ΚΑΛΣΙΚΟΣ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ
T7	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)	ΧΑΛΙΚΕΣ ΑΦΘΟΝΟΙ
T8	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)	ΧΑΛΙΚΕΣ ΛΙΓΟΙ
T9	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)	ΌΧΙ ΧΑΛΙΚΕΣ Κ ΛΙΘΟΙ
T10	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)	ΌΧΙ ΚΑΛΟ ΦΥΤΡΩΜΑ
T11	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)	ΧΑΛΙΚΕΣ Κ ΛΙΘΟΙ ΑΡΚΕΤΟΙ
T12	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)	ΧΑΛΙΚΕΣ Κ ΛΙΘΟΙ ΑΦΘΟΝΟΙ
T13	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)	ΧΑΛΙΚΕΣ Κ ΛΙΘΟΙ ΑΦΘΟΝΟΙ
T14	ΕΛΑΦΡΑ ΚΥΜΑΤΟΕΙΔΗΣ	ΧΑΛΙΚΕΣ Κ ΛΙΘΟΙ ΑΦΘΟΝΟΙ
T15	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)	ΧΑΛΙΚΕΣ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ
T16	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)	ΧΑΛΙΚΕΣ Κ ΛΙΘΟΙ ΛΙΓΟΙ
T17	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)	ΧΑΛΙΚΕΣ Κ ΛΙΘΟΙ ΛΙΓΟΙ
T18	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)	ΧΑΛΙΚΕΣ ΛΙΓΟΙ Κ ΛΙΘΟΙ ΠΟΛΛΟΙ
T19	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)	ΧΑΛΙΚΕΣ Κ ΛΙΘΟΙ ΑΡΚΕΤΟΙ
T20	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)	ΧΑΛΙΚΕΣ ΛΙΓΟΙ
T21	ΕΛΑΦΡΑ ΚΥΜΑΤΟΕΙΔΗΣ	ΛΙΓΟΙ ΕΩΣ ΑΡΚΕΤΟΙ ΧΑΛΙΚΕΣ Κ ΛΙΘΟΙ
T22	ΕΛΑΦΡΑ ΚΥΜΑΤΟΕΙΔΗΣ	ΧΑΛΙΚΕΣ ΛΙΓΟΙ
T23	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)	ΧΑΛΙΚΕΣ Κ ΛΙΘΟΙ ΛΙΓΟΙ
T24	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)	ΧΑΛΙΚΕΣ ΑΡΚΕΤΟΙ
T25	ΣΧΕΔΟΝ ΕΠΙΠΕΔΟ 0 - 3%	ΧΑΛΙΚΕΣ ΑΡΚΕΤΟΙ
T26	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)	ΧΑΛΙΚΕΣ ΑΦΘΟΝΟΙ, ΛΙΘΟΙ ΛΙΓΟΙ
T27	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)	ΧΑΛΙΚΕΣ ΚΑΙ ΛΙΘΟΙ ΑΡΚΕΤΟΙ
T28	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)	ΧΑΛΙΚΕΣ ΑΦΘΟΝΟΙ, ΛΙΘΟΙ ΛΙΓΟΙ
T29	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)	ΧΑΛΙΚΕΣ ΑΦΘΟΝΟΙ, ΛΙΘΟΙ ΛΙΓΟΙ
T30	ΕΛΑΦΡΑ ΚΥΜΑΤΟΕΙΔΗΣ	ΧΑΛΙΚΕΣ ΚΑΙ ΛΙΘΟΙ ΑΡΚΕΤΟΙ
T31	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)	ΧΑΛΙΚΕΣ ΚΑΙ ΛΙΘΟΙ ΑΡΚΕΤΟΙ
T32	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)	ΧΑΛΙΚΕΣ ΑΡΚΕΤΟΙ, ΛΙΘΟΙ ΛΙΓΟΙ
T33	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)	ΧΑΛΙΚΕΣ ΑΡΚΕΤΟΙ
T34	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)	ΧΑΛΙΚΕΣ ΑΡΚΕΤΟΙ
T35	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)	ΧΑΛΙΚΕΣ ΑΡΚΕΤΟΙ
T36	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)	ΧΑΛΙΚΕΣ ΑΡΚΕΤΟΙ
T37	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)	ΧΑΛΙΚΕΣ ΑΡΚΕΤΟΙ
T38	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)	ΧΑΛΙΚΕΣ ΑΡΚΕΤΟΙ
T39	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)	ΧΑΛΙΚΕΣ ΑΡΚΕΤΟΙ
T40	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)	ΌΧΙ ΧΑΛΙΚΕΣ Κ ΛΙΘΟΙ
T41	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)	ΧΑΛΙΚΕΣ ΑΡΚΕΤΟΙ
T42	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)	ΧΑΛΙΚΕΣ ΚΑΙ ΛΙΘΟΙ ΑΦΘΟΝΟΙ



Συνέχεια  
πίνακα 1β

ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)

ΧΑΛΙΚΕΣ ΑΡΚΕΤΟΙ

T43

ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)

ΧΑΛΙΚΕΣ ΑΡΚΕΤΟΙ

T44

ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)

ΧΑΛΙΚΕΣ ΑΡΚΕΤΟΙ

T45

ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)

ΧΑΛΙΚΕΣ ΚΑΙ ΛΙΘΟΙ ΑΡΚΕΤΟΙ

T46

ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)

ΧΑΛΙΚΕΣ ΛΙΓΟΙ

T47

ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)

ΑΠΟΥΣΙΑ ΧΑΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΛΙΘΩΝ  
ΧΑΛΙΚΕΣ ΑΦΘΟΝΟΙ, ΛΙΘΟΙ ΛΙΓΟΙ

T48

ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)

ΧΑΛΙΚΕΣ ΑΡΚΕΤΟΙ

T49

ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)

ΧΑΛΙΚΕΣ ΚΑΙ ΛΙΘΟΙ ΑΦΘΟΝΟΙ

T50

ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)

ΧΑΛΙΚΕΣ ΚΑΙ ΛΙΘΟΙ ΑΦΘΟΝΟΙ

T51

ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)

ΧΑΛΙΚΕΣ ΚΑΙ ΛΙΘΟΙ ΑΦΘΟΝΟΙ

T52

ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)

ΧΑΛΙΚΕΣ ΚΑΙ ΛΙΘΟΙ ΑΦΘΟΝΟΙ

T53

ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)

ΧΑΛΙΚΕΣ ΚΑΙ ΛΙΘΟΙ ΑΦΘΟΝΟΙ

T54

ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)

ΧΑΛΙΚΕΣ ΚΑΙ ΛΙΘΟΙ ΑΦΘΟΝΟΙ

T55

ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)

ΧΑΛΙΚΕΣ ΚΑΙ ΛΙΘΟΙ ΑΡΚΕΤΟΙ

T56

ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)

ΧΑΛΙΚΕΣ ΚΑΙ ΛΙΘΟΙ ΑΦΘΟΝΟΙ

T57

ΕΛΑΦΡΑ ΚΥΜΑΤΟΕΙΔΗΣ

ΧΑΛΙΚΕΣ ΚΑΙ ΛΙΘΟΙ ΑΦΘΟΝΟΙ

T58

ΕΛΑΦΡΑ ΚΥΜΑΤΟΕΙΔΗΣ

ΧΑΛΙΚΕΣ ΑΦΘΟΝΟΙ, ΛΙΘΟΙ ΛΙΓΟΙ

T59

ΚΛΙΣΗ 6 - 12%

ΧΑΛΙΚΕΣ ΚΑΙ ΛΙΘΟΙ ΑΦΘΟΝΟΙ

T60

ΕΠΙΠΕΔΟ (ΚΛΙΣΗ 0 - 3%)

ΛΙΓΟ ΨΙΛΟ ΧΑΛΙΚΙ

T61

ΠΛΑΓΙΑ ΣΤΕΝΟΜΑΚΡΗΣ  
ΡΑΧΗΣ

ΛΙΓΟ ΨΙΛΟ ΧΑΛΙΚΙ

T62

ΠΛΑΓΙΑ ΣΤΕΝΟΜΑΚΡΗΣ  
ΡΑΧΗΣ

ΛΙΓΟ ΨΙΛΟ ΧΑΛΙΚΙ

T63

ΠΑΓΙΑ ΛΟΦΟΥ ΠΡΟΣ  
ΜΕΓΑΛΗ ΛΙΜΝΗ ΖΕΡΕΛΙΑ

ΛΙΓΟ ΨΙΛΟ ΧΑΛΙΚΙ

T64

ΠΛΑΓΙΑ ΛΟΦΟΥ

ΧΑΛΙΚΕΣ ΑΡΚΕΤΟΙ

T65

ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ  
ΠΕΔΙΑΔΑ

ΧΑΛΙΚΕΣ ΚΑΙ ΛΙΘΟΙ ΑΡΚΕΤΟΙ

T66

ΧΑΜΗΛΗ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΗ  
ΠΕΔΙΑΔΑ

ΧΑΛΙΚΕΣ ΚΑΙ ΛΙΘΟΙ ΑΦΘΟΝΟΙ

T67

6 - 12% Κ 12 - 18%

ΧΑΛΙΚΕΣ ΚΑΙ ΛΙΘΟΙ ΑΡΚΕΤΟΙ

T68

6 - 12% Κ 12 - 18%

ΧΑΛΙΚΕΣ ΚΑΙ ΛΙΘΟΙ ΑΡΚΕΤΟΙ

T69

ΚΛΙΣΗ 0 - 3%

ΧΑΛΙΚΕΣ ΚΑΙ ΛΙΘΟΙ ΑΦΘΟΝΟΙ

T70

ΚΛΙΣΗ 0 - 3%

ΑΦΘΟΝΟΤΑΤΑ ΧΑΛΙΚΙΑ ΚΑΙ ΛΙΘΟΙ

T71

ΚΛΙΣΗ 0 - 3%

ΑΦΘΟΝΑ ΧΑΛΙΚΙΑ ΚΑΙ ΛΙΘΟΙ

T72

ΚΛΙΣΗ 0 - 3%

ΑΦΘΟΝΑ ΧΑΛΙΚΙΑ ΚΑΙ ΛΙΘΟΙ

T73

ΚΛΙΣΕΙΣ Α+Β

ΑΦΘΟΝΑ ΧΑΛΙΚΙΑ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΜΑΤΑ ΑΝΘΡ.ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ

T74

ΡΑΧΗ ΜΕ ΚΛΙΣΕΙΣ Β+C  
ΚΑΙ ΣΕ ΜΕΡΙΚΕΣ ΘΕΣΕΙΣ  
D

ΑΦΘΟΝΑ ΧΑΛΙΚΑ ΚΑΙ ΕΛΑΧΙΣΤΟΙ ΛΙΘΟΙ + ΣΥΓΚΡΙΜΑΤΑ  
ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ

T75

ΚΛΙΣΕΙΣ C + D

ΑΦΘΟΝΑ ΧΑΛΙΚΙΑ ΚΑΙ ΛΙΓΟΥΣ ΛΙΘΟΥΣ

T76

ΚΛΙΣΕΙΣ C + D

ΑΦΘΟΝΑ ΧΑΛΙΚΙΑ ΚΑΙ ΛΙΓΟΙ ΛΙΘΟΙ

T77

ΚΛΙΣΕΙΣ Β

ΑΡΚΕΤΟ ΨΙΛΟ ΧΑΛΙΚΙ ΜΕ Κ' ΕΛΑΧΙΣΤΟΙ ΛΙΘΟΙ

T78

ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΛΙΣΕΙΣ 0 - 3%

ΧΑΛΙΚΕΣ ΑΦΘΟΝΟΙ Κ ΛΙΓΟΙ ΛΙΘΟΙ

T79

0 - 3%

ΧΑΛΙΚΕΣ ΑΦΘΟΝΟΙ Κ ΛΙΓΟΙ ΛΙΘΟΙ

T80

0 - 3%

ΧΑΛΙΚΕΣ ΑΦΘΟΝΟΙ Κ ΛΙΓΟΙ ΛΙΘΟΙ

T81

ΚΛΙΣΕΙΣ C + D

ΧΑΛΙΚΕΣ ΑΦΘΟΝΟΙ Κ ΛΙΓΟΙ ΛΙΘΟΙ, BC Η C concretions

T82

ΚΛΙΣΕΙΣ C + D

ΧΑΛΙΚΕΣ ΑΦΘΟΝΟΙ ΚΑΙ ΛΙΘΟΙ ΑΡΚΕΤΟΙ

T83

ΚΛΙΣΕΙΣ D

ΧΑΛΙΚΕΣ ΑΦΘΟΝΟΙ ΚΑΙ ΛΙΘΟΙ ΑΡΚΕΤΟΙ

T84

ΚΛΙΣΕΙΣ D

ΜΑΡΓΑ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ C, ΧΑΛΙΚΕΣ Κ ΛΙΘΟΙ ΑΡΚΕΤΟΙ

T85

ΚΛΙΣΕΙΣ C + D

ΜΑΡΓΑ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ C, ΧΑΛΙΚΕΣ Κ ΛΙΘΟΙ ΑΡΚΕΤΟΙ

T86

ΚΛΙΣΕΙΣ C + D

ΛΙΓΑ ΧΑΛΙΚΙΑ ΚΑΙ ΛΙΘΟΙ

Συνέχεια  
πίνακα 1β

ΚΛΙΣΕΙΣ A+B

ΧΑΛΙΚΙΑ ΚΑΙ ΛΙΘΟΙ ΑΦΘΟΝΑ

T87		
T88	0 - 3%	ΧΑΛΙΚΙΑ ΑΡΚΕΤΑ
T89	0 - 3%	ΛΙΓΟΙ ΧΑΛΙΚΕΣ ΚΑΙ ΛΙΘΟΙ
T90	0 - 3%	ΑΦΘΟΝΑ ΧΑΛΙΚΙΑ ΚΑΙ ΛΙΘΟΙ
T91	0 - 3%	ΧΑΛΙΚΙΑ ΑΡΚΕΤΑ, ΛΙΘΟΙ ΔΙΑΣΠΑΡΤΟΙ
T92	0 - 3%	ΑΦΘΟΝΑ ΧΑΛΙΚΙΑ ΚΑΙ ΛΙΘΟΙ
T93	0 - 3%	ΧΑΛΙΚΕΣ Κ ΛΙΘΟΙ ΑΡΚΕΤΟΙ
T94	0 - 3%	ΧΑΛΙΚΕΣ Κ ΛΙΘΟΙ ΑΡΚΕΤΟΙ
T95	0 - 3%	ΧΑΛΙΚΕΣ Κ ΛΙΘΟΙ ΑΡΚΕΤΟΙ
T96	0 - 3%	ΑΠΟΥΣΙΑ ΧΑΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΛΙΘΩΝ
T97	0 - 3%	ΑΠΟΥΣΙΑ ΧΑΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΛΙΘΩΝ
T98	0 - 3%	ΛΙΓΑ ΧΑΛΙΚΙΑ
T99	0 - 3%	ΛΙΓΑ ΧΑΛΙΚΙΑ
T100	ΚΛΙΣΕΙΣ Β, C, D	ΧΑΛΙΚΕΣ Κ ΛΙΘΟΙ ΑΦΘΟΝΟΙ
T101	ΚΛΙΣΕΙΣ Β, C, D	ΧΑΛΙΚΕΣ Κ ΛΙΘΟΙ ΛΙΓΟΙ
T102	0 - 3%	ΧΑΛΙΚΕΣ ΑΦΘΟΝΟΙ
T103	0 - 3%	ΑΠΟΥΣΙΑ ΧΑΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΛΙΘΩΝ
T104	0 - 3%	ΑΠΟΥΣΙΑ ΧΑΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΛΙΘΩΝ
T105	0 - 3%	ΑΠΟΥΣΙΑ ΧΑΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΛΙΘΩΝ
T106	0 - 3%	ΑΠΟΥΣΙΑ ΧΑΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΛΙΘΩΝ
T107	0 - 3%	ΑΠΟΥΣΙΑ ΧΑΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΛΙΘΩΝ
T108	0 - 3%	ΑΠΟΥΣΙΑ ΧΑΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΛΙΘΩΝ
T109	0 - 3%	ΑΠΟΥΣΙΑ ΧΑΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΛΙΘΩΝ
T110	0 - 3%	ΛΙΓΟΙ ΧΑΛΙΚΕΣ ΚΑΙ ΛΙΘΟΙ
T111	0 - 3%	ΑΠΟΥΣΙΑ ΧΑΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΛΙΘΩΝ
T112	0 - 3%	ΑΦΘΟΝΑ ΧΑΛΙΚΙΑ
T113	0 - 3%	ΑΠΟΥΣΙΑ ΧΑΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΛΙΘΩΝ
T114	0 - 3%	ΑΠΟΥΣΙΑ ΧΑΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΛΙΘΩΝ
T115	0 - 3%	ΑΠΟΥΣΙΑ ΧΑΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΛΙΘΩΝ
T116	0 - 3%	ΑΠΟΥΣΙΑ ΧΑΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΛΙΘΩΝ
T117	0 - 3%	ΑΦΘΟΝΑ ΧΑΛΙΚΙΑ ΚΑΙ ΛΙΘΟΙ
T118	0 - 3%	ΑΦΘΟΝΑ ΨΙΛΑ ΧΑΛΙΚΙΑ
T119	0 - 3%	ΑΠΟΥΣΙΑ ΧΑΛΙΚΙΩΝ
T120	0 - 3%	ΑΦΘΟΝΑ ΧΑΛΙΚΙΑ, ΛΙΓΟΙ ΛΙΘΟΙ
T121	0 - 3%	ΠΗΛΩΔΕΣ ΕΔΑΦΟΣ, ΒΟΥΡΛΑ, ΚΑΛΑΜΙΑ, ΑΡΜΥΡΙΚΙΑ
T122	0 - 3%	ΔΙΠΛΑ ΣΤΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΦΥΤΑ ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΛΑΤΩΣΗΣ, ΒΟΥΡΛΑ, ΚΑΛΑΜΙΑ, ΑΡΜΥΡΙΚΙΑ
T123	0 - 3%	ΔΙΠΛΑ ΣΤΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΦΥΤΑ ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΛΑΤΩΣΗΣ, ΒΟΥΡΛΑ, ΚΑΛΑΜΙΑ, ΑΡΜΥΡΙΚΙΑ
T124	0 - 3%	ΠΥΚΝΗ ΒΑΛΤΩΔΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗ, ΜΑΥΡΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ, GILGAI, ΥΠΟΓΕΙΑ ΣΤΑΘΜΗ ΝΕΡΟΥ ΣΤΑ 60 ΕΚ
T125	0 - 3%	ΠΥΚΝΗ ΒΑΛΤΩΔΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗ, ΜΑΥΡΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ, GILGAI, ΥΠΟΓΕΙΑ ΣΤΑΘΜΗ ΝΕΡΟΥ ΣΤΑ 60 ΕΚ
T126	0 - 3%	ΠΥΚΝΗ ΒΑΛΤΩΔΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗ
T127	0 - 3%	ΕΛΑΧΙΣΤΑ ΧΑΛΙΚΙΑ ΚΑΙ ΛΙΘΟΙ
T128	0 - 3%	ΧΑΛΙΚΙΑ ΛΙΓΑ ΨΙΛΑ
T129	0 - 3%	ΧΑΛΙΚΙΑ ΑΦΘΟΝΑ, ΛΙΓΟΙ ΛΙΘΟΙ, ΟΡΙΑ ΒΑΛΤΟΥ
T130	0 - 3%	ΧΑΛΙΚΙΑ ΑΦΘΟΝΑ, ΛΙΓΟΙ ΛΙΘΟΙ, ΟΡΙΑ ΒΑΛΤΟΥ
T131	3 - 6%	ΣΥΓΚΡΙΜΑΤΑ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟΥ ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ
T132	3 - 6%	ΧΑΛΙΚΙΑ ΑΡΚΕΤΑ, ΛΙΘΟΙ ΛΙΓΟΙ

Συνέχεια  
πίνακα 1β

0 - 3%

ΑΡΚΕΤΑ ΧΑΛΙΚΙΑ ΚΑΙ ΛΙΘΟΙ

T133

0 - 3%

ΑΠΟΥΣΙΑ ΧΑΛΙΚΙΩΝ ΚΑΙ ΛΙΘΩΝ

T134

0 - 3%

ΚΑΘΟΛΟΥ ΧΑΛΙΚΙΑ

T135

Πίνακας 1γ. Τιμές αγωγιμότητας και pH των εδαφικών δειγμάτων και οργανικής ουσίας

ΤΟΜΕΣ	EC $\mu\text{S cm}^{-1}$	pH	Οργανική ουσία %
1	419	7,30	1,89
2	175	6,85	1,65
3	412	6,95	1,96
4	455	8,30	2,18
5	457	7,47	2,23
6	627	8,09	2,85
7	670	7,90	1,87
8	602	8,15	2,27
9	507	8,10	2,81
10	356	7,29	2,30
11	531	7,81	2,63
12	567	8,03	3,01
13	409	7,79	3,41
14	403	7,50	2,75
15	390	8,06	1,69
16	406	8,21	2,36
17	380	8,48	2,50
18	515	7,05	2,70
19	211	8,50	2,03
20	372	7,45	2,17
21	339	8,40	2,01
22	608	7,15	2,20
23	550	7,27	1,90
24	78	7,90	2,07
25	159	7,83	1,76
26	205	6,63	2,49
27	180	7,13	2,30
28	165	7,67	1,26
29	266	7,34	1,57
30	228	7,85	1,64
31	203	6,80	1,82
32	226	6,10	1,59
33	470	6,03	1,85
34	201	5,65	2,71
35	189	7,80	1,45
36	101	6,09	2,01
37	193	7,35	2,38

Συνέχεια πίνακα 1γ			
	212	7,74	2,37
38			
39	337	6,96	2,16
40	218	7,74	2,76
41	360	7,40	2,55
42	290	7,40	1,78
43	472	6,77	1,59
44	378	6,55	2,22
45	294	7,64	1,38
46	59	8,10	2,51
47	615	8,17	2,21
48	504	7,80	2,20
49	435	7,70	2,72
50	312	7,30	2,42
51	147	8,20	2,26
52	283	8,30	2,23
53	496	8,20	1,86
54	202	5,43	2,03
55	189	7,41	1,66
56	243	5,58	1,46
57	321	7,13	1,93
58	333	6,30	2,22
59	294	8,15	3,10
60	154	5,89	1,82
61	258	8,20	3,37
62	293	8,50	2,16
63	178	8,19	2,77
64	365	8,33	2,88
65	493	7,80	2,89
66	442	7,90	2,59
67	306	8,41	2,29
68	289	8,20	2,81
69	323	7,57	1,48
70	317	7,83	5,60
71	311	8,28	1,92
72	285	8,25	2,26
73	440	7,94	2,11
74	240	8,60	2,51
75	404	6,82	1,95
76	101	7,55	1,66
77	100	5,96	1,48
78	38,7	6,00	2,03
79	228	6,79	1,76
80	275	8,27	1,96
81	225	8,50	2,79
82	355	8,11	3,26
83	274	8,44	2,38
84	202	8,70	2,05
85	288	8,10	2,34
86	372	8,50	2,99



Συνέχεια πίνακα 1γ			
	422	8,30	3,77
87			
88	103	6,89	1,39
89	380	6,43	1,67
90	196	7,34	2,84
91	290	8,31	1,92
92	459	7,90	2,24
93	560	5,40	2,49
94	395	7,73	2,50
95	438	7,85	1,99
96	687	7,85	2,24
97	218	8,40	2,16
98	174	7,90	1,97
99	256	6,80	1,72
100	305	8,64	2,54
101	465	7,78	2,14
102	1430	7,74	1,79
103	208	7,50	1,85
104	517	7,80	2,06
105	478	7,90	1,94
106	300	8,25	2,30
107	183	8,20	2,12
108	435	8,08	2,21
109	1116	8,25	2,98
110	517	8,50	1,04
111	150	6,50	2,33
112	189	8,00	0,22
113	248	8,80	2,26
114	277	7,90	3,49
115	375	8,40	3,08
116	969	8,60	3,25
117	188	8,02	3,14
118	359	7,26	2,43
119	1500	7,40	2,19
120	101	5,89	1,77
121	5,5	7,90	4,54
122	1487	8,16	0,31
123	1498	8,27	4,15
124	1347	6,80	6,19
125	1500	8,38	2,67
126	600	8,18	4,09
127	801	7,69	2,69
128	504	7,60	2,70
129	675	8,17	2,62
130	447	8,10	2,58
131	1485	8,20	3,17
132	521	8,43	1,47
133	475	7,90	2,91
134	131	7,93	1,63
135	1389	7,77	2,53

Πίνακας 1δ.  
Συγκεντρώσεις νιτρικών και  
νιτρωδών ιόντων στην περιοχή  
Αλμυρού.

	mgr/kr εδάφους ppm	mgr/kr εδάφους ppm
1	63	7
3	72	21
5	45	3
8	213	54
9	877	189
10	54	6
11	54	12
12	12	0
13	17	0
14	45	12
16	66	5
17	78	54
19	34	23
20	79	15
21	4	14
22	565	12
23	781	13
24	12	4
25	45	2
26	96	8
28	78	6
29	45	7
30	12	9
32	78	9
33	53	21
34	12	8
35	15	1
36	18	0
37	56	0
38	59	0
39	89	52
40	45	31
41	563	56
43	89	41
44	74	2
45	45	3
46	41	14
47	85	2
48	19	4
49	63	5
50	17	11
51	3	0
52	9	
54	87	12



Συνέχεια πίνακα 1δ
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
72
73
74
75
78
80
81
84
85
86
87
90
93
94
95
96
98
101
103
104
106
108
109
111
113
115
116
117
118
119

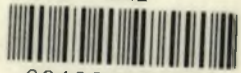
879	58
887	455
545	126
62	3
95	2
85	0
74	0
9	10
85	0
96	19
74	0
53	15
86	0
95	0
78	0
74	0
58	0
95	17
59	0
95	14
65	0
24	
56	2
252	132
62	14
98	12
12	3
74	0
63	4
87	0
89	6
12	8
54	17
87	12
54	0
18	2
39	9
82	55
75	55
71	17
2	0
82	0
8	0
78	0
86	56
789	56

Συνέχεια πίνακα 1δ	
120	
126	
127	
129	
130	
131	
132	
133	
134	

45	12
75	14
65	11
2233	236
23	3
54	2
89	3
32	4
4	9



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000074923