

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΕΥΡΕΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
Αρ. Φυ. Πρωτ. 227  
8-7-08

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

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**<<ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΒΑΘΜΟΥ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΕΔΑΦΩΝ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΑΠΟ ΝΙΤΡΙΚΑ, ΝΙΤΡΩΔΗ, ΦΩΣΦΟΡΙΚΑ ΙΟΝΤΑ, ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ ΒΑΡΕΑ  
ΜΕΤΑΛΛΑ. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΣΕ  
ΒΑΜΒΑΚΙ (*Gossypium hirsutum*).>>**

**ΛΙΟΛΙΟΥ ΕΛΙΣΑΒΕΤ**

**ΒΟΛΟΣ, 2008**



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

Αριθ. Εισ.: 6632/1  
Ημερ. Εισ.: 08-10-2008  
Δωρεά: Συγγραφέα  
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΦΠΑΠ  
2008  
ΛΙΟ

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

**ΛΙΟΛΙΟΥ ΕΛΙΣΑΒΕΤ**

**Εξεταστική Επιτροπή**

**Δημήρκου Α., επιβλέπουσα καθηγήτρια, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Π.Θ**  
**Τσιρόπουλος Ν., μέλος εξεταστικής επιτροπής, Αναπληρωτής καθηγητής Π.Θ**  
**Δρ. Ε.Ε. Γκόλια, μέλος εξεταστικής επιτροπής, (ΠΔ 407/80)**

**ΒΟΛΟΣ, 2008**

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ιδιαίτερες ευχαριστίες εκφράζονται στην επιβλέπουσα Αναπληρώτρια καθηγήτρια κ. Δημήρκου Α. του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την ανάθεση της παρούσας πτυχιακής διατριβής, την βοήθεια και την πολύτιμη καθοδήγησή της στην εκτέλεση του πειράματος και στη σύνταξη της πτυχιακής καθώς και στη κ.Γκόλια Ε. για τη βοήθεια και την πολύτιμη καθοδήγησή της.

Θερμές ευχαριστίες εκφράζονται στο μέλος της εξεταστικής επιτροπής, κ. Τσιρόπουλο Ν., Αναπληρωτή καθηγητή Π. Θ. , για τις χρήσιμες υποδείξεις και διορθώσεις τους στην πτυχιακή εργασία.

Πολλές ευχαριστίες εκφράζονται στο προσωπικό του εργαστηρίου κ. Τσακμάκη Φ, για την βοήθεια της στην επεξεργασία των παρατηρήσεων, καθώς και στην υλοποίηση της διεξαγωγής του πειράματος στο εργαστήριο.

Τις ευχαριστίες μου εκφράζω και στις φίλες μου για την σημαντική βοήθεια που μου προσέφεραν, την αμέριστη συμπαράστασή τους και την κατανόησή τους.

Ευχαριστώ ολόψυχα τους γονείς μου για την αμέριστη ηθική και οικονομική τους στήριξη σε όλη τη διάρκεια της φοιτητικής μου διαδρομής και για την συμβολή τους στην επιτυχία των προσπαθειών μου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα χωριά από τα οποία ελήφθησαν εδαφικά και φυτικά δείγματα (Αρμένιο, Νίκη, Μελία, Μέλισσα, Καστρί, Αχίλλειο) είναι ενταγμένα στο πρόγραμμα Νιτρορύπανσης του οποίου οι αναλύσεις διεξήχθησαν στο εργαστήριο Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας οι αναλύσεις έγιναν για να ελεγχθεί η κατάσταση στη οποία βρίσκονταν τα αγροτικά τεμάχια στις συγκεκριμένες περιοχές. Σκοπός, λοιπόν, του πειράματος στη πτυχιακή ήταν να παρατηρήσουμε σε τι επίπεδα βρισκόταν τα διάφορα στοιχεία των εδαφικών και φυτικών δειγμάτων και εάν υπήρχε σχέση μεταξύ τους. Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στις 11/5/2006 έως 31/5/2006 σε έκταση των 150.000 στρεμμάτων, τα εδαφικά δείγματα αφού συλλέχθηκαν μεταφέρθηκαν στο Εργαστήριο Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, η μισή ποσότητα καταψύχθηκε για τη ανάλυση των νιτρικών και η άλλη μισή περίπου ποσότητα αεροξηράνθηκε σε θερμοκρασία δωματίου για τις υπόλοιπες αναλύσεις. Αφού έγιναν όλες οι αναλύσεις τα αποτελέσματα καταγράφηκαν σε ειδικό πρόγραμμα του ηλεκτρονικού υπολογιστή (στο Excel), αναλύθηκαν και δημιουργήθηκαν διαγράμματα και πίνακες που δείχνουν τη σύσταση του εδάφους καθώς και τη σχέση των διαφόρων στοιχείων μεταξύ τους. Συμπέρασμα της πτυχιακής αυτής ήταν πως το σύνολο των χωριών που συμμετείχαν στο πείραμα (Αρμένιο, Νίκη, Μελία, Μέλισσα, Καστρί και Αχίλλειο) παρατηρήθηκε ότι έχουν εδάφη ελαφρώς αλκαλικά, είναι φτωχά σε οργανική ουσία ενώ έχουν υψηλά επίπεδα % ανθρακικού ασβεστίου ( $\text{CaCO}_3$ ). Επίσης, στα διαγράμματα που έγιναν μεταξύ των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των εδαφικών δειγμάτων, μεταξύ των στοιχείων στα φυτικά δείγματα καθώς και μεταξύ των στοιχείων των εδαφικών με των φυτικών δειγμάτων, σε όλα τα χωριά, παρατηρήθηκε πως δεν υπήρχε σχέση μεταξύ τους εκτός από λίγες περιπτώσεις.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1.Αζωτο</b> .....	<b>6</b>
1.1. Απώλειες αζώτου .....	7
1.2. Οι δυσμενείς επιπτώσεις του αζώτου στο περιβάλλον.....	9
<b>2. Ποιότητα νερού, νιτρορύπανση υδάτινων οικοσυστημάτων</b> .....	<b>11</b>
2.1. Νιτρορύπανση και ευτροφισμός .....	11
2.2. Δυσμενείς επιδράσεις των νιτρικών στην υγεία του ανθρώπου .....	13
<b>3. Ρύπανση των εδαφών με βαρέα μέταλλα</b> .....	<b>14</b>
3.1. Μεταφορά των βαρέων μετάλλων στο έδαφος .....	16
3.2. Δυναμική των βαρέων μετάλλων στο εδαφικό περιβάλλον.....	18
3.3. Τοξικές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στο έδαφος .....	20
3.3.1 Κάδμιο .....	21
<b>4. Βαμβάκι- εξέλιξη σημασίας στην Ελλάδα</b> .....	<b>26</b>
4.1. Απαιτήσεις βαμβακιού .....	28
<b>5. Δειγματοληψία και μέθοδοι αναλύσεων</b> .....	<b>30</b>
5.1. Δειγματοληψία εδαφών.....	30
5.1.1. Οι αναλύσεις στα εδαφικά δείγματα.....	32
5.2. Δειγματοληψία φυτικών δειγμάτων .....	53
<b>6. Αποτελέσματα</b> .....	<b>57</b>
<b>7. Συμπεράσματα</b> .....	<b>127</b>
<b>8. Βιβλιογραφία</b> .....	<b>128</b>

## 1. ΤΟ ΑΖΩΤΟ

Η αναλογία του N στο καλλιεργούμενο επιφανειακό έδαφος κυμαίνεται σε 0,02-0,4% του βάρους του εδάφους. Το εδαφικό N βρίσκεται κατά 97-99% υπό οργανική μορφή (νιτρικό ή αμμωνιακό N). Το εδαφικό N προέρχεται κυρίως από το ατμοσφαιρικό N γιατί η περιεκτικότητα των πετρωμάτων σε N είναι ασήμαντη. Λίγο N εισέρχεται στο έδαφος με τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, ενώ η μεγαλύτερη ποσότητα προέρχεται από διάφορους μικροοργανισμούς που δεσμεύουν το ατμοσφαιρικό N. Οι καιρικές συνθήκες επηρεάζουν τη δράση των μικροοργανισμών και επομένως τη ποσότητα του εδαφικού N. Η ποσότητα του εδαφικού N εξαρτάται και από τη βλάστηση και από το ανάγλυφο του εδάφους. Κεκλιμένα εδάφη έχουν μικρότερη ποσότητα από τα πεδινά, γιατί το N εκπλύνεται και παρασύρεται εύκολα και επιπλέον η βλάστηση είναι μικρότερη. Η μηχανική σύσταση του εδάφους επηρεάζει το περιβάλλον και την ανάπτυξη των φυτών και των μικροοργανισμών. Οι διαφορές μεταξύ εδαφών ως προς τη μηχανική σύσταση επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό το εδαφικό N το οποίο γενικώς αυξάνεται από τα αμμώδη προς τα ιλυοπηλώδη εδάφη.

Η περιεκτικότητα σε N μειώνεται απότομα από τα βαθύτερα στρώματα στο καλλιεργούμενο έδαφος. Σε ιλυοπηλώδη εδάφη, με ποώδη βλάστηση, η περιεκτικότητα αυξάνεται μέχρι 30, μετά μειώνεται απότομα και στη συνέχεια μειώνεται προοδευτικά με το βάθος του στρώματος. Στα ξηρά εδάφη το N συγκεντρώνεται στα επιφανειακά εδάφη.

Η περιεκτικότητα σε N εξαρτάται και από την περιεκτικότητα σε C. Η σχέση C/N κυμαίνεται μεταξύ 10-12 σε καλλιεργούμενα και με καλή υγρασία εδάφη και μικρότερη από 10 στα ξηρά εδάφη των εύκρατων περιοχών.

Όταν η σχέση C/N είναι μικρότερη από 10-12, διασπώνται οι αζωτούχες ενώσεις και παράγουν CO<sub>2</sub>, χούμο, αμμωνιακά και στη συνέχεια νιτρικά άλατα. Προσθήκη N σε τέτοια εδάφη, αν δε προσληφθεί από τα φυτά, παρασύρεται με το νερό. Αντιθέτως αν η σχέση είναι μεγαλύτερη από 12 γίνεται διάσπαση υδατανθράκων σε CO<sub>2</sub> και H<sub>2</sub>O. Στη περίπτωση αυτή, σε αντίθεση με τη προηγούμενη, προσθήκη N στο έδαφος οδηγεί σε δέσμευση N από τους μικροοργανισμούς που σχηματίζουν πρωτεΐνες. (Γαλανοπούλου-Σενδουκά Στέλλα)

## 1.1. ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΖΩΤΟΥ

Το άζωτο στα εδάφη χάνεται με πολλούς τρόπους. Όπως με έκπλυση, διάβρωση, κατεργασία του εδάφους, με συγκομιδή των προϊόντων κ.α. Στη συνέχεια αναφέρονται διάφοροι τρόποι απώλειας αζώτου.

- *Απονιτροποίηση*, Οι απώλειες αζώτου με απονιτροποίηση οφείλεται στη παρουσία των μικροοργανισμών *Pseudomonas*, *Achromobacter* και *Micrococcus* σε pH =4,9-5,6 (απώλεια ως N<sub>2</sub>O) ή pH=7,3-7,9 ( N<sub>2</sub>). Το άζωτο επίσης μπορεί να εξαερωθεί με τη μορφή αμμωνίας. Σε αναγωγικές συνθήκες τα NO<sub>3</sub> υφίστανται απονιτροποίηση ήτοι βιολογική απονιτροποίηση σε υψηλό pH και χημική απονιτροποίηση σε χαμηλό pH. Οι απώλειες του αζώτου με απονιτροποίηση είναι μεγαλύτερες με τη 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<sub>3</sub>)*

Παρατηρείται σε αλκαλικά εδάφη σύμφωνα με τη σχέση:



- *Απώλειες με τη μορφή νιτρικού οξέος (HNO<sub>3</sub>)*

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

- *Πυρκαγιές*

Οι πυρκαγιές επηρεάζουν το κύκλο του αζώτου άμεσα, γιατί μεγάλες ποσότητες αζώτου χάνονται με τη καύση της οργανικής ουσίας και έμμεσα εξαιτίας των φυσικοχημικών μεταβολών που υφίστανται το έδαφος από τις πυρκαγιές. Με τη καύση της οργανικής ουσίας παράγονται μικρές ποσότητες και μεγάλες ποσότητες



αερίου  $N_2$  ή οξειδίων του αζώτου, που επιστρέφουν στην ατμόσφαιρα. 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 στρώματα της εδαφικής κατανομής με το ύδωρ στράγγισης.

Σε τροπικά εδάφη τα νιτρικά ιόντα προσροφούνται από τη στερεά φάση του εδάφους η δε προσρόφηση εξαρτάται από το pH και από τη συγκέντρωση των  $NO_3^-$  ιόντων. Τα εδάφη αυτά περιέχουν άμορφα ανόργανα υλικά και κυρίως οξείδια. Τα νιτρικά που βρίσκονται στο εδαφικό διάλυμα είτε μετακινούνται στα βαθύτερα στρώματα της εδαφικής κατανομής 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 που απομακρύνονται με έκπλυση εξαρτώνται

1. από τη ποσότητα του νερού που διηθείται στα βαθύτερα στρώματα της εδαφικής κατανομής
2. από τη συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων στο έδαφος
3. από τις ποσότητες των προστιθέμενων λιπασμάτων
4. από το τύπο του εδάφους
5. από τη περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία και από τους ρυθμούς ανοργανοποίησης του οργανικού αζώτου
6. από τη δραστηριότητα των μικροοργανισμών του εδάφους
7. από τη φυτοκάλυψη
8. από το τύπο της καλλιέργειας και
9. από τις βροχοπτώσεις και αρδεύσεις

### **έκπλυση νιτρικών-φυτοκάλυψη**

Από έρευνες προκύπτει ότι σε γυμνό έδαφος η απώλεια  $NO_3^-$  με έκπλυση είναι περίπου διπλάσια μέχρι τριπλάσια από ότι στο ίδιο έδαφος με καλλιέργειες και εννέα φορές μεγαλύτερη από ότι στο ίδιο έδαφος με λιβαδική φυτοκάλυψη.

Στην Ελλάδα και στη παραμεσόγειο περιοχή τα χειμερινά σιτηρά δε 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.

(Μήτσιος Κ. Ιωάννης Ph.D)

## **1.2. ΟΙ ΔΥΣΜΕΝΕΙΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ**

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  $N-NO_3$  και διαφυγή των νιτρικών με έκπλυση στους υπεδάφιους υδροφόρους ορίζοντες και λοιπούς υδατικούς αποδέκτες. Η πλεονασματικότητα του αζώτου στο έδαφος επηρεάζει αρνητικά τη βιοποικιλότητα της χλωρίδας ως και τη ποσότητα των αγροτικών προϊόντων.

Η εξαέρωση και ο εμπλουτισμός της ατμόσφαιρας με αμμωνία δημιουργεί της παρακάτω αρνητικές επιπτώσεις

- Οξυνση του εδάφους κατά την επαναφορά και απόθεση της  $NH_3$  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 τη παραγωγή θειικής αμμωνίας.
- Επιβάρυνση με  $NO_3-N$  του εδαφικού νερού με αποτέλεσμα έμμεσα στη συμβολή στο φαινόμενο του ευτροφισμού.

Τα φυτά αξιοποιούν μόνο το 40%-60% του αζώτου που είναι απαραίτητο για την ανάπτυξή τους και το οποίο τους «προσφέρεται» με τα αζωτούχα λιπάσματα. Το υπόλοιπο πηγαίνει στο έδαφος και από εκεί στα χαμηλότερα επίπεδα που βρίσκονται τα νερά. Μάλιστα, εφ' όσον το έδαφος δεν έχει οργανική ουσία δηλαδή κοπριά ζώων ή άλλα υπολείμματα φυτών, δεν μπορεί να συγκρατήσει το άζωτο. Για

τις κλιματικές συνθήκες της Ελλάδας, το έδαφος για να είναι γόνιμο πρέπει να έχει οργανική ουσία σε ποσοστό 3%. Στη Θεσσαλία τα χωράφια εξαιτίας της υπερεκμετάλλευσης βρίσκονται στο 1,5% ή και πιο χαμηλά, οπότε χρειάζονται μεγαλύτερες ποσότητες λιπασμάτων για να πάρουν τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά. Η χρήση των αζωτούχων λιπασμάτων ευνοεί τη δημιουργία υποστρώματος νιτρορύπανσης-απονιτροποίησης στα εδάφη και επομένως συμβάλει άμεσα και έμμεσα στη παραγωγή και την εκπομπή στην ατμόσφαιρα των οξειδίων του αζώτου. Οι ετήσιες εκπομπές  $N_2O$  από τα καλλιεργούμενα εδάφη ανέρχονται σε  $3,5 \cdot 10^9$  N, το 1/3 η ποσότητα αυτής προέρχεται από τα αζωτούχα λιπάσματα (Smith, et .al., 1997).

Η συμβολή στις εκπομπές  $N_2O$  και των κτηνοτροφικών ζώων ελεύθερης βοσκής διαμέσου των οποίων το άζωτο της χλωρής νομής μεταφέρεται στα υγρά και στερεά εκκρίματα των ζώων που παραμένουν στους λειμώνες αποτελούν εστίες εκπομπής του  $N_2O$ . Από τα περιορισμένα πειραματικά δεδομένα προκύπτει ότι ποσοστό 0,1 μέχρι 0,7 του αζώτου των στερεών απεκκριμάτων και 0,1 μέχρι 3,8% του αζώτου των υγρών εκλύεται στην ατμόσφαιρα με τη μορφή  $N_2O$ . Η σημασία των μεγεθών αυτών είναι προφανής αν ληφθεί υπόψη ότι το 20% της στερεής επιφάνειας της γης καλύπτεται με καλλιεργούμενους λειμώνες και επιπλέον ένα 30% με ορεινές δασολιβαδικές εκτάσεις.

Τα ερευνητικά αποτελέσματα των ερευνητών δείχνουν ότι το ποσοστό 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

## **2. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ, ΝΙΤΡΟΥΠΑΝΣΗ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

Σύμφωνα με έρευνες του ΕΘΙΑΓΕ, στα υπόγεια νερά της Θεσσαλίας υπάρχει πρόβλημα σημαντικής συγκέντρωσης νιτρικών ιδιαίτερα στους νομούς Λάρισας και Μαγνησίας. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα δύο ερευνητικών προγραμμάτων του Πανεπιστημίου Αθηνών και Πατρών για την ποιότητα των υπόγειων νερών της Θεσσαλίας, στο νομό Λάρισας υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών παρουσιάζονται συστηματικά στην περιοχή Αργυροπούλειο, ενώ περιστασιακά έχουν καταγραφεί σημαντικές συγκεντρώσεις νιτρικών στις περιοχές Αχίλλειο, Αγιά, Πλατύκαμπος. Κύρια πηγή ρύπανσης θεωρούνται οι αγροτικές δραστηριότητες στα πεδινά του νομού Λάρισας. Παράλληλα, επιβαρημένα θεωρούνται και τα νερά του Πηνειού που περιέχουν και βαρέα μέταλλα, ενώ η περιοχή της Δυτικής και Ανατολικής Θεσσαλίας έχει επισήμως αναγνωριστεί και οριοθετηθεί ως περιοχή ευπρόσβλητη από ρύπανση με νιτρικά από γεωργικές πηγές. Τα νερά αυτά χρησιμοποιούνται για άρδευση (κι όχι ύδρευση), οπότε δεν υπάρχει λόγος μεγάλης ανησυχίας, σύμφωνα με τους αρμοδίους γιατί τα νιτρικά ενοχοποιούνται για νεοπλασίες. Στην πραγματικότητα, όμως, δεν υπάρχουν έρευνες που να εστιάζουν στα αποτελέσματα της μόλυνσης των υδάτων στην ανθρώπινη υγεία.

### **2.1. ΝΙΤΡΟΥΠΑΝΣΗ ΚΑΙ ΕΥΤΡΟΦΙΣΜΟΣ**

Υπάρχει δραματική υποβάθμιση της ποιότητας των υδάτων από τα αστικά λύματα, αλλά και τις μεγάλες ποσότητες λιπασμάτων. Τα αστικά λύματα με υψηλές συγκεντρώσεις θρεπτικών συστατικών (κυρίως φωσφόρου και αζώτου) που καταλήγουν σε ποταμούς, λίμνες και θάλασσες, προκαλούν το φαινόμενο του ευτροφισμού. Με την αύξηση των φωτοσυνθετικών οργανισμών (όπως τα φύκια) περιορίζεται το διαθέσιμο οξυγόνο για άλλους οργανισμούς όπως τα ψάρια, τα οποία συχνά πεθαίνουν. Το τελικό αποτέλεσμα είναι υποβάθμιση της ποιότητας των νερών, ενώ αν προστεθούν επικίνδυνα βακτήρια και ιοί, που συχνά μεταφέρονται με τα αστικά λύματα, τα νερά γίνονται ιδιαίτερα επικίνδυνα για τον άνθρωπο. Τα

λιπάσματα είναι σημαντική πηγή ρύπανσης τόσο των επιφανειακών, όσο και των υπογείων νερών. Από τις γεωργικές απορροές έχουμε παρουσία νιτρικών στο νερό πάνω από 50 ppm, που ενοχοποιούνται για τη δημιουργία καρκίνων. Οι υδάτινοι πόροι είναι ο πολυτιμότερος φυσικός πόρος, αλλά δεν προστατεύονται όπως πρέπει και θέτουν σε κίνδυνο την υγεία των πολιτών και το περιβάλλον. Στη χώρα μας σύμφωνα με μελέτη που εκπόνησαν το ΕΜΠ (Τομέας Υδατικών Πόρων), το ΙΓΜΕ και το ΚΕΠΕ, το 70% των λιμνών παρουσιάζουν ευαισθησία ως προς τον ευτροφισμό. Η χρήση λιπασμάτων σε μεγάλες ποσότητες προκαλεί τη νιτρορύπανση. Από το 1991 η Ευρωπαϊκή Ένωση θέσπισε οδηγία για τη νιτρορύπανση, με την οποία απαιτούσε από τα κράτη-μέλη, να ορίσουν έγκαιρα ποιες περιοχές τους είναι ευπρόσβλητες σε νιτρικά. Η υπερβολική χρήση αζωτούχων λιπασμάτων στη γεωργία δηλητηριάζει τις λίμνες και τα ποτάμια. Το άζωτο στις γεωργικές εκτάσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης, είτε αυτό προέρχεται από τη γεωργία (λιπάσματα) είτε από την κτηνοτροφία (κόπρος αγελάδων, χοίρων, πουλερικών και προβάτων) ανέρχεται περίπου σε 18 εκατομμύρια τόνους ετησίως. Η συνολική έκταση των ευπρόσβλητων στη νιτρορύπανση ζωνών καλύπτει σήμερα το 38% της επιφάνειας των 15 κρατών-μελών. Ως αποτέλεσμα το 30%-40% των ποταμών και λιμνών εμφανίζει συμπτώματα ευτροφισμού ή μεταφέρει μεγάλες ποσότητες αζώτου στα παράκτια ύδατα και στις θάλασσες. Στη χώρα μας έχουν βρεθεί υψηλά επίπεδα νιτρικών και νιτρωδών που αποδεδειγμένα υπερβαίνουν τα ανώτερα επιτρεπτά όρια που θέτει η Ευρωπαϊκή Ένωση. Η Ελλάδα, όπως και άλλα κράτη-μέλη, παρουσιάζει ανεπάρκειες στον χαρακτηρισμό ευπρόσβλητων ζωνών. Αρχικά ευπρόσβλητες ζώνες χαρακτηρίστηκαν δέκα περιοχές, εκ των οποίων μόνο η Θεσσαλία ήταν η πρώτη που είχε ξεκινήσει πρόγραμμα για τον περιορισμό της νιτρορύπανσης. Σύμφωνα με μελέτη στη χώρα μας μιλάμε συνολικά για 20 μολυσμένες περιοχές. Η αντιμετώπιση του προβλήματος της νιτρορύπανσης απαιτεί μεγάλο χρονικό διάστημα για να γίνουν οι απαραίτητες παρεμβάσεις.

## **2.2. ΔΥΣΜΕΝΕΙΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ**

Οι κύριες πηγές νιτρικών στη διατροφή του ανθρώπου είναι τα λαχανικά, το νερό και τα νιτρικά που προστίθενται ως συντηρητικά στα προϊόντα παρασκευής τροφίμων. Τα νιτρικά δεν είναι τοξικά και αποβάλλονται σχετικά γρήγορα από τον οργανισμό με τα ούρα ή τα περιττώματα και ανακυκλώνονται με το σάλιο.

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 στο κίνδυνο μεθαιμογλουβιταιμίας δηλαδή συνδρόμου κυάνωσης των βρεφών και στον κίνδυνο προσβολής από καρκίνο του γαστρο-εντερικού συστήματος σε μεγάλη 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 μπλέ χρώμα των χειλιών.

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

### 3. ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ ΜΕ ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

Τα βαριά μέταλλα μπορούν να θεωρηθούν από τους πιο σημαντικούς ρυπαντές του εδάφους με ιδιαίτερη οικολογική σημασία, γιατί η παραμονή τους στο έδαφος είναι πολύ μεγαλύτερη από ότι σε άλλα στοιχεία της βιόσφαιρας, με αποτέλεσμα η ρύπανση των εδαφών από τα βαριά μέταλλα να θεωρείται μη αναστρέψιμη.

Εξίσου σημαντικό είναι το γεγονός ότι τα βαριά μέταλλα, σε αντίθεση με άλλους ρυπαντές δεν βιοαποικοδομούνται αλλά μόνο μετασχηματίζονται κατά τη διάρκεια της παραμονής τους στο περιβάλλον. Έτσι με οποιοδήποτε τρόπο και αν καταλήγουν στο έδαφος, συγκρατούνται και δύσκολα εκπλύνονται από αυτό και καθώς μόνο μικρές ποσότητες μπορούν να προσληφθούν από τα φυτά επέρχεται μια βαθμιαία και συνεχής αύξηση της συγκεντρώσεως τους στο έδαφος.

Η ρύπανση των γεωργικών εδαφών με βαριά μέταλλα, τα οποία συνήθως ακόμη και σε μικρή ποσότητα έχουν τοξικές επιδράσεις στα φυτά, <sup>Αυτό</sup> συντελείται σε μεγάλο βαθμό μέσω των ρυπογόνων σωματιδίων της ατμόσφαιρας που προέρχονται από τις βιομηχανίες, τις εγκαταστάσεις εξόρυξης και επεξεργασίας μεταλλευμάτων, την αποτέφρωση στερεών απορριμμάτων, τα συστήματα θέρμανσης των κατοικιών κλπ. Επίσης σημαντικός είναι και ο πόλος των διαφόρων υλικών στη γεωργική παραγωγική διαδικασία, όπως τα λιπάσματα και τα γεωργικά φάρμακα καθώς και η ενεργός λάσπη που χρησιμοποιείται ως εδαφοβελτιωτικό.

Η αύξηση της συγκέντρωσης των βαρέων μετάλλων από αυτές τις ρυπογόνες πηγές, που έχει ως σημαντική συνέπεια τη μεταβολή της φυσικοχημικής κατάστασης του εδάφους, μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τους φυτικούς οργανισμούς με τη συγκέντρωση τοξικών στοιχείων στους ιστούς και την υποβάθμιση των παραγόμενων προϊόντων, όπως και τους ζωικούς οργανισμούς και τον άνθρωπο με τη κατανάλωση τροφών και νερού που περιέχει τοξικά βαρέα μέταλλα. (Devkota and Schmidt, 2000).

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται σε παγκόσμια κλίμακα μια αύξηση των συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων στην επιφάνεια του εδάφους, που φαίνεται να συνδέεται άμεσα με τις συνεχώς αυξανόμενες βιομηχανικές και γεωργικές δραστηριότητες (Haidouti *et al.*, 1985 Haidouti, 1991).

Οι κυριότερες ανθρωπογενούς προέλευσης, πηγές ρύπανσης των εδαφών με βαριά μέταλλα είναι

1. Ορυχεία και χυτήρια των μετάλλων
2. Γεωργικά υλικά
3. Καύση κάρβουνου και υγρών καυσίμων
4. Μεταλλουργικές βιομηχανίες
5. Χημικές βιομηχανίες
6. Διάθεση αποβλήτων
7. Ενεργός λάσπη
8. Ηλεκτρονικά
9. Χώροι σκοποβολής

(Κωνσταντίνα Χαινούτη)



### **3.1. ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ**

Η ατμοσφαιρική εναπόθεση των βαρέων μετάλλων αποτελεί σημαντικό παράγοντα ρύπανσης όλων των υπολοίπων συστατικών της βιόσφαιρας, δηλαδή του νερού, της βλάστησης και του εδάφους. Το μεγαλύτερο ποσοστό των βαρέων μετάλλων στην ατμόσφαιρα (>90%) έχει ανθρωπογενή προέλευση και προέρχεται από τις βιομηχανικές δραστηριότητες, τις εξορύξεις μετάλλων και τη κίνηση των αυτοκινήτων (Chronopoulos et al., 1997 Μάσσας κ.α., Simonetti et al., 2000). Είναι γεγονός ότι τα τελευταία χρόνια η ραγδαία τεχνολογική και βιομηχανική ανάπτυξη σε συνδυασμό με την εντατική εκμετάλλευση των πηγών πρώτων υλών και ενέργειας, οδήγησαν σε μια σταθερή παγκόσμια αύξηση των συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων στον αέρα. Έτσι ορισμένα στοιχεία όπως Se, Au, Pb, Sn, Cd, Br και Te εμφανίζουν συγκεντρώσεις στην ατμόσφαιρα ακόμα και χίλιες φορές υψηλότερες από τις φυσιολογικές συγκεντρώσεις. Εκτός από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες σημαντικά ποσά βαρέων μετάλλων στην ατμόσφαιρα μπορεί να προστεθούν από φυσικές πηγές και κυρίως από τα ηφαίστεια.

Το μέγεθος των βαρέων μετάλλων που παρατηρούνται στην ατμόσφαιρα με τη μορφή σωματιδίων κυμαίνεται από 5 nm – 20 μm, αλλά τα περισσότερα έχουν διάμετρο από 0,1 έως 10 μm . Τα σωματίδια αυτά μπορούν να παραμείνουν αιωρούμενα για ημέρες ή εβδομάδες ή να μεταφερθούν από τους ανέμους σε μεγάλη απόσταση από τη πηγή προέλευσής τους(μέχρι και 1000Km)

Στη διαδικασία αυτή (long range transport) οφείλεται το γεγονός ότι τα εδάφη, τα οποία βρίσκονται απομακρυσμένα από βιομηχανικά και αστικά κέντρα, μπορούν να εμφανίσουν έντονη ρύπανση.

Τα σωματίδια μεταφέρονται από την ατμόσφαιρα στα εδάφη με διάφορους τρόπους. Άμεσα με ξηρή απόθεση και με τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα και έμμεσα με τη πτώση των φύλλων και κλαδιών(Pichtel *et al.*, 2000). Τα ποσά που μπορούν να εναποτεθούν ποικίλλουν και εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες. Σημαντικό είναι το στοιχείο ότι το κάδμιο και περισσότερο ο μόλυβδος, λόγω των μικρών διαστάσεών τους, μπορούν να μεταφέρονται σε μεγάλες αποστάσεις. Έτσι ερευνητές στη Γερμανία μελετώντας τον κύκλο των βαρέων μετάλλων σε ένα απομακρυσμένο, από εκπομπές ρύπανσης, δασικό τοπίο παρατήρησαν ότι η ετήσια

εισροή Cd και Pd στο έδαφος ήταν πολύ υψηλή εξαιτίας της μεταφοράς αυτών των βαρέων μετάλλων με τη μορφή πολύ μικρών σωματιδίων από μεγάλες αποστάσεις (Heinrichs and Mayer, 1980). Αρκετές έρευνες έχουν αποδείξει ότι η συνεχόμενη και μακροχρόνια χρήση φωσφορικών λιπασμάτων στα αγροτικά εδάφη έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του συνολικού ποσού καδμίου στο έδαφος. Μάλιστα στην Ευρώπη έχει βρεθεί ότι η ρύπανση των εδαφών με κάδμιο οφείλεται κυρίως στη χρήση φωσφορικών λιπασμάτων και δευτερευόντως στη ρύπανση της ατμόσφαιρας (Alloway, 1995). Η παγκόσμια εισροή καδμίου στο έδαφος από τη χρήση των φωσφορικών λιπασμάτων έχει εκτιμηθεί ότι φτάνει το ποσό των 30-250 t/έτος (Alloway, 1995). Όσον αφορά στα φυτοφάρμακα σημαντική είναι η συμβολή τους στην αύξηση των συγκεντρώσεων του χαλκού στο έδαφος.

Γενικά η αύξηση των συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων στα εδάφη έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον όχι μόνο οικολογικό αλλά και για την υγεία του ανθρώπου.

Αυτό οφείλετε σε δύο λόγους

A. Έχει βρεθεί από αρκετούς ερευνητές μια θετική συσχέτιση μεταξύ των συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων στο έδαφος και στα φυτά, παρόλο που αυτή η σχέση εξαρτάται τόσο από εδαφικούς παράγοντες όσο και από χαρακτηριστικά του φυτού. (Voutsas *et al.*, 1996).

B. Μπορεί να θεωρηθεί ότι τα μεγαλύτερα ποσά βαρέων μετάλλων εισέρχονται στον ανθρώπινο οργανισμό μέσω των τροφών και του νερού (Sharma and Reutergardh, 2000).

(Κωνσταντίνα Χαινούτη)

### **3.2. ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΩΝ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΤΟ ΕΔΑΦΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ**

Στα εδάφη τα βαριά μέταλλα συσσωρεύονται κυρίως στον επιφανειακό ορίζοντα, ως αποτέλεσμα της παρουσίας υψηλότερου ποσοστού οργανικής ουσίας και σχηματισμού οργανομεταλλικών συμπλόκων (Sterckeman et al., 2000). Η σημαντική επίδραση της οργανικής ουσίας στη δυναμική και την κινητικότητα των βαρέων μετάλλων μέσα στο εδαφικό σύστημα έχει αποδειχθεί από ένα μεγάλο αριθμό ερευνητικών εργασιών (Li and Shuman, 1996 Sauve et al., 1997 Hoonda and Alloway, 1998). Όπως είναι γνωστό ο κύριος όγκος της οργανικής ουσίας συνίσταται από χουμικά και φουλβικά οξέα, τα οποία παρουσιάζουν την ικανότητα να σχηματίζουν σύμπλοκα διαφορετικής σταθερότητας με κατιόντα όπως ο Fe, Cu, Zn κλπ. Η σταθερότητα των οργανομεταλλικών συμπλόκων, εκτός των άλλων, εξαρτάται από τη σειρά ηλεκτραρνητικότητας των μετάλλων η οποία είναι  $Pb > Cu > Zn > Cd$ . Από τη παραπάνω σειρά φαίνεται ότι ο μόλυβδος σχηματίζει τα πιο σταθερά σύμπλοκα και για αυτό δεν μετακινείται εύκολα στην εδαφοτομή, ενώ το κάδμιο το οποίο βρίσκεται τελευταίο στη σειρά δε σχηματίζει και τόσο σταθερά σύμπλοκα. Κατά συνέπεια το κάδμιο παρουσιάζει έντονη τάση να μετακινείται μέσα στο εδαφικό προφίλ, ενώ ο ρυθμός και η ένταση μετακίνησής του εξαρτώνται από τις εδαφικές ιδιότητες (de Matos et al., 2001). Η έκπλυση του καδμίου είναι δυνατό να έχει σαν αποτέλεσμα τη μεταφορά του στοιχείου αυτού από το έδαφος στους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες.

Σημαντικό ρόλο στη συμπεριφορά των βαρέων μετάλλων στα εδαφικά συστήματα παίζει και το pH του εδάφους. Η σύσταση του εδαφικού διαλύματος καθώς και η σύσταση και η δομή των επιφανειών προσρόφησης εξαρτώνται από την αντίδραση του εδάφους (Adriano, 1986).

Έχει αποδειχθεί ότι σε όξινες συνθήκες τα βαριά μέταλλα γίνονται πιο ευδιάλυτα και εκτός του ότι αυξάνεται η κινητικότητά τους μέσα στη εδαφοτομή αυξάνεται και η διαθεσιμότητά τους στα φυτά. Μείωση του pH έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση του αρνητικού ηλεκτρικού φορτίου των κolloειδών και επομένως μείωση της προσροφητικής τους ικανότητας και τελικά μικρότερη δέσμευση των βαρέων μετάλλων. Τέλος η κοκκομετρική σύσταση των εδαφών έχει σημαντική επίδραση

στις συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων στο έδαφος. Οι συγκεντρώσεις είναι μεγαλύτερες στα αργιλώδη από ότι στα αμμώδη εδάφη (Sterckeman *et al.*, 2000).

Από τα παραπάνω γίνεται κατανοητό ότι αργιλλώδη εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία και αλκαλικό pH δεσμεύουν ισχυρά τα βαριά μέταλλα και περιορίζουν σημαντικά τη διαθεσιμότητά τους στα φυτά, ενώ αντίθετα εδάφη με χαμηλή τιμή του pH και με μικρότερη περιεκτικότητα σε εδαφικά κολλοειδή μπορούν ακόμα και με μικρή επιβάρυνση σε βαριά μέταλλα να εμφανίσουν υψηλές τιμές στο εδαφικό διάλυμα.

(Κωνσταντίνα Χαινούτη)

### 3.3. ΤΟΞΙΚΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

Είναι πολύ δύσκολο να καθορισθούν ανώτατες τιμές των βαρέων μετάλλων στο έδαφος. Ο καθορισμός αυτός εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως τα μητρικά υλικά, οι φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους, η καλλιέργεια για την οποία προορίζεται, η οικολογική συνείδηση των πολιτών κλπ. Η παραλλακτικότητα των παραγόντων αυτών έχει οδηγήσει στην οριοθέτηση διαφορετικών μέγιστων συγκεντρώσεων για κάθε χώρα.

**Πίνακας 1.** Μέγιστα επιτρεπτά όρια ολικών τιμών βαρέων μετάλλων στα εδάφη ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) (Hofmann, 1982).

Χημικό Στοιχείο	Μέγιστη Συγκέντρωση
Zn	300
Cu	100
Cr	100
Pb	100
Ni	50
Cd	3

**Πίνακας 2.** Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις ολικού Cd στο έδαφος για διάφορες χώρες ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) (Wu et al., 1991).

Χώρα	Μέγιστη Συγκέντρωση
Κίνα	0,3
Ευρωπαϊκή Ένωση	1-3
Γαλλία	2
Δυτ. Γερμανία	3
Ιταλία	3
Σκωτία	1,6
Αγγλία	3,5
Καναδάς	1,6
Ρωσία	5

Τα μέγιστα επιτρεπτά όρια βαρέων μετάλλων στα εδάφη ( πίνακας 1) είναι ενδεικτικά και δεν έχουν οπωσδήποτε επίπτωση στη διατροφική αξία των φυτικών προϊόντων, όταν όμως οι τιμές των βαρέων μετάλλων στα εδάφη πλησιάζουν τις τιμές αυτές θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα για τον έλεγχο περαιτέρω ρύπανσης.

### 3.3.1 ΚΑΔΜΙΟ

Ατομικός Αριθμός: 48

Ατομικό Βάρος: 112,411

Σημείο τήξης: 594,22 K (321,07 ° C η 609,93 ° F)

Σημείο βρασμού: 1040 K (767 ° C η τους 1413 ° F)

Πυκνότητα: 8,69 γραμμάρια ανά κυβικό εκατοστό

Φάση σε θερμοκρασία δωματίου: Στερεά

Στοιχείο: Μέταλλο

Αριθμός περιόδου: 5

Αριθμός ομάδας: 12

Το κάδμιο δεν αποτελεί απαραίτητο στοιχείο για τους ζωντανούς οργανισμούς και είναι ισχυρά τοξικό σε φυτά και ζώα. Στα φυτά μπορεί να επηρεάσει τη φωτοσύνθεση και τη διαπνοή τους, τα συμπτώματα που εμφανίζονται σε υψηλές συγκεντρώσεις καδμίου είναι: καθυστέρηση της ανάπτυξης, καταστροφή των ριζών, χλώρωση των φύλλων και δημιουργία κόκκινων-καφέ χρωματισμών στα άκρα των φύλλων. Η τοξική δράση του καδμίου στα φυτά οδηγεί σε παρεμπόδιση του μεταβολισμού των θρεπτικών στοιχείων και μειώνεται η διαπερατότητα της κυτταροπλασματικής μεμβράνης. Είναι τοξικό για ένα μεγάλο φάσμα οργανισμών όπως μύκητες εδάφους και ψάρια, επηρεάζοντας κυρίως την ανάπτυξη και την αναπαραγωγή. Οι άνθρωποι μπορούν να εκτεθούν σε κάδμιο όταν τρώνε τα φυτά που καλλιεργούνται σε μολυσμένο έδαφος, ή όταν τρώνε ψάρια από μολυσμένο νερό. Κάδμιο παρουσιάζεται φυσικά σε χαμηλά επίπεδα σε πολλά τρόφιμα. Η περιεκτικότητα σε κάδμιο των τροφών φυτικής προέλευσης παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις. Η κανονική πρόσληψη καδμίου (1-3 μg / ημέρα) δεν φαίνεται να προκαλεί προβλήματα υγείας. Οι άνθρωποι μπορούν να εκτεθούν σε αυξημένες ποσότητες καδμίου από το μολυσμένο πόσιμο νερό. Σημαντικές είναι και οι ποσότητες του καδμίου που εισάγονται με καπνό από την καύση

ορυκτών καύσιμων και τα τσιγάρα. Τα άτομα που καπνίζουν τσιγάρα έχουν υψηλότερα επίπεδα καδμίου στο σώμα τους από άτομα που δε καπνίζουν.

[http://www.uoi.gr/life/Metala.htm#Olik\\_Κάδμιο](http://www.uoi.gr/life/Metala.htm#Olik_Κάδμιο)

Οι Οργανισμοί FAO και WHO υποδεικνύουν ότι η μέγιστη επιτρεπτή εισερχόμενη ποσότητα καδμίου είναι από 400-500  $\mu\text{g Cd}$  την εβδομάδα (Fassett, 1980). Έχει υπολογιστεί ότι η ποσότητα του καδμίου που εισάγεται από τη καθημερινή διαίτα κυμαίνεται από 25 μέχρι 75  $\mu\text{g Cd.ημέρα}^{-1}$  (Page et al., 1981). Οι καπνιστές καθημερινά δέχονται επιπλέον από 20 μέχρι 35  $\mu\text{g Cd}$ .

Το κάδμιο χρησιμοποιείται ως α) προστατευτικό κάλυμμα στο ασάλι, β) σε πολλά κράματα, γ) σε πολλές χρωστικές ουσίες (για πλαστικά, βερνίκια και για σμάλτο), δ) σταθεροποιητής στα πλαστικά, ε) σε μπαταρίες, στ) σε φωτοβολταϊκά κύτταρα, η) για τον έλεγχο στους πυρηνικούς αντιδραστήρες.

### ΓΕΩΧΗΜΙΚΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΟΥ ΚΑΔΜΙΟΥ

Το Κάδμιο είναι ένα μέταλλο που βρέθηκε, φυσικά, στο φλοιό της γης. Είναι ένα μαλακό, ασημί - λευκό μέταλλο · ωστόσο, είναι σπάνιο να βρεθεί στην καθαρή του μορφή. Η μέση περιεκτικότητα σε Cd του φλοιού της γης είναι περίπου 0,1  $\text{mg Cd kg}^{-1}$  (Hekrichs et al., 1980; Bowen, 1979).

## ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΚΑΔΜΙΟΥ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

### A) ΜΕ ΦΩΣΦΟΡΙΚΑ ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ

Τα φωσφορικά λιπάσματα θεωρούνται ότι είναι η μεγαλύτερη πηγή καδμίου στα καλλιεργούμενα εδάφη. Ιδιαίτερα υψηλές είναι οι συγκεντρώσεις του καδμίου που βρίσκονται στους φωσφορίτες οι οποίοι χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη στις βιομηχανίες λιπασμάτων.

### B) ΜΕ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΑΠΟΘΕΣΗ

Στον αέρα η συγκέντρωση καδμίου κυμαίνεται από 1 μέχρι 50ng Cd m<sup>-3</sup> ανάλογα με την απόσταση από τη πηγή εκπομπής. Το εύρος εκπομπής καδμίου στην Ευρώπη κυμαίνεται από 1 μέχρι 6ng m<sup>-3</sup> για τις αγροτικές περιοχές, 3,6-20 ng m<sup>-3</sup> για τις αστικές περιοχές και 16,6-54ng m<sup>-3</sup> για τις βιομηχανικές περιοχές, σε ορισμένες δε περιπτώσεις μέχρι και 11000 ng m<sup>-3</sup> (Hutton, 1982).

Οι βασικότερες πηγές ατμοσφαιρικής εκπομπής καδμίου είναι οι βιομηχανίες παραγωγής μη σιδηρούχων μεταλλευμάτων, η καύση ορυκτών καυσίμων και οι εκπομπές από τις βιομηχανίες παραγωγής σιδήρου και σιδηρομεταλλευμάτων (Tiller, 1989).

### Γ) ΑΠΟ ΤΗΝ ΙΛΥ ΤΟΥ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ

Η ιλύς παρουσιάζει μεγάλες διαφοροποιήσεις ως προς τη συγκέντρωση του καδμίου ανάλογα με τη πηγή από την οποία προέρχεται. Σχεδόν ολόκληρη η ποσότητα του καδμίου που περιέχεται στην ίλυ του βιολογικού καθαρισμού, βρίσκεται στο στερεό υπόλειμμα, που παραμένει μετά από τη δευτεροβάθμια κατεργασία (Αντωνιάδης και Alloway, 1998). Η συγκέντρωση του καδμίου κυμαίνεται από 17 μέχρι 23 mg Cd kg<sup>-1</sup> ξηρής ουσίας (Davis, 1983; Williams *et al.*, 1976).

Τις τελευταίες δεκαετίες η συγκέντρωση του καδμίου στην ίλυ του βιολογικού καθαρισμού έχει ελαττωθεί σημαντικά εξαιτίας των διαδικασιών ελαχιστοποίησης των αποβλήτων που έχουν επιβληθεί στις βιομηχανίες.



Τα όρια για την ίλυ του βιολογικού καθαρισμού που χρησιμοποιείται στη γεωργία καθορίστηκαν στην Αγγλία από 9 mg Cd kg<sup>-1</sup> ξηρής ουσίας το 1980/81 σε 3,2 mg kg<sup>-1</sup> ξηρής ουσίας το 1990/91 (Department of the Environment, UK., 1993).

## ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΟΥ ΚΑΔΜΙΟΥ ΣΤΑ ΕΔΑΦΗ

Στα εδάφη το κάδμιο μπορεί να βρίσκεται με τη μορφή αρκετών ανόργανων συμπλόκων ιόντων CdCl<sup>+</sup>, CdOH<sup>+</sup>, CdHCO<sub>3</sub><sup>+</sup>, CdCl<sub>3</sub><sup>-</sup>, CdCl<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cd(OH)<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cd(OH)<sub>4</sub><sup>2-</sup>, αλλά και οργανικών συμπλόκων (Kabata-Pendias et al., 1992). Με τη χρήση ειδικών μοντέλων έχει αποδειχθεί ότι σε όξινα εδάφη, στο εδαφικό διάλυμα κυριαρχούν οι εξής μορφές του καδμίου: Cd<sup>2+</sup>, CdSO<sub>4</sub> και CdCl<sub>4</sub><sup>+</sup> ενώ σε αλκαλικά εδάφη Cd<sup>2+</sup>, CdCl<sup>+</sup>, CdSO<sub>4</sub> και CdHCO<sub>3</sub><sup>+</sup> (Sposito Page, 1984).

Η συγκέντρωση του καδμίου στο έδαφος εξαρτάται από:

- Τη δέσμευση του καδμίου από τη στερεή φάση του εδάφους.
- Την καταβύθιση του καδμίου.

Ο ερευνητής Christensen (1984), υποστηρίζει ότι η προσρόφηση του καδμίου αυξανόταν σημαντικά με την αύξηση της τιμής του pH πάνω από την τιμή 8. Οι ερευνητές Garcia-Miragaya και Page (1978), οι Zachara και Smith(1994), καθώς και οι Cowan et al., (1992) υποστηρίζουν ότι σε τιμές pH μεταξύ 6 και 7, εδάφη τα οποία είναι πλούσια σε οργανική ουσία ή σε ένυδρα οξείδια του σιδήρου, είναι δυνατό να προσροφήσουν μεγαλύτερες ποσότητες καδμίου, σε σχέση με τα εδάφη εκείνα τα οποία περιέχουν ορυκτά της αργίλου του τύπου 2:1 και μεγάλες τιμές C.E.C.

Με την ανύψωση της τιμής του pH του εδάφους η συγκέντρωση του καδμίου στο εδαφικό διάλυμα ελαττώνεται επειδή:

- Αυξάνεται η υδρόλυση.
- Αυξάνεται η τάση για προσρόφηση του καδμίου από τη στερεή φάση του εδάφους.

- Αυξάνεται το αρνητικό φορτίο του εδάφους που εξαρτάται από την τιμή του pH του εδάφους.

Σημαντικό ρόλο στη προσρόφηση του καδμίου από τη στερεή φάση του εδάφους παίζει η παρουσία στο εδαφικό διάλυμα άλλων ιόντων όπως του ασβεστίου, κοβαλτίου, χρωμίου, χαλκού, νικελίου και μολύβδου. Τα ιόντα αυτά αναστέλλουν τη προσρόφηση του καδμίου. Ο Christensen (1984), υποστηρίζει ότι, όταν η συγκέντρωση του ασβεστίου αυξάνεται με ένα συντελεστή 10 (π.χ. από  $10^{-3}$  M γίνεται  $10^{-2}$  M) τότε ελαττώνεται η ικανότητα προσρόφησης του καδμίου από ένα αμμοπηλώδες έδαφος κατά 67%.

(Ιωάννης Κ Μήτσιος Ph.D)

#### **4. ΒΑΜΒΑΚΙ- ΕΞΕΛΙΞΗ ΚΑΙ ΣΗΜΑΣΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

Το βαμβάκι είναι σήμερα η πιο δυναμική καλλιέργεια, ανάμεσα στα φυτά μεγάλης καλλιέργειας και το πρώτο από άποψη συναλλαγματικής αξίας αγροτικό προϊόν.

Το βαμβάκι φαίνεται ότι πρωτοκαλλιεργήθηκε στην Ηλεία τον 2<sup>ου</sup> αιώνα μ.Χ., με το όνομα Βύσσος, ενώ μέχρι τότε χρησιμοποιούσαν ως φυσική ίνα το έριο. Η λέξη "βύσσινα", που αποδίδεται στα βαμβακερά, αναφέρεται πολλές φορές στη Καινή Διαθήκη. Το σημερινό όνομα βαμβάκι αναφέρεται για πρώτη φορά στη Νομοθεσία του Ιουστινιανού τον 6<sup>ου</sup> μ.Χ. αιώνα και τον 10<sup>ου</sup> αιώνα το φυτό είχε διαδοθεί σε όλη την Ελλάδα. Επί Τουρκοκρατίας και αργότερα η καλλιέργεια του περιοριζόταν κυρίως στη Θεσσαλία, στις Σέρρες και στη Λακωνία. Με αφορμή τον εμφύλιο πόλεμο της Αμερικής έγινε εισαγωγή και στην Ελλάδα του *G. hirsutum* το οποίο εκτόπισε το *G. herbaceum* και *G. arboretum*, με αποτέλεσμα να εξαφανιστεί όλο το γενετικό υλικό που εξελίχθηκε και καλλιεργήθηκε στην Ελλάδα για δυο περίπου χιλιετίες. Στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα, αλλά και αργότερα, έγιναν προσπάθειες να διαδοθεί στην Ελλάδα και το Αιγυπτιακό βαμβάκι, καθώς και ορισμένες μακρόκλωστες ποικιλίες τύπου, αλλά δεν είχαν πρακτικό ενδιαφέρον, γιατί τα βαμβάκια αυτά οφιμίζουν πολύ και δίνουν ασύμφορη παραγωγή με τις ελληνικές συνθήκες (Χριστίδης 1965, Γαλανοπούλου-Σενδουκά 1979).

Για την Ελλάδα το βαμβάκι αποτελεί το κορυφαίο αγροβιομηχανικό προϊόν και ο ρόλος του είναι σημαντικός τόσο στον γεωργικό τομέα, όσο και στον τομέα της εθνικής οικονομίας. Καλλιεργείται σε μια έκταση η οποία υπερβαίνει τα 4 εκατομμύρια στρέμματα, παρέχοντας βασική απασχόληση και ένα ικανοποιητικό γεωργικό εισόδημα σε 80,000-100,000 αγροτικές οικογένειες. Περίπου 150,000 εργάτες σε αστικές περιοχές ασχολούνται με τη πρωτογενή και τη δευτερογενή παραγωγή και χρήση του. Το βαμβάκι στηρίζει την ελληνική κλωστουφαντουργία και αποτελεί σημαντική πηγή ξένου συναλλάγματος (Καλόγηρος 1994). Πρέπει να σημειωθεί ότι η Ελλάδα, παρόλο που γεωγραφικά είναι οριακή περιοχή για την βαμβακοκαλλιέργεια, συμπεριλαμβάνεται μεταξύ των πρώτων χωρών παγκοσμίως, τόσο από άποψη αποδόσεων, όσο και από άποψη ποιότητας (μέχρι πρόσφατα) βαμβακιού τύπου. Επιπλέον είναι η πρώτη βαμβακοπαραγωγός χώρα μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, συνεισφέροντας περισσότερο από το 80% της συνολικής παραγωγής της Ένωσης.

Οι κύριοι παράγοντες στους οποίους οφείλεται η πρόοδος της βαμβακοκαλλιέργειας στη Ελλάδα είναι οι

α) Ίδρυση Οργανισμού και Ινστιτούτο βάμβακος. Γρήγορη και συστηματική πρόοδος στο βαμβάκι σημειώθηκε στην Ελλάδα με την ίδρυση του ινστιτούτου το 1931. Ο ρόλος του ινστιτούτου ήταν ιδιαίτερα σημαντικός στη δημιουργία προσαρμοσμένων στην Ελλάδα ποικιλιών, ενώ ο οργανισμός Βάμβακος συνέβαλε ουσιαστικά στη βελτίωση και διάδοση της καλλιεργητικής τεχνικής.

β) Ανάπτυξη εγχώριας κλωστοβιομηχανίας. Η σημασία του βαμβακιού για την Ελλάδα αυξήθηκε σε μεγάλο βαθμό με τη εντυπωσιακή ανάπτυξη της εγχώριας κλωστοβιομηχανίας και στη συνέχεια με την είσοδο της Ελλάδας στη Ευρωπαϊκή Ένωση το 1981. Μέχρι τις αρχές τις δεκαετίας του 1970 η Ελλάδα εξήγαγε περίπου το 70% του βαμβακιού ως ακατέργαστο προϊόν, ενώ σήμερα εξαγει βιομηχανοποιημένα προϊόντα, νήματα, υφάσματα, έτοιμα ενδύματα, που αντιστοιχούν περίπου στα 2/3 παραγωγής της και τα οποία επιφέρουν πολλαπλάσια συναλλαγματικά οφέλη.

γ) Ένταξη της χώρας στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

δ) Πλήρης εκμηχάνιση της καλλιέργειας.

Σήμερα, παρά τις εισροές που εξακολουθούν να εισρέουν από την Ε.Ε. για τη στήριξη του ελληνικού βαμβακιού (οι οποίες τη τελευταία δεκαετία κυμάνθηκαν από 550 έως 675 εκ. ευρώ ανά έτος), υπάρχει έντονη ανησυχία για το μέλλον της καλλιέργειας, όπως αυτή αναπτύχθηκε ανεξέλεγκτα τα τελευταία χρόνια. Οι στρεμματικές αποδόσεις, ύστερα μετά από μεγάλη άνοδο, παρουσιάζουν στασιμότητα, οι τιμές δε θεωρούνται ικανοποιητικές για τον παραγωγό, το ήδη υψηλό κόστος παραγωγής διογκώνεται και επιπλέον η ποιότητα του περίφημου, μέχρι πρόσφατα, ελληνικού βαμβακιού έχει υποβαθμιστεί σε επικίνδυνο βαθμό για την ανταγωνιστικότητα του εθνικού μας προϊόντος. Ακόμη, παρατηρείται κάμψη στην ανάπτυξη της εγχώριας κλωστοβιομηχανίας και επομένως στη μείωση της ζήτησης στην εσωτερική αγορά, ενώ οι εξαγωγές μας παρουσιάζουν και αυτές πρόβλημα. Τέλος η καλλιέργεια βαμβακιού επιβάλλεται να γίνει φιλική στο περιβάλλον, ώστε να περιορισθεί η ρύπανση που δημιούργησε, όπως και όλες οι εντατικές καλλιέργειες, με την κατάχρηση των εισροών.

(Γαλανοπούλου-Σενδουκά Στέλλα)

## 4.1. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ

Το βαμβάκι δεν έχει μεγάλες εδαφικές απαιτήσεις. Τα καλύτερα εδάφη θεωρούνται τα μέσης συστάσεως με επαρκή στράγγιση και αερισμό αλλά και με μεγάλη υδατοικανότητα. Σε πολύ πλούσια εδάφη το φυτό παρουσιάζει υπερβολική βλαστική ανάπτυξη σε βάρος της αναπαραγωγής. Για τις ελληνικές όμως συνθήκες, των πτωχών σε οργανική ουσία εδαφών, καταλληλότερα είναι τα πλούσια εδάφη. Το καλύτερο είναι 7-8 μπορεί όμως να καλλιεργηθεί και σε πιο όξινα εδάφη μέχρι 5,2. Ανέχεται επίσης μέτρια περιεκτικότητα αλάτων (Χριστίδης 1965). Το βαμβάκι για να αξιοποιήσει το πλεονέκτημά του, ως βαθύρριζου φυτού, πρέπει το έδαφος να μην είναι πολύ συνεκτικό ή να έχει αδιαπέραστο στρώμα.

Το βαμβάκι, όπως προαναφέρθηκε, δεν εξαντλεί το έδαφος σε μεγάλο βαθμό, γιατί όταν απομακρύνεται από το χωράφι μόνο το σύσπορο, περίπου το 70% από τη ξηρά ουσία του φυτού επιστρέφει στο έδαφος. Για τη κατασκευή του βλαστικού όμως μέρος του φυτού απαιτείται αρκετά μεγάλη ποσότητα θρεπτικών ανόργανων στοιχείων, η οποία ποικίλει αναλόγως της ποικιλίας και της καλλιεργητικής τεχνικής και έτσι τα στοιχεία από διάφορες αναλύσεις έχουν μόνο ενδεικτική σημασία.

Με παραγωγή σύσπορου βαμβακιού 240 στρ. βρέθηκε ότι απομακρύνονται από το έδαφος περίπου 5 αζώτου, 0,9 φωσφόρου και 1,8 καλίου. Το βαμβάκι αφαιρεί επίσης αξιόλογες ποσότητες ασβεστίου, μικρότερες μαγνησίου, θείου και νατρίου καθώς και μικροποσότητες ιχνοστοιχείων, όπως βορίου, σιδήρου, μαγγανίου, χαλκού, χλωρίου και ψευδαργύρου.

Κατά το στάδιο του νεαρού φυτού, πριν την εμφάνιση των χτενιών, το βαμβακόφυτο απαιτεί σχετικώς υψηλές ποσότητες. Καθώς το φυτό εισέρχεται στο στάδιο του κτενιού και στα επόμενα στάδια, αυξάνονται οι απαιτήσεις στα παραπάνω στοιχεία, οι οποίες και μεγιστοποιούνται κατά το στάδιο της καρποφορίας, οπότε το φυτό συσσωρεύει περίπου τη μισή από τη συνολική ποσότητα. Στη φάση αυτή τα στοιχεία συσσωρεύονται κατά κύριο λόγο στους καρποφόρους ιστούς, ενώ στα προηγούμενα στάδια συσσωρεύονται στα φύλλα, μίσχους και ρίζες. Όταν το φυτό υπερβεί την αιχμή της καρποδέσεως, οι απαιτήσεις του σε θρεπτικά στοιχεία ελαττώνονται με γρήγορο ρυθμό, γιατί όλη η ποσότητα που είχε συσσωρευθεί στα υπέργεια τμήματα του φυτού μεταφέρεται στα αναπτυσσόμενα καρύδια. ( Χριστίδης 1965, Σφήκας 1988).

#### α) Κύρια στοιχεία

Άζωτο. Το Ν βοηθά στη μεγαλύτερη βλαστική ανάπτυξη των φυτών, στην παραγωγή περισσότερων συμποδίων, ανθέων και καρυδιών, αυξάνει το βάρος του καρυδιού και του σπόρου καθώς και την εκατοστιαία αναλογία ινών. Εξάλλου, μειώνει τη περιεκτικότητα ελαίου στο σπόρο και αυξάνει αυτή της πρωτεΐνης. Η αποτελεσματικότητα του Ν είναι μεγαλύτερη στις αρδευόμενες καλλιέργειες. Οι μεγαλύτερες ανάγκες σε Ν είναι δύο περίπου εβδομάδες μετά την έναρξη ανθοφορίας.

Οι απαιτούμενες λιπαντικές μονάδες εξαρτώνται από τις εδαφοκλιματικές συνθήκες τις περιοχής και το ύψος της παραγωγής. Μεγάλη βλαστική περίοδος, πρώιμη φυτεία και ύπαρξη ικανοποιητικής ποσότητας νερού για άρδευση αξιοποιούν περισσότερες λιπαντικές μονάδες Ν. Σε περιπτώσεις ξηρικής καλλιέργειας ή ανεπαρκούς αρδεύσεως, η αζωτούχος λίπανση πρέπει να είναι πολύ συντηρητική. Στην Ελλάδα οι συνήθεις δόσεις είναι 9-16 μονάδες/στρ. με αυξημένη δόση σε περιοχές που παρουσιάζουν αυξημένες αποδόσεις, στις οποίες μέρος της αζωτούχου λιπάνσεως εφαρμόζεται ως επιφανειακή λίπανση σε μία ή δύο δόσεις πριν από την εμφάνιση των κτενιών και των ανθέων. Σήμερα σύμφωνα με τους Κώδικες της Ορθής Γεωργικής Πρακτικής, επιβάλλεται η κλασματική λίπανση, ώστε να αποφεύγεται η νιτρορύπανση και να αυξάνεται η αποτελεσματικότητα χρησιμοποίησης του Ν.

Φώσφορος. Ο φώσφορος πρωιμίζει την παραγωγή και ευνοεί την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, ενώ η επίδρασή του στα ποιοτικά χαρακτηριστικά της ίνας και του σπόρου δεν είναι σημαντική. Μεγαλύτερη φαίνεται να είναι η σημασία του, όταν το έδαφος λιπαίνεται με υψηλές δόσεις αζώτου, γι' αυτό και μία ισορροπημένη λίπανση Ν Ρ πλησιάζει τη σχέση 2 1.

Κάλιο. Το βαμβακόφυτο είναι ευαίσθητο στην έλλειψη Κ. Με την αύξηση της διαθεσιμότητας του Κ, εντός των επαρκών ορίων, παρατηρείται συνήθως αύξηση της ανθοφορίας, του μήκους της ίνας, του βάρους του σπόρου και της περιεκτικότητας του σπόρου σε λάδι. Με έλλειψη Κ τα βαμβακόφυτα καθλώνονται, τα φυτά δεν μεγαλώνουν ικανοποιητικά ή δεν αποκτούν το πράσινο χρώμα. Τα παλαιότερα φύλλα παρουσιάζουν μεσονεύριες χλωρώσεις που στη συνέχεια νεκρώνονται και τα φύλλα πέφτουν πρόωρα. (Γαλαντούλου-Σενδουκά Στέλλα)

## 5. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ

### 5.1. Δειγματοληψία εδαφών

Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στις εξής περιοχές: Αρμένιο, Νίκη, Μελία, Μέλισσα, Καστρί και Αχίλλειο από 11/5/2006 έως 31/5/2006. Η έκταση της υπό μελέτη περιοχής ήταν περίπου 150.000 στρέμματα. Για την πραγματοποίηση της χρησιμοποιήθηκε ορθοφωτοχάρτης της περιοχής (πηγή: Φλωράς Σ.) και εφαρμόστηκε η μέθοδος 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 (Τζώρτζιος, 1997).

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 (Φλωράς Σ., 2002)



Δειγματολήπτες εδάφους  
φώτο : ANALYTICA

**Εικόνα 1. Δειγματολήπτης τύπου Edelman**

Οι θέσεις λήψης των εδαφικών δειγμάτων ήταν τυχαίες και η θέση (συντεταγμένες  $\chi$ ,  $\psi$  σε μοίρες ) των σημείων δειγματοληψίας καθορίστηκαν με το σύστημα D.G.P.S. (Differential Global Positioning System)



**Εικόνα 2.** Συσκευή G.P.S (Global Positioning System)

Κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας έγινε χρήση D.G.P.S. με σκοπό τον ακριβή εντοπισμό των σημείων δειγματοληψίας και την καταγραφή των συντεταγμένων και του υψομετρικού σημείου αυτών. Ελήφθησαν 100 συνολικά εδαφικά δείγματα μάζας περίπου 1 kg, τα οποία συλλέχθηκαν από βάθος 0–30 cm και από διάφορες καλλιέργειες (πίνακας 2.4). Ο κύριος όγκος των εδαφικών δειγμάτων προέρχεται από καλλιέργειες βάμβακος. Η λήψη των δειγμάτων εδάφους έγινε με τη χρήση εδαφολήπτη τύπου Edelman (εικόνα 2.4) και τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε πλαστικές σακούλες, ενώ ταυτόχρονα καταγράφηκαν στοιχεία που αφορούσαν τη δειγματοληψία όπως περιοχή δειγματοληψίας, αριθμός τομής, χρήση γης, γεωμορφή, φυσιογραφία, ημερομηνία δειγματοληψίας και γενικές παρατηρήσεις για κάθε δείγμα ξεχωριστά.



Στη συνέχεια τα εδαφικά δείγματα μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βόλο όπου περίπου η μισή ποσότητα του κάθε εδαφικού δείγματος διατηρήθηκε στον καταψύκτη μέχρι να γίνει ο προσδιορισμός των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων, ενώ η υπόλοιπη ποσότητα αφού αεροξηράνθηκε σε θερμοκρασία δωματίου για χρονικό διάστημα 10 ημερών και αφού διήλθε από κόσκινα (2mm) διατηρήθηκε σε πλαστικές σακούλες.

### **5.1.1. Εργαστηριακές αναλύσεις των εδαφικών δειγμάτων**

#### **• Προσδιορισμός του pH**

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 pH=4 και pH=7.
4. Πεχάμετρο Crison.
5. Γυάλινη ράβδος.
6. Αποσταγμένο ύδωρ.
7. Ζυγός ακριβείας.

#### **Βαθμονόμηση pH-μέτρου (Crison)**

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

## Μέθοδος

Στο ποτήρι ζέσεως των 100 mL τοποθετήθηκαν 30 g αεροξηραθέντος εδάφους και με τη βοήθεια του ογκομετρικού κυλίνδρου προστέθηκαν 30 mL αποσταγμένου ύδατος. Με τη γυάλινη ράβδο πραγματοποιήθηκε ανάδευση για χρονικό διάστημα 10 λεπτών. Το αιώρημα αφέθηκε προς εξισορρόπηση. Στη συνέχεια εισήχθει το ηλεκτρόδιο του πεχαμέτρου στο ανώτερο τμήμα του υδατικού αιωρήματος εδάφους και ελήφθη η μέτρηση αφού σταθεροποιήθηκε το όργανο.

- **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).

### 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 βαθμονομήθηκε με τη βοήθεια του ρυθμιστικού διαλύματος KCl 0.1M. Στους 25 °C η ένδειξή του ήταν 1,41 dS/m. Σε

διαφορετική θερμοκρασία ρυθμίζεται η ένδειξή του με βάση τις οδηγίες του κατασκευαστή.

## **Μέθοδος**

Στο ποτήρι ζέσεως των 100 mL μεταφέρθηκαν 30 g αεροξηραθέντος εδάφους και με τη βοήθεια του ογκομετρικού κυλίνδρου προστέθηκαν 30 mL αποσταγμένου ύδατος. Με τη γυάλινη ράβδο πραγματοποιήθηκε ανάδευση για χρονικό διάστημα 10 λεπτών. Στη συνέχεια εισήχθη το αγωγιμόμετρο στο εδαφικό αιώρημα και ελήφθη η μέτρηση ενώ ακόμα τα εδαφικά τεμαχίδια βρίσκονταν σε αιώρηση. Για τη διατήρηση των εδαφικών τεμαχιδίων σε αιώρηση ανακινήθηκε ελαφρά το αγωγιμόμετρο. Ελήφθη η ένδειξη του αγωγιμομέτρου αφού σταθεροποιήθηκε για περίπου 10 sec.

- **Προσδιορισμός της οργανικής ουσίας**

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

### **Όργανα – σκεύη**

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

### **Αντιδραστήρια**

-Πρότυπο διάλυμα  $K_2Cr_2O_7$ , 1N. Ζυγίστηκαν 49,04g  $K_2Cr_2O_7$ , τα οποία 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  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (96% και άνω w/w), του εμπορίου.[Όταν στο έδαφος υπήρχαν  $\text{Cl}^-$  γίνονταν προσθήκη  $15 \text{ gr L}^{-1} \text{ Ag}_2\text{SO}_4$  στο οξύ].

-Πυκνό  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (96% και άνω w/w), του εμπορίου.

-Πρότυπος τιτλοδότης, διάλυμα  $\text{FeSO}_4$  0,5N. Διαλύθηκαν 139g  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  σε αποσταγμένο νερό και προστέθηκαν 15mL πυκνού  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Ακολούθησε ψύξη και αραιώση μέχρι όγκου 1000 mL.

Για την συγκέντρωση του αντιδραστηρίου γίνονταν έλεγχος πριν τη χρήση, με τιτλοδότηση με 10mL διαλύματος  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  1N.

-Δείκτης ο-φαινανθρολίνης, η οποία είχε συμποκοποποιηθεί με διάλυμα  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0,025M: 14,85 g από το αντιδραστήριο της ο-φαινανθρολίνης και 6,95 gr από το αντιδραστήριο  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 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  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  1N και ανακινήθηκε ελαφρά η φιάλη, έτσι ώστε να διασπαρθεί το δείγμα πλήρως στο διάλυμα. Στη συνέχεια, προστέθηκαν 20mL πυκνού  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Η φιάλη ανακινήθηκε για ένα λεπτό και αφέθηκε σε ηρεμία για 30 λεπτά της ώρας. Κατόπιν, προστέθηκαν 200mL αποσταγμένου νερού, 10mL  $\text{H}_3\text{PO}_4$  και 1mL δείκτη ο-φαινανθρολίνης. Τελικά, ογκομετρήθηκε η περίσσεια του  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  με το διάλυμα  $\text{FeSO}_4$  μέχρις αλλαγής του χρώματος του δείκτη από μπλε σε κόκκινο. Παράλληλα, πραγματοποιήθηκε και ο τυφλός προσδιορισμός της κανονικότητας του πρότυπου τιτλοδότη,  $\text{FeSO}_4$  0,5N. Όταν γίνονταν αναγωγή από τον οργανικό άνθρακα περισσότερο από 75% των ιόντων

$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ , 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 καταναλώθηκαν 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 :

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

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

## • Προσδιορισμός του ολικού CaCO<sub>3</sub> στο έδαφος

### Αρχή της μεθόδου

Η μέθοδος προσδιορισμού του ολικού ανθρακικού ασβεστίου σε δείγματα εδάφους στηρίζεται στην αντίδραση με διάλυμα γνωστής συγκέντρωσης HCl και ογκομέτρηση της περίσσειας ποσότητας του HCl με διάλυμα NaOH.

Η αντίδραση η οποία πραγματοποιείται είναι η εξής:



Από τη στοιχειομετρία της παραπάνω αντίδρασης προκύπτει ότι 1 mol ανθρακικού ασβεστίου αντιδρά πλήρως με 2 mol υδροχλωρικού οξέος.

Η περίσσεια του διαλύματος υδροχλωρικού οξέος ογκομετρείται με διάλυμα καυστικού νατρίου, σύμφωνα με την αντίδραση:



Το τέλος της αντίδρασης προσδιορίζεται με αλλαγή του χρώματος του δείκτη φαινολοφθαλείνη από άχρωμο σε έντονο ροζ.

### Αντιδραστήρια

- Διάλυμα HCl 2M
- Διάλυμα NaOH 0,1 M
- Δείκτης φαινολοφθαλείνης

### Μέθοδος

10 γραμμάρια αεροξηραθέντος εδάφους μεταφέρθηκαν σε κωνική φιάλη των 250 mL και προστέθηκαν με σιφώνιο 20 mL διαλύματος HCl 2M. Μετά

το τέλος της παραγωγής του αερίου διοξειδίου του άνθρακα (φουσαλίδες), έγινε θέρμανση της φιάλης για 10 περίπου λεπτά. Μετά την ψύξη της φιάλης μεταφέρθηκε με διήθηση το περιεχόμενο αυτής σε ογκομετρική φιάλη των 100 mL η οποία και συμπληρώθηκε μέχρι τη χαραγή με αποσταγμένο ύδωρ.

Με σιφώνιο μεταφέρθηκαν 10 mL του παραπάνω διαλύματος σε κωνική φιάλη των 250 mL, προστέθηκαν 50 mL απόσταγμένου ύδατος, λίγες σταγόνες δείκτη και ακολούθησε ογκομέτρηση με διάλυμα NaOH 0,1 M μέχρι να εμφανιστεί το έντονο ροζ χρώμα.

Για να αποφευχθούν πιθανά σφάλματα η ογκομέτρηση επαναλήφθηκε με άλλα 10 mL του παραπάνω διαλύματος.

### **Παράδειγμα υπολογισμών**

Ας υποθέσουμε ότι για την ογκομέτρηση καταναλώθηκαν 15 mL διαλύματος 0,1M NaOH.

Τότε από τη δεύτερη αντίδραση προκύπτει ότι αντέδρασαν  $0,1 \text{ mol/L} \cdot 15 \text{ mL} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol NaOH}$ , αλλά και  $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol HCl}$ .

Στα 10 mL επομένως περιέχονταν 0,015 mol HCl, ως περίσσεια της αντίδρασης με το ανθρακικό ασβέστιο.

Η αρχική ποσότητα του οξέος είναι:  $2 \text{ mol/L} \cdot 20 \text{ mL} = 0,04 \text{ mol}$

Η ποσότητα του οξέος που αντέδρασε με το ανθρακικό ασβέστιο υπολογίζεται ως εξής: αρχική – περίσσεια =  $0,04 - 0,015 = 0,025 \text{ mol}$

Ισχύει ότι:

τα 2 mol HCl αντιδρούν με 100g CaCO<sub>3</sub>

τα 0,025 >> με 1,25g CaCO<sub>3</sub>

Επειδή η αρχική ποσότητα του εδάφους είναι 10g η περιεκτικότητα του αεροξηραθέντος εδάφους σε ανθρακικό ασβέστιο είναι  $1,25 \cdot 100 / 10 = 12,5\%$ .

- **Προσδιορισμός του φωσφόρου σε διάλυμα – μέθοδος Olsen**

Οι περισσότεροι προσδιορισμοί εδαφικού φωσφόρου έχουν δύο χωριστές φάσεις. Πρώτον, τη προετοιμασία ενός δείγματος που να περιέχει τον εδαφικό φώσφορο ή το κλάσμα αυτού και δεύτερον τον ποσοτικό προσδιορισμό του εδαφικού φωσφόρου στο διάλυμα, τη συγκέντρωση άλλων στοιχείων και το συγκεκριμένο σύστημα οξέων που χρησιμοποιείται στην αναλυτική διαδικασία.

Οι «μπλε» μέθοδοι του μολυβδαινίου είναι αυτές με τη μεγαλύτερη ευαισθησία και έτσι χρησιμοποιούνται ευρέως τόσο στα εδαφικά αποστάγματα, που περιέχουν μικρές ποσότητες P, όσο και για τον προσδιορισμό του ολικού P. Αυτές οι μέθοδοι βασίζονται στην αρχή ότι σε ένα όξινο μολυβδαινικό διάλυμα που περιέχει ορθοφωσφορικά ιόντα, ένα φωσφορομολυβδαινικό σύμπλοκο που μπορεί να αναχθεί από ασκορβικό οξύ, από SnCl<sub>2</sub>, και από άλλα αναγωγικά αντιδραστήρια σε ένα «μπλε του μολυβδαινίου» χρώμα. Η ένταση του μπλε χρώματος ποικίλει ανάλογα με τη συγκέντρωση του P αλλά επηρεάζεται επίσης και από άλλους παράγοντες όπως η οξύτητα, τα αρσενικούχα και τα πυριτικά άλατα, και άλλα στοιχεία που επηρεάζουν το οξειδο-αναγωγικό περιβάλλον του συστήματος.



Η μέθοδος του Olsen χρησιμοποιείται κυρίως για εδάφη ασβεστούχα και για εδάφη που λιπάνθηκαν με φωσφορικό απατίτη αλλά δίνει αρκετά αξιόπιστα αποτελέσματα και σε όξινα εδάφη.

Ο προσδιορισμός του P κατά Olsen ακολουθεί δύο φάσεις, πρώτον την εκχύλιση με διάλυμα 0,5N NaHCO<sub>3</sub> και μετά τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης του P στο εκχύλισμα.

### **Μέθοδος – Αντιδραστήρια**

- Διάλυμα NaOH 5N: 40gr NaOH διαλύονται σε 800ml απεσταγμένου νερού και συμπληρώνεται μέχρι 1000ml.
- Διάλυμα NaHCO<sub>3</sub> 0,5N: 42gr NaHCO<sub>3</sub> διαλύονται σε 800ml απεσταγμένου νερού και συμπληρώνουμε μέχρις όγκου 1000ml. Ρυθμίζουμε το pH στο 8,5 με το διάλυμα NaOH 0,5N.
- Διάλυμα H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5N: Διαλύουμε 141ml π.H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 96% σε 800ml απεσταγμένου νερού και μετά από τη ψύξη του διαλύματος συμπληρώνουμε μέχρις όγκου 1000ml.
- Μολυβδαινικό αμμώνιο (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>·4H<sub>2</sub>O.
- Τρυγικό καλιοαντιμμώνιο KSbO·C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub>.
- Διάλυμα A: Διαλύουμε 6g (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>·4H<sub>2</sub>O σε 125ml απεσταγμένο νερό σε ποτήρι ζέσεως 500ml, καθώς και 0,145gr KSbO·C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub> με 50ml απεσταγμένο νερό σε ποτήρι ζέσεως 200ml. Μεταφέρουμε τα παραπάνω διαλύματα σε ογκομετρική φιάλη των 1000ml, προσθέτουμε 500ml διαλύματος H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5N και συμπληρώνουμε με νερό μέχρις όγκου 1000ml.
- Ασκορβικό οξύ (L(+)-Ascorbic acid).
- Διάλυμα B: Διαλύουμε 0,528gr ασκορβικό οξύ σε 100ml διαλύματος A (διατηρείται μόνο για 24 h).
- Δείκτης p-νιτροφαινόλη: Διαλύουμε 0,25gr p-νιτροφαινόλη σε 100ml απεσταγμένο νερό.
  - α) Stock I (1mgP/ml): Ζυγίζουμε 1,099gr KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (105oC για 1 ώρα) και τα διαλύουμε σε 250ml απεσταγμένο νερό. Προσθέτουμε 4ml πυκνό H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> και διατηρώ στο ψυγείο σε σκούρα φιάλη.
  - β) Stock II (100μgP/ml): Παίρνω 10ml από το Stock I σε ογκομετρική φιάλη των 100ml και συμπληρώνω με νερό μέχρι τη χαραγή.

γ)Πρότυπο διάλυμα P (1μgrP/ml): Παίρνω 5ml από το Stock II σε ογκομετρική φιάλη των 500ml και συμπληρώνω με νερό μέχρι τη χαραγή.

#### Βαθμονόμηση Φασματοφωτόμετρου - Κατασκευή της καμπύλης

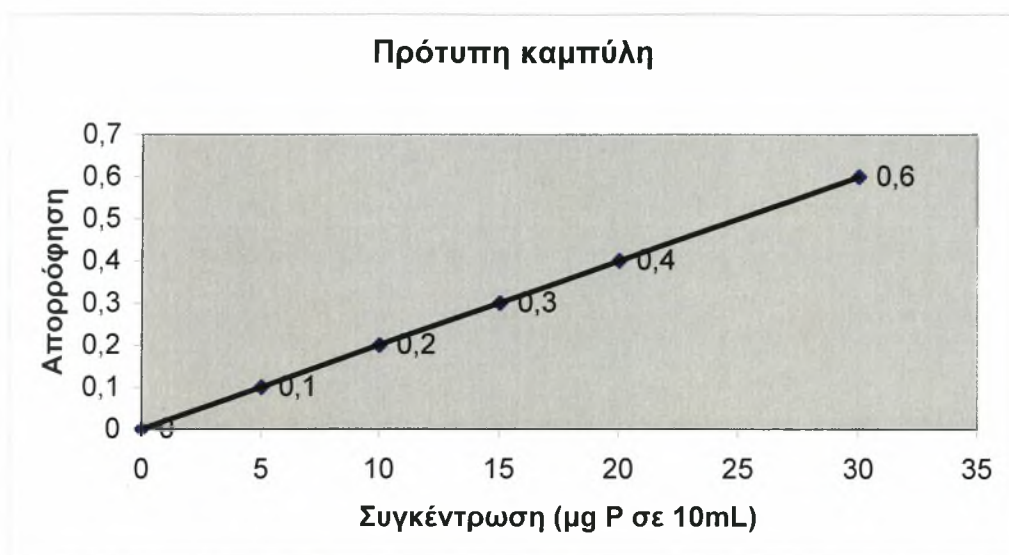
Κατ'αρχήν λαμβάνονται 10ml από το εκχυλιστικό διάλυμα  $\text{NaHCO}_3$  0,5N (pH=8,5) σε ποτήρι ζέσεως των 50ml. Προσθέτουμε μια σταγόνα δείκτη p-νιτροφαινόλη και το διάλυμα αποκτά κίτρινο χρώμα. Στη συνέχεια προσθέτουμε με προχοΐδα διάλυμα  $\text{H}_2\text{SO}_4$  5N και ταυτόχρονα μετράμε το pH του διαλύματος. Συνεχίζουμε τη προσθήκη του οξέος μέχρι το pH να πάρει την τιμή 5 οπότε και παρατηρείται αποχρωματισμός του διαλύματος. Σημειώνουμε πόσα ml οξέος απαιτήθηκαν για την οξίνιση του διαλύματος.

Σε 6 ογκομετρικές φιάλες των 50ml μεταφέρουμε με σιφώνιο 10ml από το εκχυλιστικό διάλυμα και αντίστοιχα 0, 5, 10, 15, 20 και 30ml διαλύματος standard και κατόπιν προσθέτουμε την ίδια ποσότητα διαλύματος  $\text{H}_2\text{SO}_4$  5N που σημειώσαμε, οπότε το pH του κάθε διαλύματος θα ισούται με 5. Προσθέτουμε απεσταγμένο νερό και το διάλυμα αφήνεται για 30 λεπτά. Στη συνέχεια προσθέτουμε σε κάθε φιάλη 8ml αντιδραστήριο B, συμπληρώνω μέχρι τη χαραγή με νερό, πωματίζω και ανακινώ. Μετά από παραμονή 45min μετράμε την απορρόφηση στο φασματοφωτόμετρο στα 720nm ή 880nm με κυψελίδα 1cm και συμπληρώνω τη τελευταία στήλη του πίνακα που ακολουθεί.

Standard	μgr P ανά 50ml	ppm P (μgr/ml)	ABS
0	0	0	
1	5	0,1	
2	10	0,2	
3	15	0,3	
4	20	0,4	
5	30	0,6	

Το φασματοφωτόμετρο μηδενίζεται με το Standard 0 δηλαδή με το 'τυφλό', ενώ τα υπόλοιπα πρότυπα μετριοούνται με τη αύξουσα σειρά τους.

Μετά από κάθε μέτρηση απορρόφησης προτύπου το όργανο μηδενίζεται εκ νέου με το 'τυφλό'. Τέλος, με τις δύο τελευταίες στήλες του πίνακα κατασκευάζω καμπύλη συγκέντρωσης-απορρόφησης βάση της οποίας θα υπολογίσω τη συγκέντρωση του P στα υπό μελέτη εδαφικά δείγματα



*Ενδεικτική καμπύλη βαθμονόμησης του φασματοφωτομέτρου για το φώσφορο.*

#### Εκχύλιση

Παράλληλα με τη κατασκευή της καμπύλης πραγματοποιείται και η διαδικασία της εκχύλισης. Ζυγίζουμε 5,0gr αεροξηραθέντος εδαφικού δείγματος και μαζί με 100ml διαλύματος  $\text{NaHCO}_3$  0,5N (pH=8,5) τοποθετούνται σε φιάλη ανακίνησης, οπότε και ανακινούμε για 30min. Διηθούμε το εκχύλισμα με ηθμό Whatman nr40. Εάν δεν έχουμε διαυγές διήθημα προσθέτουμε 1gr ενεργού άνθρακα, ανακινούμε αμέσως και επαναδιηθούμε (κυρίως σε οργανικά εδάφη).

Από το διήθημα λαμβάνουμε 10ml σε ογκομετρική φιάλη των 50ml. Προσθέτω λίγο απιονισμένο νερό. Μετά στη φιάλη προστίθεται διάλυμα  $\text{H}_2\text{SO}_4$  5N σε ποσότητα ίση με αυτή που υπολογίσαμε παραπάνω και το διάλυμα αφήνεται 30 λεπτά. Στη συνέχεια προσθέτω 8ml αντιδραστήριο B,

συμπληρώνω μέχρι τη χαραγή με νερό, πωματίζω και ανακινώ. Μετά από παραμονή 45min μετράμε την απορρόφηση στο φασματοφωτόμετρο στα 720nm ή 880nm με κυψελίδα 1cm. Οι μετρήσεις της απορρόφησης μέσω της καμπύλης που κατασκευάσαμε μας δίνουν μια τιμή συγκέντρωσης P. Αυτή η τιμή πολλαπλασιασμένη επί 100 (συντελεστής αραίωσης) μας δίνει την τελική τιμή του P κατά Olsen σε  $\mu\text{g}/\text{g}$  εδάφους.

- **Προσδιορισμός της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων**

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

Το όργανο είναι του κατασκευαστικού οίκου της Metrohm (Εικόνα 2.7) 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

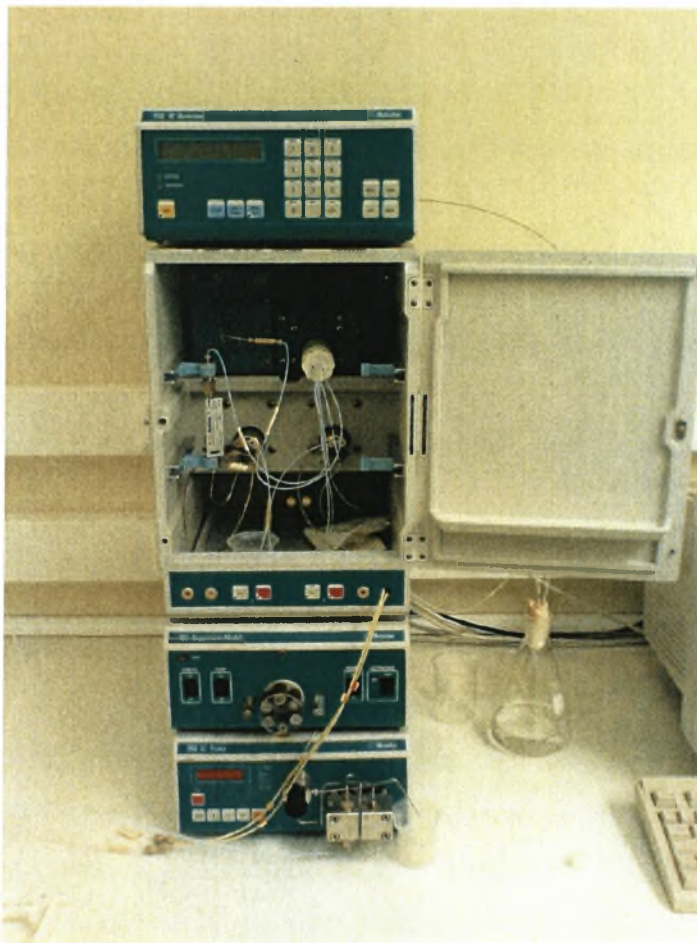
- Το βασικό θάλαμο, που περιέχει τις στήλες ιοντοανταλλαγής των ανιόντων, των κατιόντων και του σεληνίου.
- Τις αντλίες του ύδατος (753 Suppressor Module) και της κινητής φάσης (709 IC Pump)
- Τον ανιχνευτή αγωγιμόμετρο (732 IC Detector) .

Ο συγκεκριμένος ιοντικός χρωματογράφος μπορεί να προσδιορίσει συγκεντρώσεις με ακρίβεια της τάξης των  $\mu\text{g}/\text{g}$  (αναλογία στο

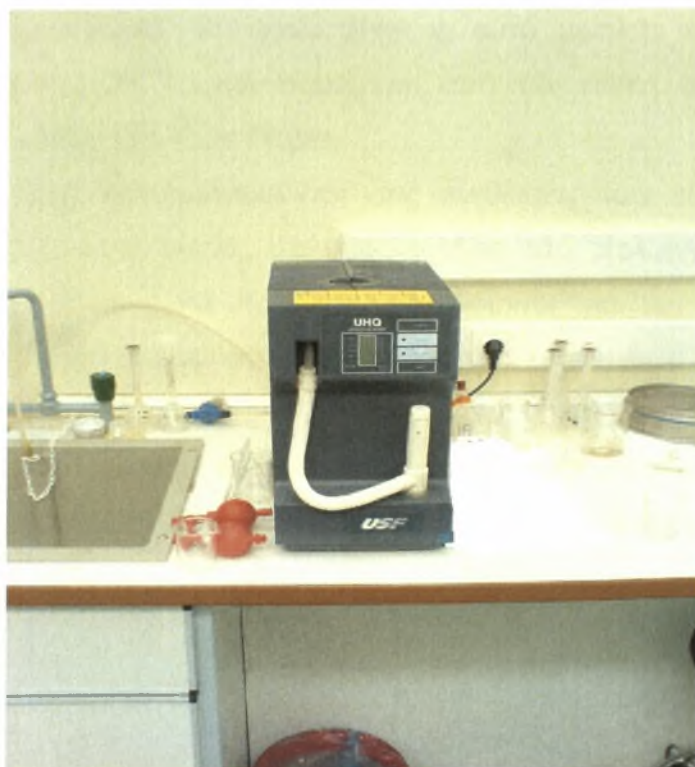


δισεκατομμύριο) τα εξής ιόντα: λίθιο, νάτριο, αμμώνιο, κάλιο, ασβέστιο, μαγνήσιο, φθόριο, βρώμιο, χλώριο, νιτρικά, νιτρώδη, φωσφορικά, θειικά καθώς επίσης και διάφορες μορφές του σεληνίου. Τα όρια ανίχνευσης για τα ανωτέρω στοιχεία είναι μεταξύ 10 και 30  $\mu\text{g L}^{-1}$ . Τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιούνται είναι υψηλής καθαρότητας χωρίς άλλες προσμίξεις. Το ύδωρ είναι κι αυτό υψηλής καθαρότητας και παράγεται από την ειδική συσκευή του εργαστηρίου (Εικόνα 2.8).

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 3.** Το όργανο της ιοντικής χρωματογραφίας του Εργαστηρίου Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας



**Εικόνα 4.** Συσκευή παραγωγής ύδατος υψηλής καθαρότητας

### **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 (>18MΩcm στους 25 °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).

## **Προσδιορισμός των Νιτρικών 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 προσθήλη 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 0,45μm .

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 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 θειικού οξέος, έτσι ώστε μετά από αυτή τη διαδικασία το εκλουστικό διάλυμα είχε ηλεκτρική αγωγιμότητα  $14 \mu\text{S cm}^{-1}$ .

- **Προσδιορισμός διαθέσιμων ποσοτήτων βαρέων μετάλλων**

#### **Αρχή της μεθόδου εκχύλισης**

Η μέθοδος των Lindsay and Norwell (1978), εφαρμόστηκε αρχικά για τη μελέτη της διαθεσιμότητας του σιδήρου στο έδαφος και κατόπιν



χρησιμοποιήθηκε για των προσδιορισμό των διαθέσιμων ποσοτήτων των μετάλλων Mn, Zn, Cu, Ni και Cd.

Η ποσότητα του σιδήρου η οποία είναι διαθέσιμη για τα φυτά μεταβάλλεται ανάμεσα σε μεγάλα όρια. Ελάχιστες ποσότητες σιδήρου παρατηρούνται σε εδάφη τα οποία περιέχουν περίσσεια ανθρακικού ασβεστίου, αλλά μερικές φορές είναι δυνατό να παρατηρηθούν μικρές ποσότητες σιδήρου και σε ουδέτερα ή ακόμη και σε όξινα εδάφη. Τα φυτά τα οποία μεγαλώνουν σε τέτοιου είδους εδάφη εμφανίζουν το φαινόμενο της χλώρωσης.

Μεγάλες συγκεντρώσεις σιδήρου εμφανίζονται σε ισχυρά όξινα εδάφη ή σε εδάφη τα οποία δεν έχουν ικανοποιητικές συνθήκες αερισμού. Σε αυτές τις συνθήκες υπάρχουν περιπτώσεις φυτών που εμφανίζουν τοξικά συμπτώματα.

Διάφορες μέθοδοι έχουν εφαρμοστεί με σκοπό να προσδιοριστεί η ποσότητα του διαθέσιμου σιδήρου στα εδάφη. Σε αρκετές εργασίες έχει γίνει προσπάθεια να προσδιοριστεί ο υδατοδιαλυτός σίδηρος, αλλά οι ποσότητες του σιδήρου που μπορούν να εκχυλιστούν μόνο με νερό είναι ελάχιστες έως μηδενικές. Η παρουσία αναγωγικών μέσων στο μέσο εκχύλισης, αυξάνει την ποσότητα του σιδήρου που εκχυλίζεται από το δείγμα.

Αρχικά χρησιμοποιήθηκε διάλυμα 0.5 % οξαλικού οξέος και το 1932 ο Morgan χρησιμοποίησε διάλυμα 0.2 % υδροξυ-κινόνης σε οξικό αμμώνιο, για το σκοπό αυτό. Αρκετοί ερευνητές χρησιμοποίησαν αραιά διαλύματα οξέων ή ρυθμιστικά διαλύματα χαμηλού pH ως εκχυλιστικά διαλύματα.

Το 1969 οι Purves και McKenzie χρησιμοποίησαν το οξικό νάτριο σε pH=4,8. Οι ίδιοι ερευνητές χρησιμοποίησαν επίσης διάλυμα 1 N οξικού αμμωνίου σε pH=4,8 αλλά και διάλυμα 1 N οξικού αμμωνίου σε pH=3.

Το 1969 οι Lindsay και Norvell εκχύλισαν Fe χρησιμοποιώντας EDDHA (αιθυλενοδιαμίνη δι-(ο-υδροξυ-φαινολοξικό οξύ)).

Το 1972 ο Norvell σύγκρινε την σταθερότητα των συμπλόκων του σιδήρου ως συνάρτηση του pH του εδάφους και διαπίστωσε ότι το σύμπλοκο Fe-EDDHA δεν ανταγωνίζεται από άλλα ιόντα σε εύρος pH από 4 έως 9. Η

συμπλοκοποίηση του σιδήρου από το αιθυλοδιαμίνιο-τετραοξικό-οξύ (EDTA) , κυκλο-εξανεδιαμίνιο-τετραοξικό οξύ (CDTA) και από το διαιθυλενο-τριάμινο-τριοξικό οξύ (DTPA) περιορίζεται σημαντικά από την παρουσία ασβεστίου σε  $\text{pH}=6-7$ .

Το 1978 οι Lindsay και Norvell κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το DTPA είναι το καταλληλότερο εκχυλιστικό μέσο και συγχρόνως επιτρέπει τον ταυτόχρονο προσδιορισμό των Zn, Fe, Mn και Cu.

Η συμπλοκοποίηση των ιόντων του τρισθενούς σιδήρου από το DTPA είναι μεγαλύτερη σε  $\text{pH}<7$ , αλλά έχει σημαντική τιμή και σε  $\text{pH}=7,3$ , που έχει και το εκχυλιστικό μέσο. Επειδή ο σίδηρος συνήθως απουσιάζει στα αλκαλικά εδάφη, το εκχυλιστικό μέσο έχει παρασκευαστεί με σκοπό να αποφεύγεται η υπερβολική διάλυση του ανθρακικού ασβεστίου κατά την απελευθέρωση του δεσμευμένου σιδήρου. Αυτό επιτεύχθηκε σταθεροποιώντας το  $\text{pH}$  σε ελάχιστα αλκαλική περιοχή στην οποία είναι διαλυτό το ασβέστιο. Η ύπαρξη του διαλύματος χλωριούχου ασβεστίου (0.02 M) επιτρέπει την επίτευξη ισορροπίας ανάμεσα στην ιοντική μορφή του ασβεστίου και του ανθρακικού ασβεστίου, του οποίου περιορίζει την διαλυτότητα. Το  $\text{pH}=7,3$  σταθεροποιείται με τη χρήση του TEA και ταυτόχρονα εμποδίζεται η διάλυση των συνυπαρχόντων βαρέων μετάλλων, η οποία αυξάνεται σε υψηλότερες τιμές  $\text{pH}$ . Το TEA (τριαιθανολαμίνη) χρησιμοποιείται επειδή έχει  $\text{pK}_a=7.8$  και επίσης επειδή καίγεται κατά τη διάρκεια της ανάλυσης με Ατομική Απορρόφηση.

Στο εκχυλιστικό μέσο το DTPA δεσμεύεται από το ασβέστιο. Στην τιμή  $\text{pH}=7,3$  περίπου τα τρία τέταρτα του TEA βρίσκονται σε κατάσταση ιονισμού.

Με την προσθήκη του εκχυλιστικού στα εδάφη, ελευθερώνεται στο διάλυμα μεγάλο ποσοστό των ιόντων Ca και Mg γιατί η ιονισμένη μορφή του TEA ανταλλάσσεται με τα ιόντα Ca και Mg που βρίσκονται σε θέσεις ιονανταλλαγής.

Αυτό το φαινόμενο της ιονανταλλαγής, συνήθως αυξάνει την συγκέντρωση του ιονικού ασβεστίου κατά 2 ή 3 φορές και ελαττώνει τη διάλυση του  $\text{CaCO}_3$  στα αλκαλικά εδάφη.

Η επιλογή του DTPA έγινε με βάση το γεγονός ότι γίνεται, όπως αναφέρθηκε, εκλεκτικά ταυτόχρονα συμπλοκοποίηση Fe, Mn, Zn και Cu.

Παρόλα αυτά διαπιστώθηκε ότι οι σταθερές σταθερότητας για το Ni και το Cd είναι εξίσου ικανοποιητικές και για τα στοιχεία αυτά.

### **Παρασκευή εκχυλιστικού διαλύματος DTPA**

**DTPA εκχυλιστικό διάλυμα:** 0,005 M DTPA, 0,01 M CaCl<sub>2</sub> και 0,1 M TEA, το οποίο σταθεροποιήθηκε σε τιμή pH=7,3 με HCl.

Για την παρασκευή 1L του διαλύματος αυτού διαλύθηκαν 14,92 g του αντιδραστηρίου TEA, 1,967 g του αντιδραστηρίου DTPA και 1,47 g CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O σε 900 mL αποσταγμένου ύδατος.

Στο διάλυμα που προέκυψε με αυτόν τον τρόπο προστέθηκε ποσότητα διαλύματος HCl 1N έτσι ώστε το pH να σταθεροποιηθεί στην τιμή 7,3 ± 0,05.

Το διάλυμα που προέκυψε, μεταφέρθηκε σε ογκομετρική φιάλη των 1000 mL η οποία συμπληρώθηκε με αποσταγμένο ύδωρ μέχρι τη χαραγή. Πριν τη χρησιμοποίηση του διαλύματος αυτού έγινε έλεγχος για την τιμή του pH και τη σταθεροποίηση της τιμής του σε 7,3 ± 0,05.

### **Πρότυπα διαλύματα μετάλλων 1000 mg L<sup>-1</sup>.**

Παρασκευάστηκαν με διάλυση του περιεχομένου της αντίστοιχης αμπούλας (1g) σε ογκομετρική φιάλη των 1000mL και συμπλήρωση μέχρι τη χαραγή με διάλυμα HNO<sub>3</sub> 1% κ.ο

### **Μέθοδος**

Σε κωνική φιάλη των 125mL προστέθηκαν 10g αεροξηραθέντος εδάφους. Κατόπιν προστέθηκαν 20mL διαλύματος DTPA. Πραγματοποιήθηκε ανακίνηση για 2 ώρες με τη βοήθεια μηχανικού αναδευτήρα. Κατόπιν ακολούθησε διήθηση με ηθμό Whatmann No 42. Παράλληλα γινόταν και τυφλός προσδιορισμός σε διάλυμα το οποίο περιείχει όλα τα αντιδραστήρια εκτός από τα 10g εδάφους.

Για την κατασκευή των πρότυπων καμπυλών και στην συνέχεια για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης των μεταλλικών στοιχείων, χρησιμοποιήθηκαν διαλύματα τα οποία παρασκευάστηκαν σε ογκομετρικές φιάλες των 100 mL μεταφέροντας τις κατάλληλες ποσότητες

των πρότυπων διαλυμάτων και συμπληρώνοντας μέχρι τη χαραγή της ογκομετρικής φιάλης με το εκχυλιστικό διάλυμα DTPA.

Όλα τα σκεύη τα οποία έρχονται σε επαφή με το εκχυλιστικό μέσο ή με το έδαφος ή με το διήθημα, ξεπλένονται με διάλυμα  $\text{HNO}_3$  1:1, με άφθονο αποσταγμένο ύδωρ και με διάλυμα  $\text{HNO}_3$  1% κ.ο.

Τα εκχυλίσματα του εδάφους που δεν αναλύθηκαν μέσα σε 2-3 μέρες τοποθετήθηκαν σε ψυγείο, έτσι ώστε να παρεμποδιστεί η μικροβιακή δραστηριότητα.

### Υπολογισμοί

Υπολογίζεται σε  $\text{mg kg}^{-1}$  ξηρού εδάφους η συγκέντρωση των μεταλλικών στοιχείων, λαμβάνοντας υπόψη τις αραιώσεις που πραγματοποιήθηκαν στα εκχυλίσματα των δειγμάτων εδάφους.

Για την συγκέντρωση του μετάλλου (M) στο αεροξηραθέν έδαφος ισχύει ο παρακάτω τύπος :

$$\begin{array}{l} (\text{mg M L}^{-1} \text{ στο εκχύλισμα του δείγματος} - \text{mg M L}^{-1} \text{ στο τυφλό} \\ \text{διάλυμα}) \\ 20 \times \frac{\text{-----}}{\text{εδάφους}} = \text{mgMkg}^{-1} \end{array}$$

10

### Γενικές παρατηρήσεις για τους υπολογισμούς.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων είναι δυνατό να εκφράζονται ως  $\text{mg k}^{-1}$  εδάφους, το οποίο ισοδυναμεί με ppm και ισούται με το διπλάσιο της συγκέντρωσης του διηθήματος. Μερικές φορές είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί η αντιστοιχία ανάμεσα στη μάζα και στον όγκο του εδάφους : έτσι τα 10 g εδάφους ισοδυναμούν με  $8,5 \text{ cm}^3$  εδάφους.

Για ένα τυπικό ιλυσπυλώδες έδαφος με 2,5% οργανική ουσία, το οποίο μπορεί να περάσει από κόσκινο 10mesh, έχει πυκνότητα  $1,18 \text{ g mL}^{-1}$ , σε σχέση με την τιμή  $1,32 \text{ g mL}^{-1}$  που παρουσιάζει ένα αδιατάραχτο δείγμα εδάφους.

Στις περισσότερες περιπτώσεις τα αποτελέσματα εκφράζονται σε μονάδες μάζας ξηρού εδάφους και γιαυτό είναι απαραίτητο να είναι γνωστή η υγρασία των εδαφικών δειγμάτων.

Ο παραπάνω τύπος όταν είναι γνωστή η υγρασία του εδάφους μετασχηματίζεται ως εξής:

$$20 \times \frac{(\text{mg M L}^{-1} \text{ στο εκχύλισμα του δείγματος} - \text{mg M L}^{-1} \text{ στο τυφλό διάλυμα})}{\text{ξ.ε. εδ}} = \text{mg M kg}^{-1}$$

10-10χυγρασία/100

- **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 παρεμποδίσεις των ποικίλων συστατικών των δειγμάτων.

## **5.2 ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΦΥΤΙΚΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ** **(ΦΥΛΛΟΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΗ)**

- **Μέθοδοι Προσδιορισμού Βαρέων Μετάλλων σε Φυτικούς Ιστούς**

Καθαρισμός σκευών

Για τις αναλύσεις των φυτικών ιστών χρησιμοποιήθηκαν πλαστικά σκεύη από πολυαιθυλένιο ή πολυπροπυλένιο. Σε αρκετές περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκαν γυάλινα σκεύη για την παρασκευή προτύπων διαλυμάτων με γυαλί ανώτερης ποιότητας (class A). Τα διαλύματα στις γυάλινες φιάλες παρέμεναν για χρονικό διάστημα μικρότερο του ενός μήνα. Όλα τα σκεύη που χρησιμοποιήθηκαν στις αναλύσεις καθαρίζονταν με μεγάλη επιμέλεια με τη χρήση πυκνών οξέων, όπως θειικό και χρωμοθειικό (με ισχυρή οξειδωτική και διαβρωτική δράση) και στη συνέχεια ξεπλένονταν με αποσταγμένο νερό.

**Παρασκευή διαλύματος χρωμοθειικού οξέος**

Σε 100 mL αποσταγμένου νερού διαλύθηκαν 15 g  $K_2Cr_2O_7$ . Στο διάλυμα αυτό προστέθηκε με συνεχή ανάδευση διπλάσιος όγκος πυκνού θειικού οξέος (του εμπορίου). Το διάλυμα διατηρήθηκε σε καλά πωματισμένη φιάλη (συνήθως πλαστική).

### **Τρόπος καθαρισμού των σκευών**

Σε κάθε σκεύος προστίθεται με προσοχή μικρή ποσότητα χρωμοθειικού οξέος. Κατόπιν το οξύ απομακρύνεται και το σκεύος πλένεται με διάλυμα απορρυπαντικού και ξεπλένεται με αποσταγμένο νερό.

Όλα τα σκεύη τα οποία χρησιμοποιούνται για ανάλυση των ιχνοστοιχείων δεν πρέπει να έχουν μεταλλικές επιφάνειες. Κυρίως χρησιμοποιούνται γουδιά από πορσελάνη, πλαστικά κόσκινα, πυριαντήρια με ανοξειδωτή επένδυση και μύλοι άλεσης με πλαστικά δοχεία και σφαιρίδια από κορούνδιο, λαβίδες ανοξειδωτες ή πλαστικές.

### **Προετοιμασία των φυτικών δειγμάτων για ανάλυση**

#### **Διακρίνονται τα εξής στάδια**

- Πλύσιμο δειγμάτων
- Ξήρανση δειγμάτων
- Άλεση δειγμάτων
- Διατήρηση δειγμάτων

#### **Πλύσιμο των δειγμάτων**

Το πλύσιμο πραγματοποιήθηκε σε δύο φάσεις μέσα σε πλαστικά δοχεία από πολυαιθυλένιο ή πολυπροπυλένιο. Στην πρώτη φάση, τα δοχεία γέμισαν με 0,1 N HCl μαζί με 0,1% υποκατάστατο σαπουνιού. Το πλύσιμο έγινε με μικρή ένταση και διάρκεια μικρότερη από 30 λεπτά, για να μην υπάρχουν απώλειες θρεπτικών στοιχείων. Στη συνέχεια τα φύλλα ξεπλήθηκαν καλά με αποσταγμένο νερό. Τέλος, τα φύλλα τοποθετήθηκαν σε πλαστικό κόσκινο, ώστε να στραγγίσουν.

#### **Ξήρανση**

Τα φύλλα απλώθηκαν για δύο ώρες σε διηθητικό χαρτί για να στεγνώσουν. Κατόπιν, τοποθετήθηκαν σε χάρτινες σακούλες και ξηράθηκαν σε πυριαντήριο σε ρεύμα αέρα στους 75°C για 24-48 ώρες. Καλή ξήρανση των φύλλων έχει επιτευχθεί όταν αυτά τρίβονται.

## **Άλεση**

Η άλεση των φύλλων πραγματοποιήθηκε με ειδικό μύλο Wiley. Ο χώρος άλεσης είναι από ανοξείδωτο υλικό. Ακολούθησε κοσκίνισμα της φυτικής ύλης με πλαστικά κόσκινα.

## **Διατήρηση δειγμάτων**

Τα φυτικά δείγματα μετά την άλεσή τους τοποθετήθηκαν μέσα σε πλαστικά δοχεία, τα οποία αφού παρέμειναν κλειστά μπορούσαν να διατηρηθούν μέχρι και έξι μήνες για τις αναλύσεις όλων των στοιχείων. Τα πλαστικά δοχεία με τα αλεσθέντα δείγματα διατηρήθηκαν σε ξηρό χώρο.

## **Εκχύλιση - πέψη φυτικών δειγμάτων**

### **Όργανα – Αντιδραστήρια**

- Πυρίμαχος φούρνος
- Θερμαινόμενη πλάκα
- Απαγωγός
- Ογκομετρικές φιάλες των 25 και 50mL
- Διηθητικό χαρτί Whatmann No 42 και χωνιά διήθησης.
- Χωνευτήρια πορσελάνης διαμέτρου 35 mm.
- Διάλυμα HCl συγκέντρωσης 12,0 M και πυκνότητας  $\rho=1,19 \text{ g mL}^{-1}$ .
- Διάλυμα HNO<sub>3</sub> συγκέντρωσης 15, 8 M και πυκνότητας  $\rho=1,42 \text{ g mL}^{-1}$ .
- Διάλυμα HNO<sub>3</sub> συγκέντρωσης 5 M.

**Προσδιορισμός της συγκέντρωσης των βαρέων μετάλλων με τη μέθοδο της ξηρής καύσης (dry ashing prosedure) (Jones and Case, 1990)**

### **Αρχή μεθόδου**

Η αρχή της μεθόδου στηρίζεται στην αποτέφρωση του αλεσμένου φυτικού δείγματος στον πυρίμαχο φούρνο στους 520°C για 12 ώρες, μέσα σε χωνευτήρι από πορσελάνη. Ακολουθεί προσθήκη διαλύματος HCL 6N και



δίηθηση. Στο διήθημα γίνεται προσδιορισμός της συγκέντρωσης των βαρέων μετάλλων.

### **Μέθοδος**

Μέσα σε χωνευτήριο από πορσελάνη ζυγίστηκε 1 g τριμμένου δείγματος. Κατόπιν, το χωνευτήριο τοποθετήθηκε για 12-24 ώρες στο φούρνο στους 520<sup>0</sup>C. Μετά την συμπλήρωση του χρόνου καύσης του φυτικού δείγματος, απομακρύνθηκε το χωνευτήριο από το φούρνο και προστέθηκε ελάχιστο αποσταγμένο νερό για να εμποδιστεί η διαφυγή της φυτικής ύλης που βρισκόταν με τη μορφή σκόνης. Κατόπιν, το χωνευτήριο μεταφέρθηκε στον απαγωγό και προστέθηκε 5mL διαλύματος 2N HCl. Ακολούθησε διήθηση σε ογκομετρικές φιάλες των 100 mL με ηθμό SS (N589<sup>0</sup>, 125mm ashless-blue ribbon) και ξέπλυμα κάθε χωνευτηρίου δύο φορές με αποσταγμένο νερό. Κατόπιν οι ηθμοί διπλώνονταν και μεταφέρονταν στα αντίστοιχα χωνευτήρια, τα οποία τοποθετήθηκαν στο πυριαντήριο στους 105<sup>0</sup> C για 24 ώρες. Επαναλήφθηκαν οι διαδικασίες της πρώτης καύσης (ελάχιστο αποσταγμένο νερό, υδροχλωρικό οξύ) και ακολούθησε διήθηση με καινούργιο ηθμό στις ίδιες φιάλες ξεπλένοντας καλά τα χωνευτήρια με αποσταγμένο νερό.

Τέλος, οι ογκομετρικές φιάλες συμπληρώθηκαν με νερό μέχρι τη χαραγή και μεταφέρθηκε το περιεχόμενό τους σε πλαστικά φιαλίδια των 100 mL (από πολυαιθυλένιο ή από πολυπροπυλένιο). Το εκχύλισμα αυτό χρησιμοποιείται για όλες τις αναλύσεις.

## 6.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Για καθένα από τα χωριά της μελέτης συνοψίζονται τα περιγραφικά χαρακτηριστικά των στοιχείων που μετρήθηκαν και επίσης οι συσχετίσεις μεταξύ των παραμέτρων.

### ΑΡΜΕΝΙΟ

Ο αριθμός των δειγμάτων που συλλέχθηκαν ήταν 88.

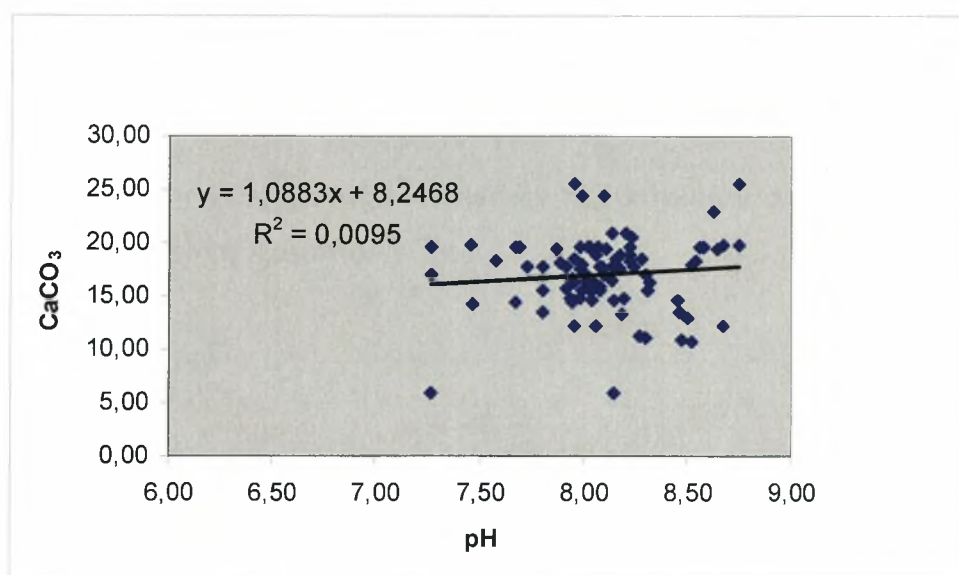
**Πίνακας 1. Οι φυσικοχημικές ιδιότητες (min, max, mean) των εδαφών στη περιοχή Αρμένιο.**

	pH	Οργανική ουσία	CaCO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub> (mg/kg)	NO <sub>3</sub> (mg/kg)	Cd (mg/kg) Ξ.Ο.
min	7,26	0,00	5,90	0,26	5,00	11,00
max	8,75	3,09	25,10	13,00	62,54	54,00
mean	8,09	1,02	17,08	3,35	19,98	21,28

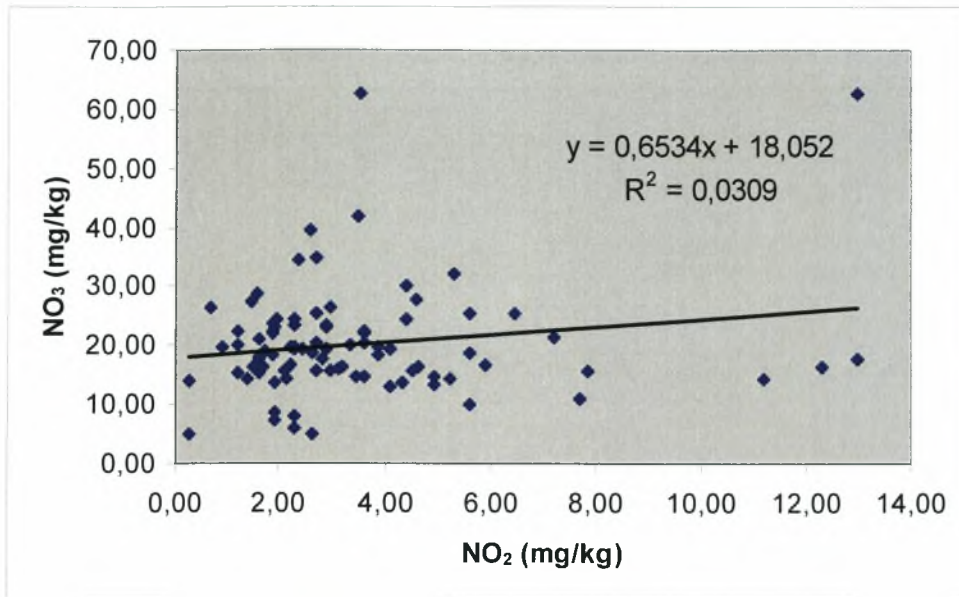
**Πίνακας 2. Οι μετρήσεις στα φυτικά δείγματα του βαμβακιού στη περιοχή Αρμένιο.**

	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Cd (mg/kg) Ξ.Ο.
min	1,89	0,23	0,96	1,46	0,10	25,30
max	5,60	0,78	1,88	3,70	0,88	102,60
mean	3,62	0,47	1,38	2,72	0,42	46,81

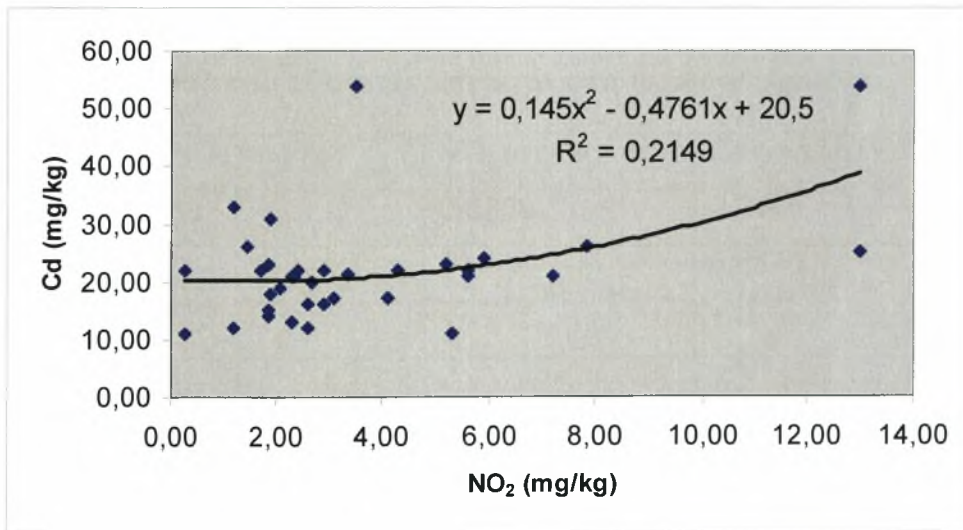
Η ποσότητα των 50 ppm  $\text{NO}_3$  σε ένα δείγμα εδάφους μπορεί να θεωρηθεί επικεικής. Σε 100 δείγματα από την περιοχή του Αρμενίου μόνο 1 δείγμα είχε  $[\text{NO}_3^-] > 50$  ppm ενώ τα υπόλοιπα είχαν  $[\text{NO}_3^-] < 50$  ppm.



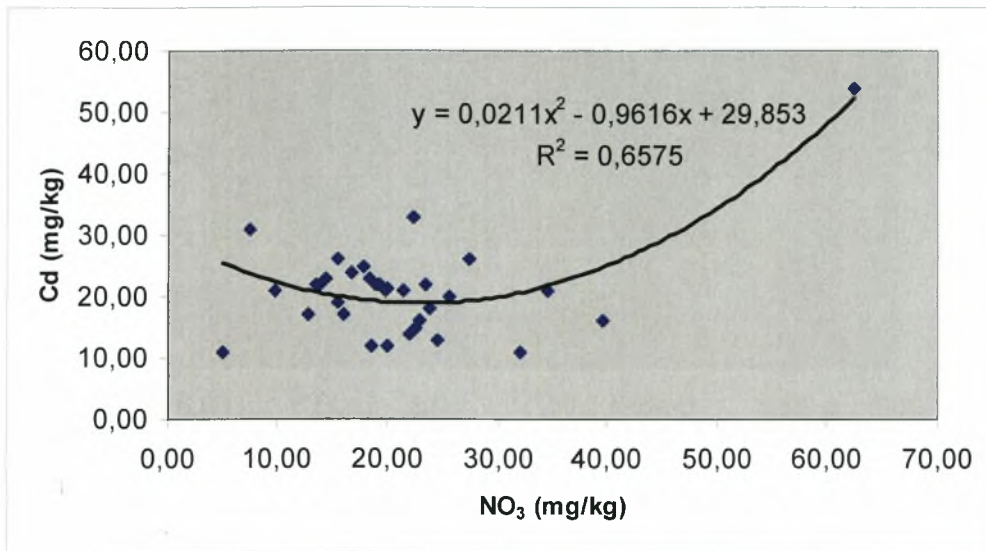
**Διάγραμμα 1.1.** Η μεταβολή του pH σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα σε  $\text{CaCO}_3$  στα εδάφη της περιοχής Αρμενίου.



**Διάγραμμα 1.2.** Η σχέση μεταξύ νιτρωδών και νιτρικών στα εδαφικά δείγματα στη περιοχή Αρμένιο.



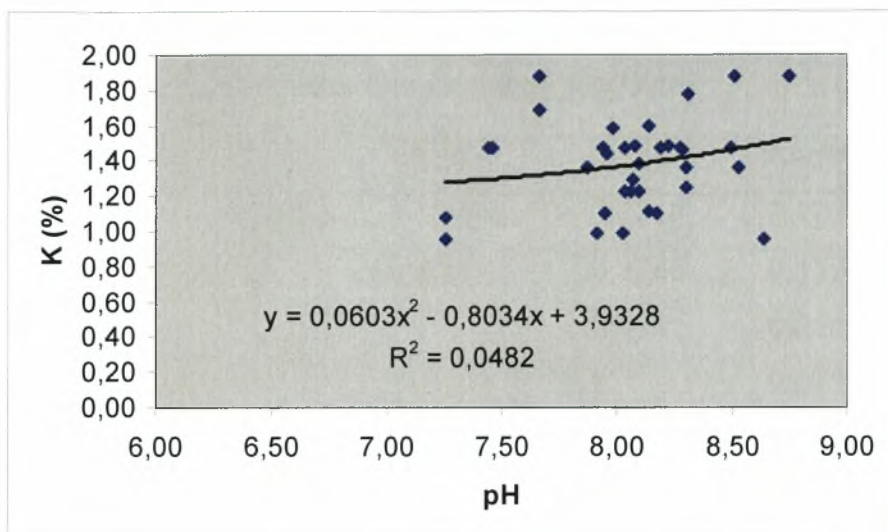
**Διάγραμμα 1.3.** Η σχέση μεταξύ νιτρωδών και καδμίου στα εδαφικά δείγματα στη περιοχή Αρμένιο.



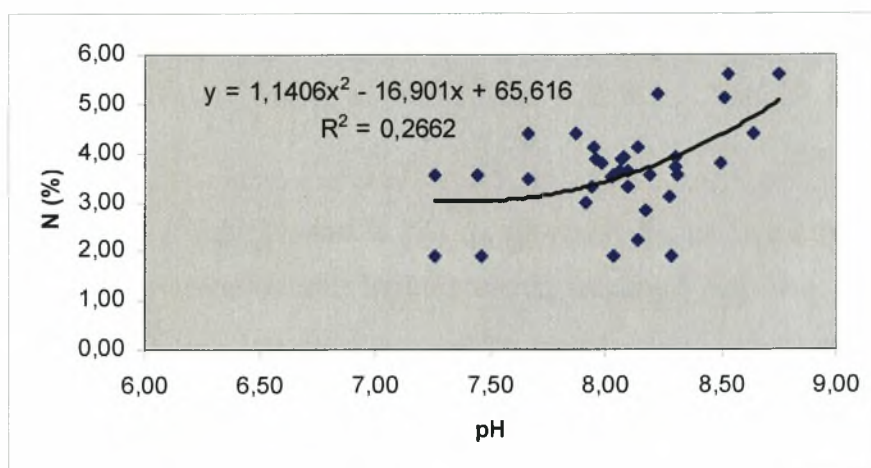
**Διάγραμμα 1.4.** Η σχέση μεταξύ νιτρικών και καδμίου στα εδαφικά δείγματα στη περιοχή Αρμένιο.

**Πίνακας 3.** Συγκεντρωμένοι οι τιμές του  $R^2$  μεταξύ νιτρικών, νιτρικών και καδμίου στα εδαφικά δείγματα στη περιοχή Αρμένιο.

	NO <sub>2</sub> (mg/kg)	NO <sub>3</sub> (mg/kg)	Cd (mg/kg) Ξ.Ο.
NO <sub>2</sub> (mg/kg)	1	0,0309	0,2149
NO <sub>3</sub> (mg/kg)		1	0,6575
Cd (mg/kg) Ξ.Ο.			1



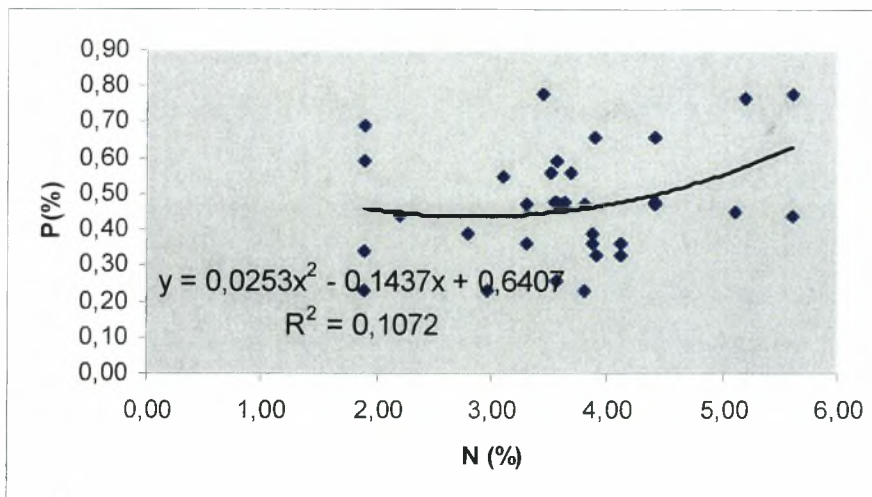
**Διάγραμμα 1.5** Η μεταβολή του pH σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα του K της περιοχής Αρμενίου.



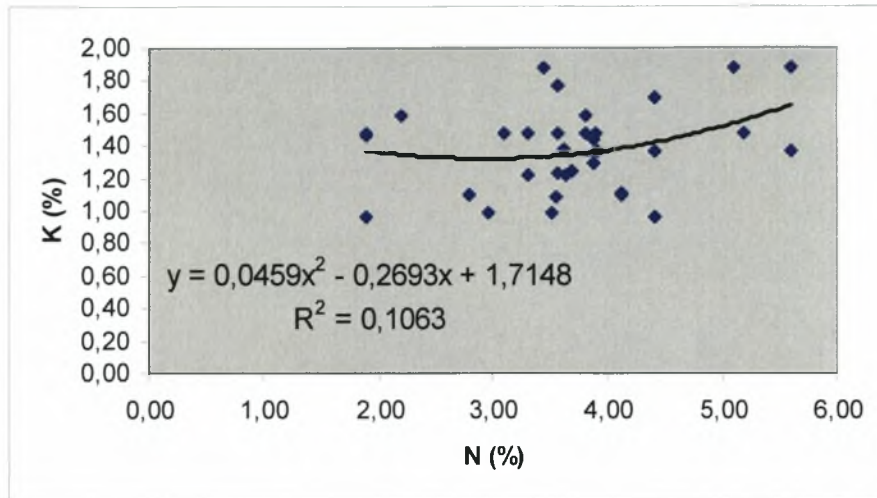
**Διάγραμμα 1.6.** Η μεταβολή του pH σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα σε N στη περιοχή Αρμένιο.

Πίνακας 4. Συγκεντρωμένες οι τιμές του  $R^2$  μεταξύ των διαφόρων μετρήσεων στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Αρμένιο.

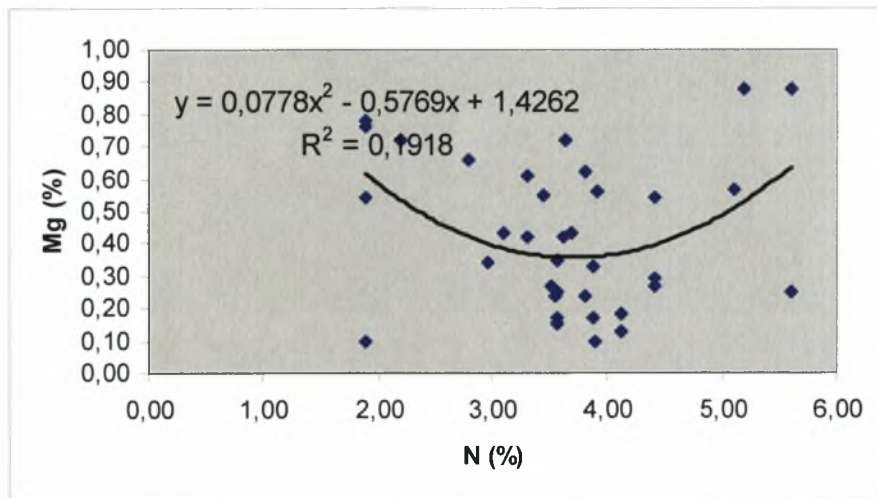
	N (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)	Ca (%)
N (%)	1	0,1072	0,1063	0,1918	0,1734
P (%)		1	0,17	0,1768	0,1175
K (%)			1	0,0731	0,0183
Mg 9%)				1	0,0718



Διάγραμμα 1.7. Η μεταβολή του N (%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα P στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Αρμένιο.

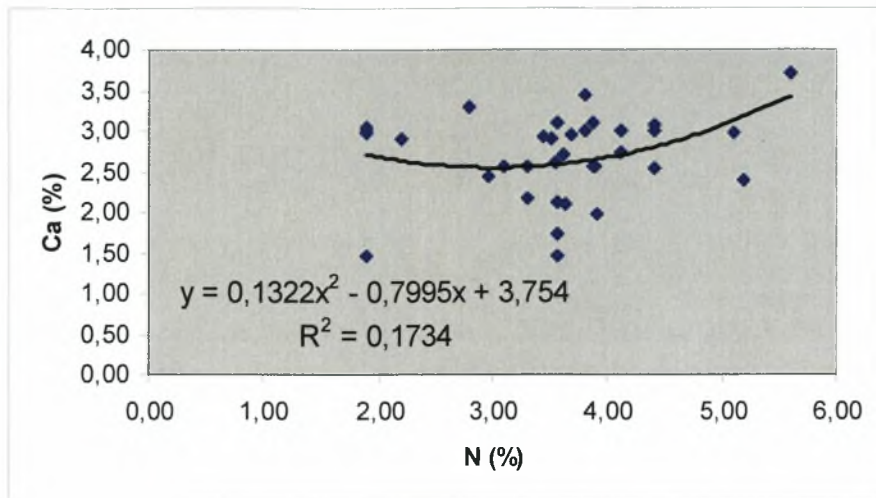


**Διάγραμμα 1.8.** Η μεταβολή του N (%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα Κ στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Αρμένιο.

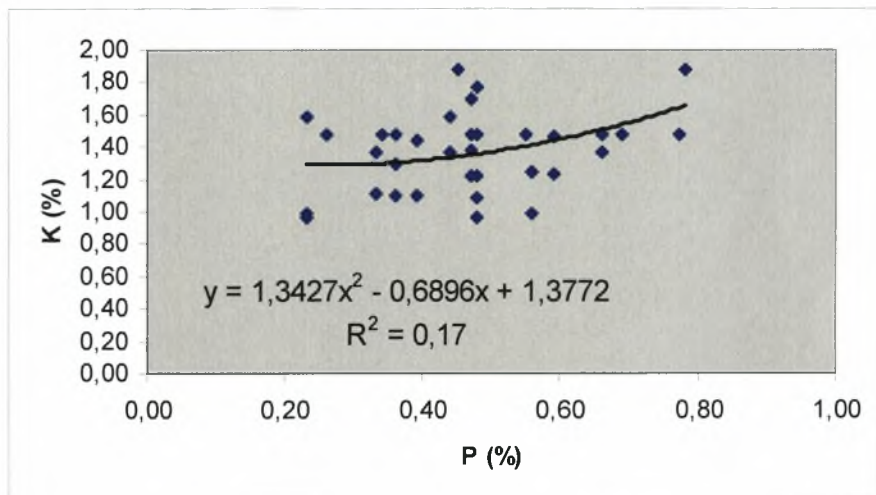


**Διάγραμμα 1.9.** Η μεταβολή του N (%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα Mg στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Αρμένιο.

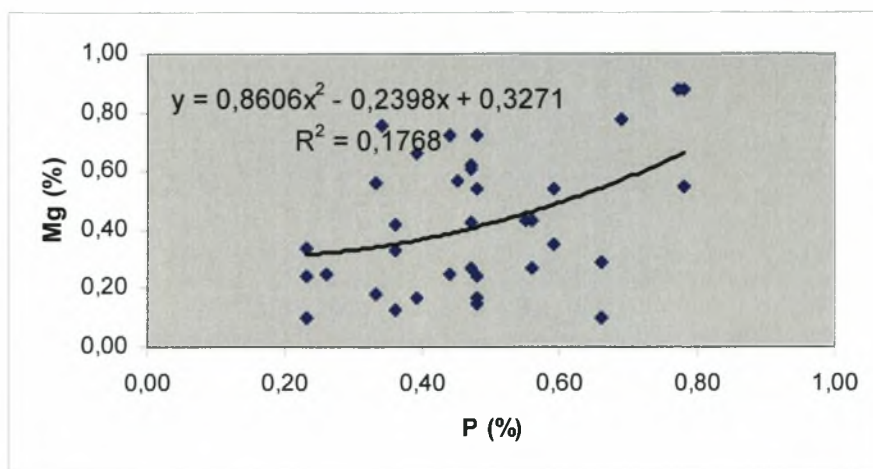




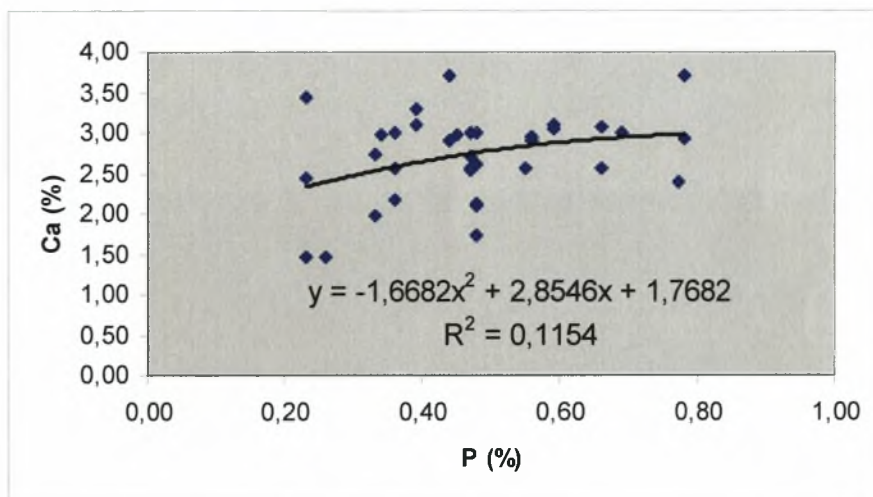
**Διάγραμμα 1.10.** Η μεταβολή του N (%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα Ca στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Αρμένιο.



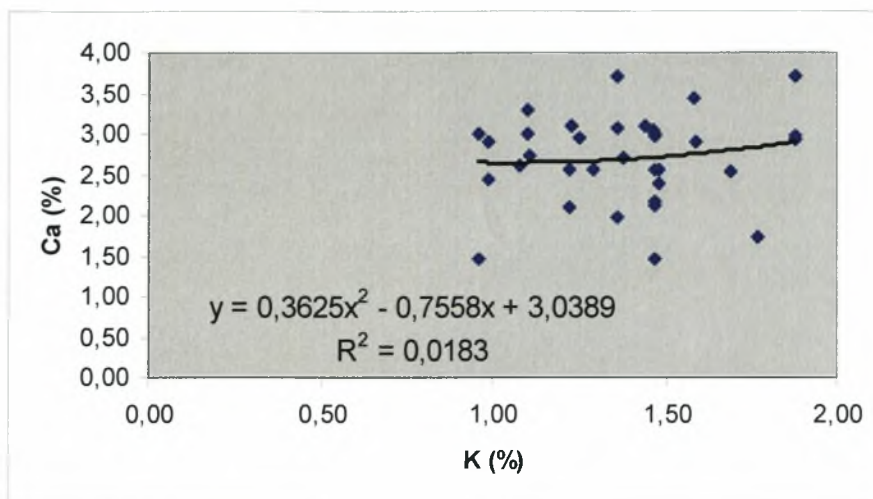
**Διάγραμμα 1.11.** Η μεταβολή του P (%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα K στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Αρμένιο.



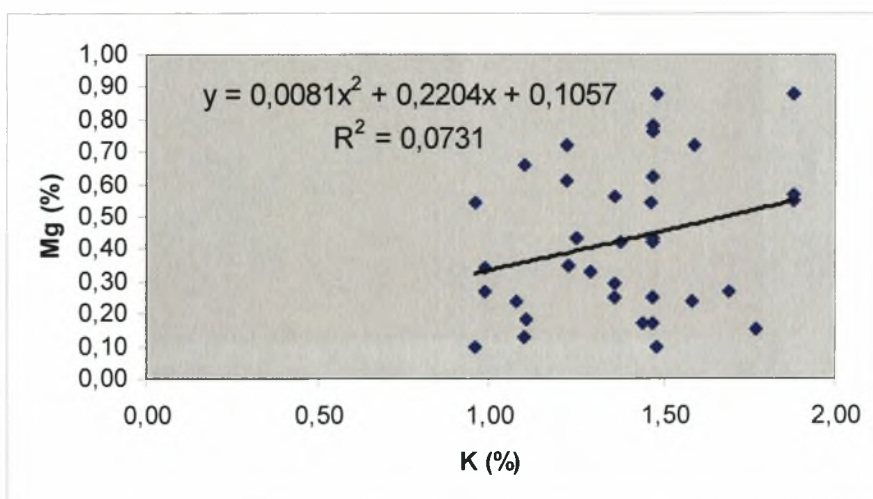
**Διάγραμμα 1.12.** Η μεταβολή του P (%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα Mg στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Αρμένιο.



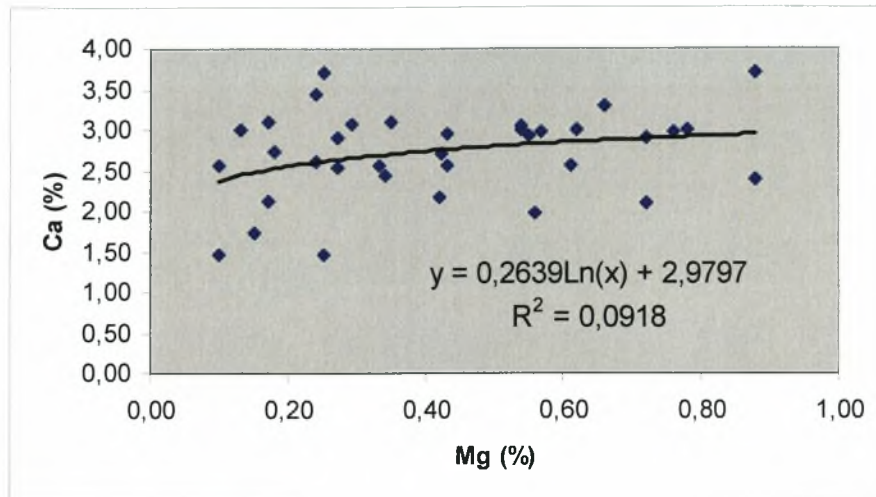
**Διάγραμμα 1.13.** Η μεταβολή του P (%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα Ca στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Αρμένιο.



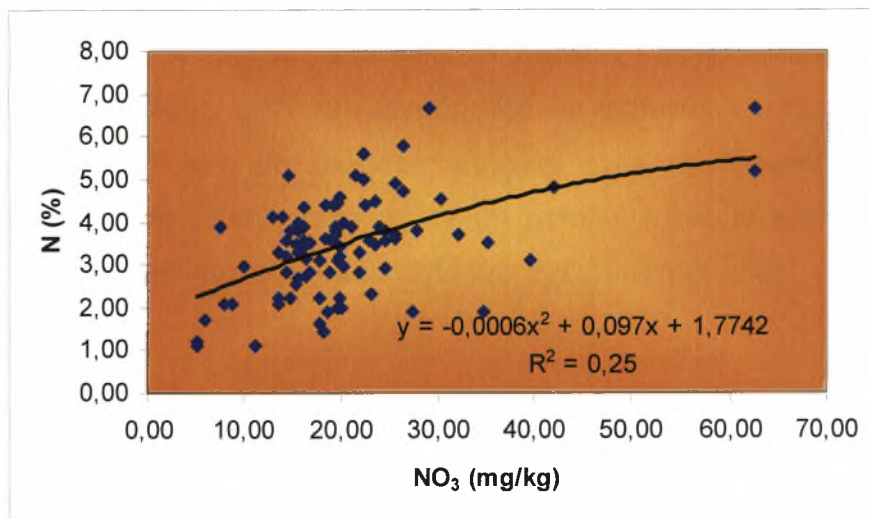
**Διάγραμμα 1.14.** Η μεταβολή του Κ (%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα Ca στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Αρμένιο.



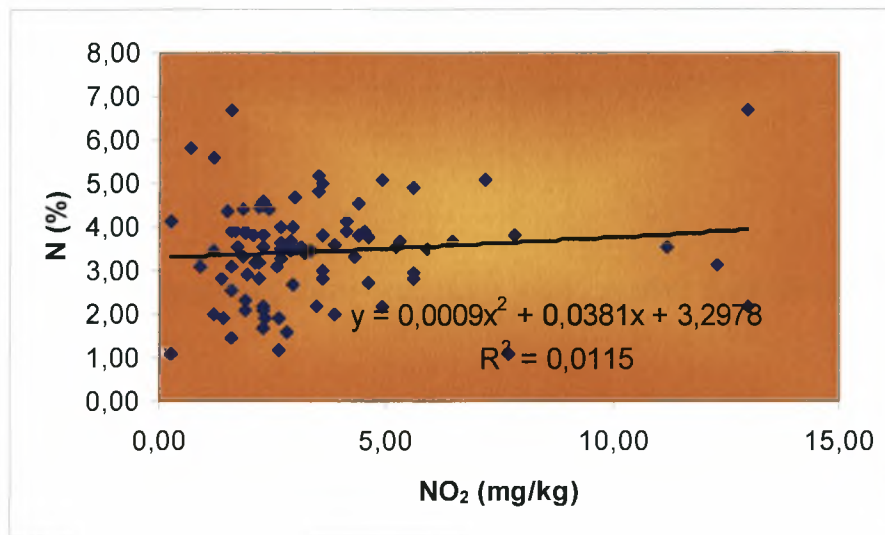
**Διάγραμμα 1.15.** Η μεταβολή του Κ (%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα Mg στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Αρμένιο.



**Διάγραμμα 1.16.** Η μεταβολή του Mg(%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα Ca στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Αρμένιο.



**Διάγραμμα 1.17.** Η σχέση μεταξύ νιτρικών ιόντων του εδάφους με την επί τοις % περιεκτικότητα σε N στη περιοχή Αρμένιο.



**Διάγραμμα 1.18.** Η σχέση μεταξύ νιτρωδών στα εδαφικά δείγματα με την επί τοις %περιεκτικότητα σε N στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Αρμένιο.

**Συμπερασματικά**, στο χωριό Αρμένιο παρατηρήθηκε ότι τα εδάφη είναι ελαφρώς αλκαλικά με  $pH \sim 8,00$ , φτωχά σε οργανική ουσία ( $\sim 1,02$ ), με υψηλή % περιεκτικότητα σε  $CaCO_3$ . Επίσης, από τα διαγράμματα δε φαίνεται να υπάρχει σχέση που να συνδέει μεταξύ τους τα διάφορα στοιχεία από τις εδαφικές αναλύσεις και τη φυλλοδιαγνωστική εκτός από τη σχέση μεταξύ νιτρικών ιόντων και καδμίου στα εδαφικά δείγματα που φάνηκε να υπάρχει σχέση μεταξύ τους.

## **ΝΙΚΗ**

Ο αριθμός των εδαφικών δειγμάτων που συλλέχθηκαν είναι 71.

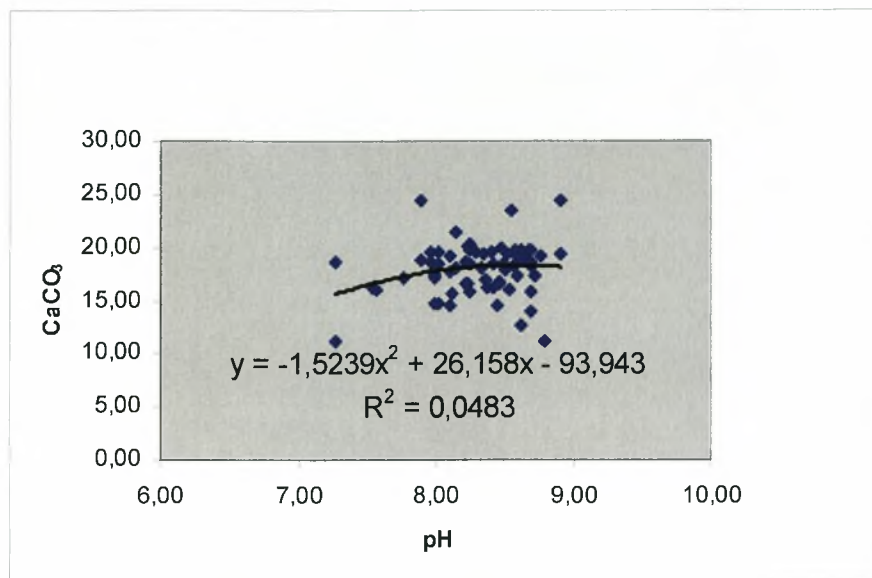
**Πίνακας 5. Οι φυσικοχημικές ιδιότητες (min, max, mean) των εδαφών στη περιοχή της Νίκης.**

	pH	Οργανική ουσία	CaCO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub> (mg/kg)	NO <sub>3</sub> (mg/kg)	Cd (mg/kg)Ξ.Ο.
min	7,25	0,38	11,25	1,25	10,30	12,00
max	8,90	3,24	24,50	16,00	42,00	56,00
mean	8,33	1,42	18,02	3,20	19,25	23,54

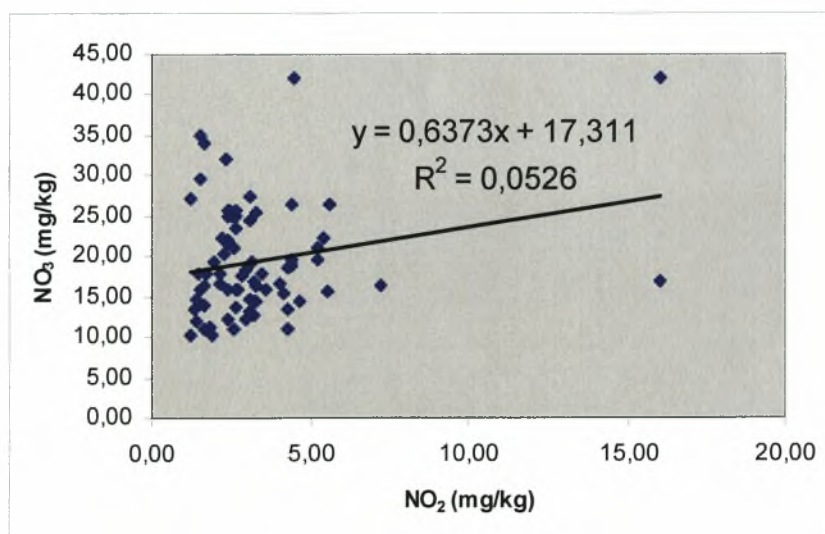
**Πίνακας 6. Οι μετρήσεις στα φυτικά δείγματα (min, max, mean) στη περιοχή Νίκη.**

	N (%)	P(%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Cd (mg/kg)Ξ.Ο.
Min	1,78	0,23	0,91	1,99	0,11	22,28
Max	5,60	0,95	2,20	3,30	0,46	106,4
mean	3,60	5,60	1,44	2,88	0,26	44,72

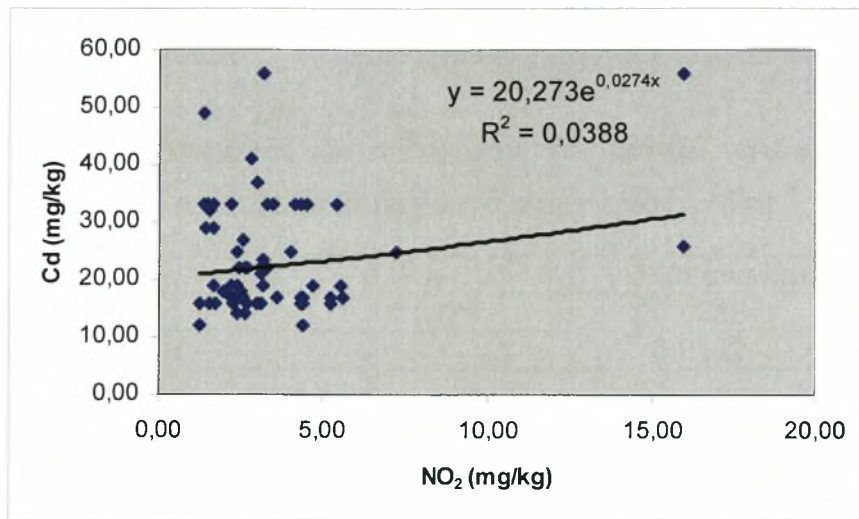
Στη περιοχή της Νίκης το σύνολο των δειγμάτων εδάφους είχαν [NO<sub>3</sub><sup>-</sup>] < 50 ppm.



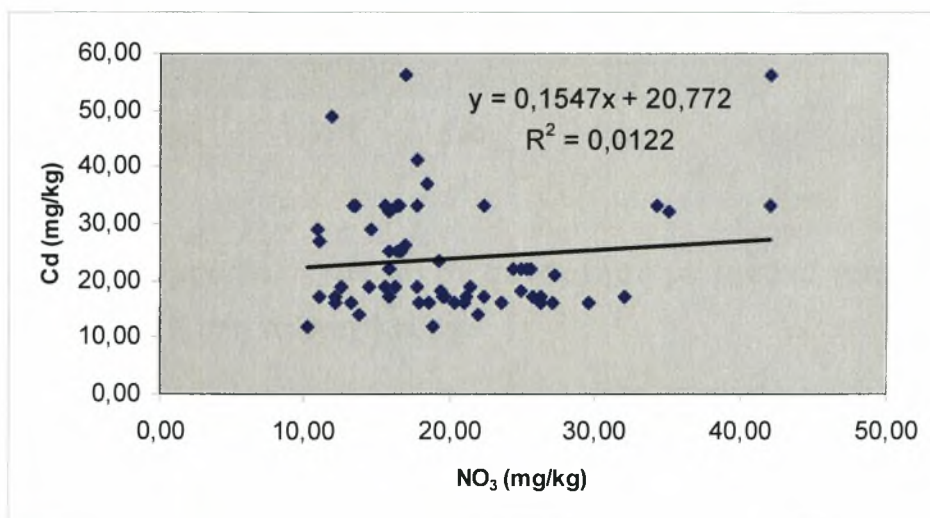
**Διάγραμμα 2. 1.** Η μεταβολή του pH σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα σε CaCO<sub>3</sub> των εδαφών στη περιοχή Νίκη.



**Διάγραμμα 2.2.** Η σχέση μεταξύ νιτρωδών και νιτρικών στα εδαφικά δείγματα στη περιοχή Νίκη.



**Διάγραμμα 2.3.** Η σχέση μεταξύ νιτρωδών και καδμίου στα εδαφικά δείγματα στη περιοχή Νίκη.

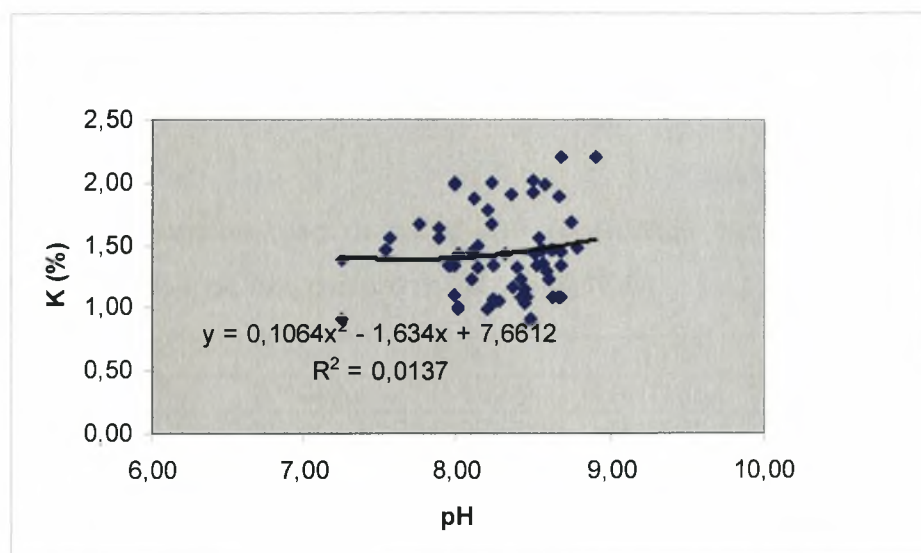


**Διάγραμμα 2.4.** Η σχέση μεταξύ νιτρικών και καδμίου στα εδαφικά δείγματα στη περιοχή Νίκη.

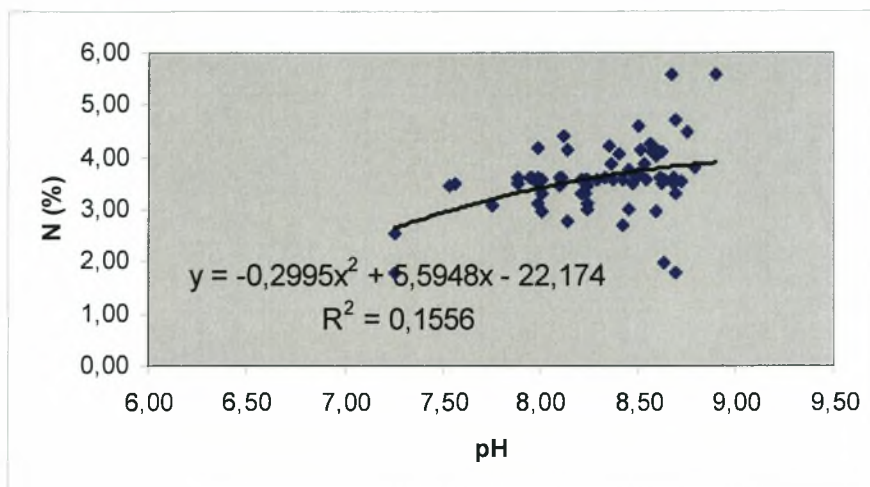


**Πίνακας 7. Συγκεντρωμένες οι τιμές του R<sup>2</sup> μεταξύ νιτρωδών, νιτρικών και καδμίου στα εδαφικά δείγματα στη περιοχή Νίκη.**

	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	Cd (mg/kg) Ξ.Ο.
NO <sub>2</sub>	1	0,0526	0,0388
NO <sub>3</sub>		1	0,0122
Cd (mg/kg) Ξ.Ο.			1



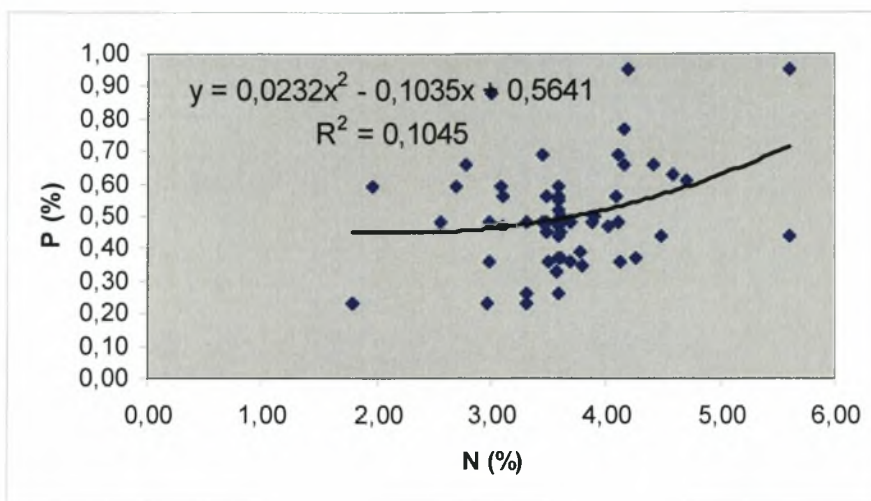
**Διάγραμμα 2. 5. Η μεταβολή του pH σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα σε Κ στη περιοχή Νίκη.**



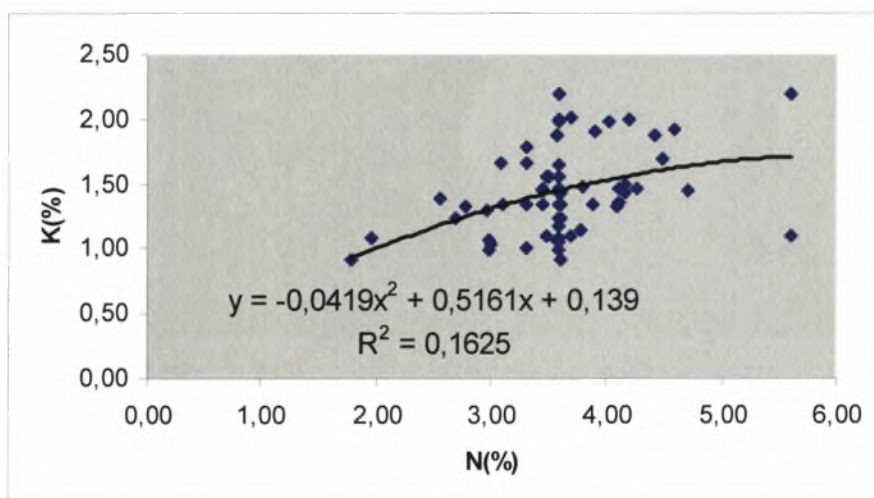
**Διάγραμμα 2. 6.** Η μεταβολή του pH σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα σε N στη περιοχή Νίκη.

**Πίνακας 8.** Συγκεντρωμένες οι τιμές του  $R_2$  μεταξύ των διαφόρων μετρήσεων στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Νίκη.

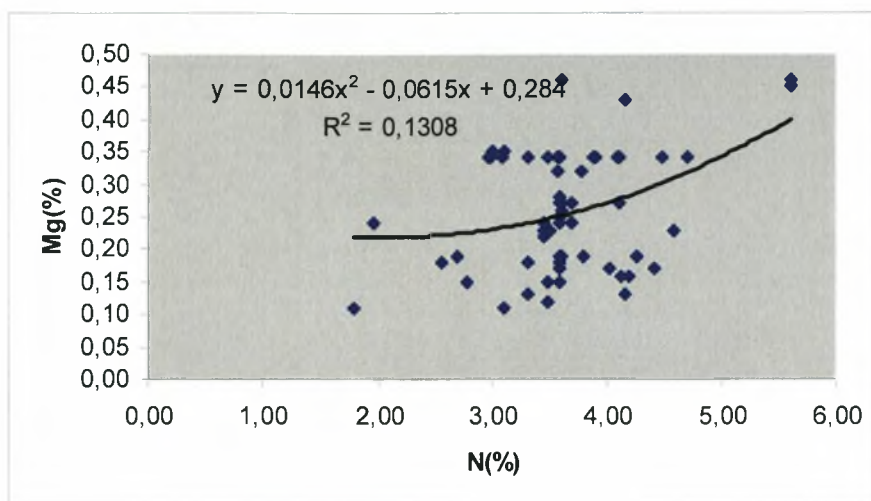
	N (%)	P (%)	K(%)	Ca (%)	Mg (%)
N (%)	1	0,1045	0,1625	0,0183	0,1308
P (%)		1	0,0753	0,1695	0,024
K (%)			1	0,0562	0,0059
Mg (%)				0,0027	1



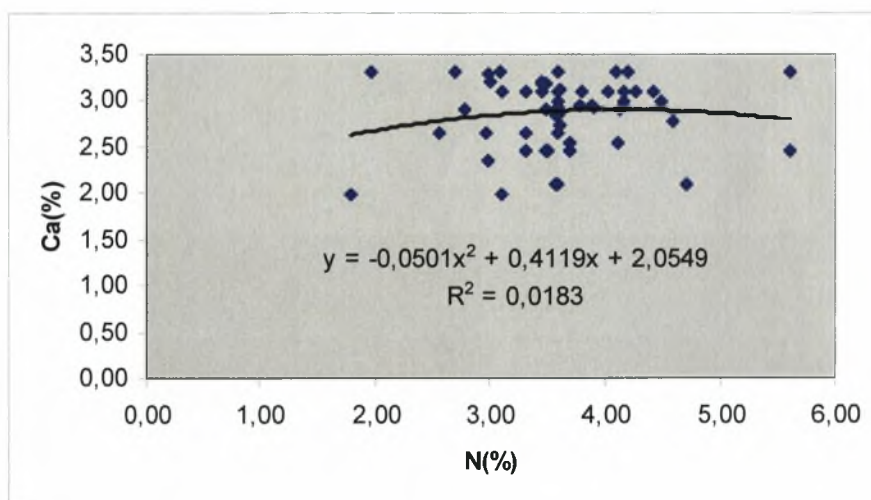
**Διάγραμμα 2.7.** Η μεταβολή του N (%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα P στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Νίκη.



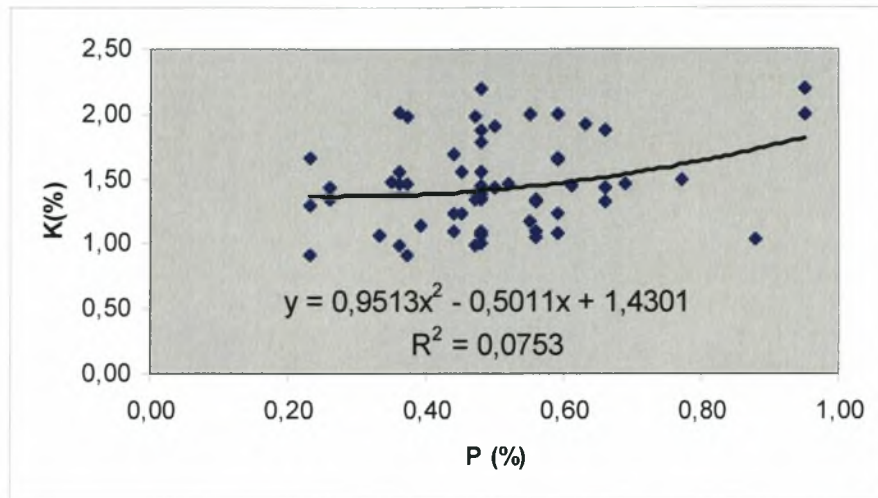
**Διάγραμμα 2.8.** Η μεταβολή του N (%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα K στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Νίκη.



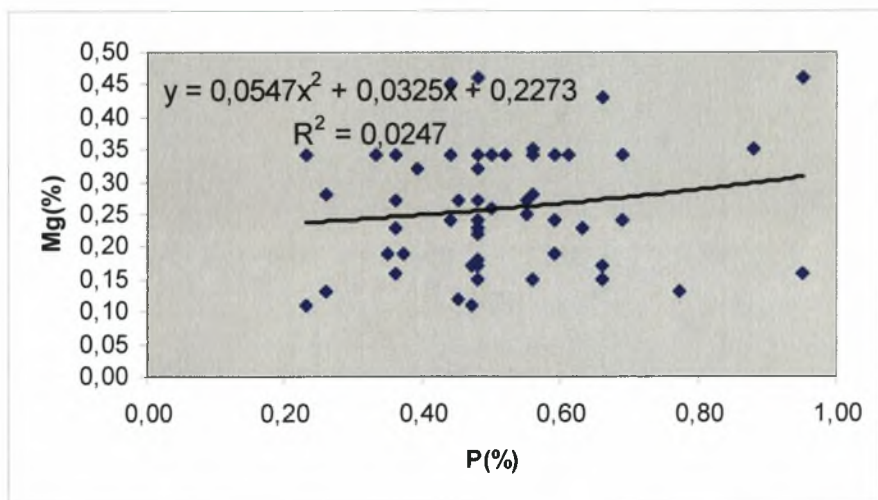
**Διάγραμμα 2.9.** Η μεταβολή του N (%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα Mg στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Νίκη.



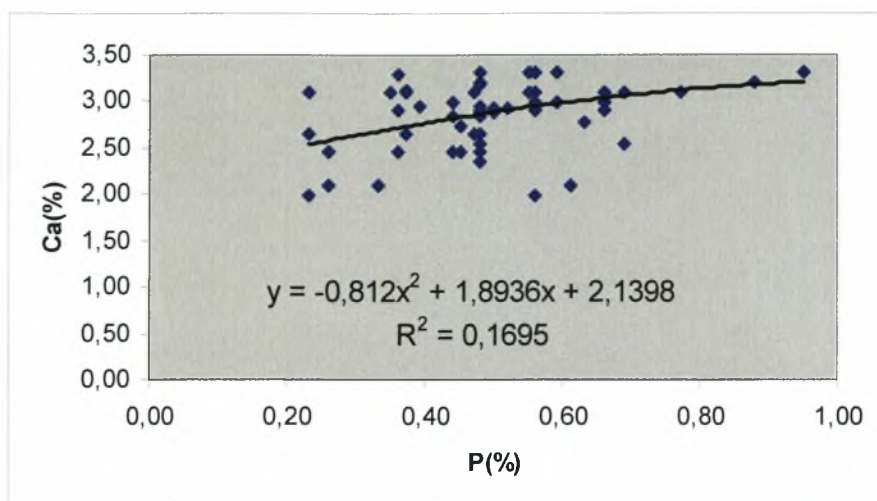
**Διάγραμμα 2.10.** Η μεταβολή του N (%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα Ca στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Νίκη.



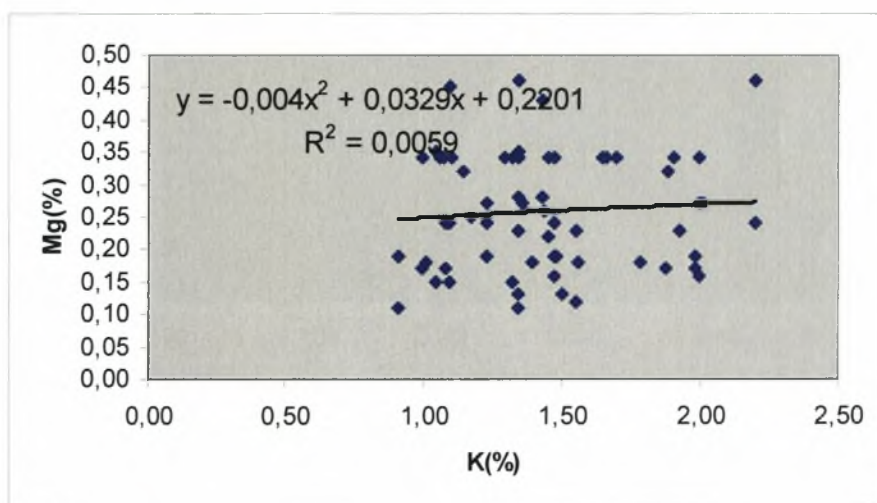
**Διάγραμμα 2.11.** Η μεταβολή του P (%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα K στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Νίκη.



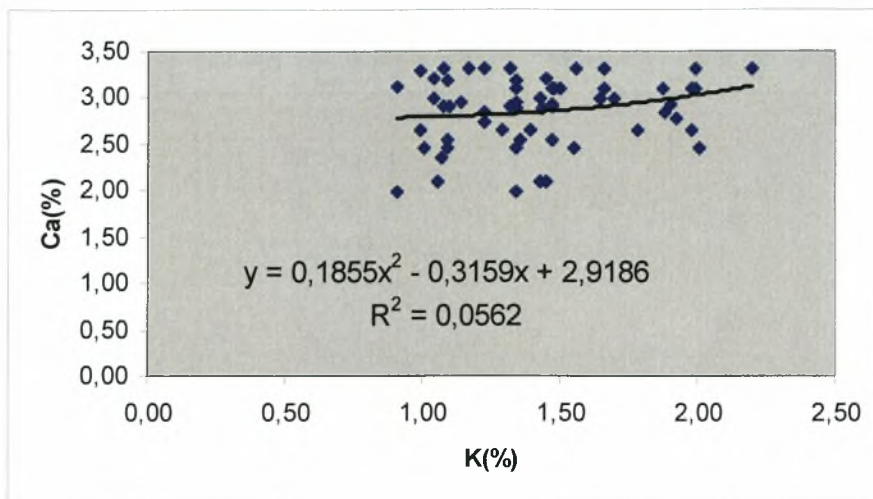
**Διάγραμμα 2.12.** Η μεταβολή του P (%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα Mg στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Νίκη.



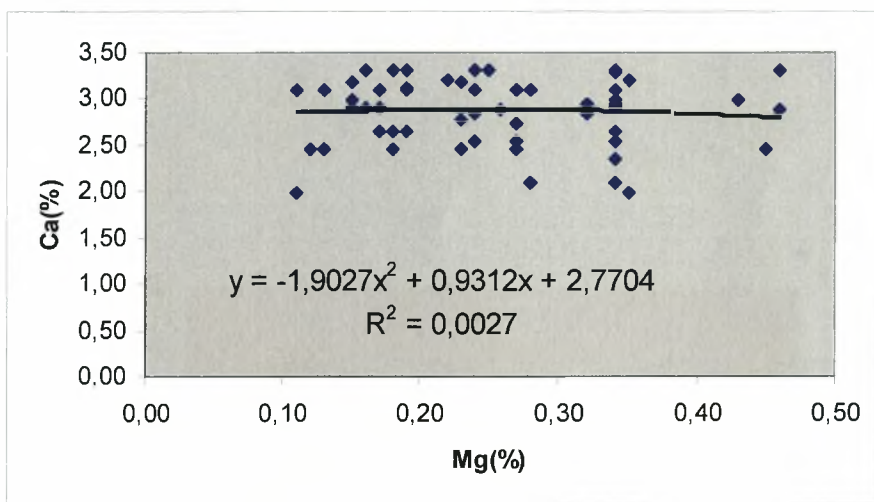
**Διάγραμμα 2.13.** Η μεταβολή του P (%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα Ca στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Νίκη.



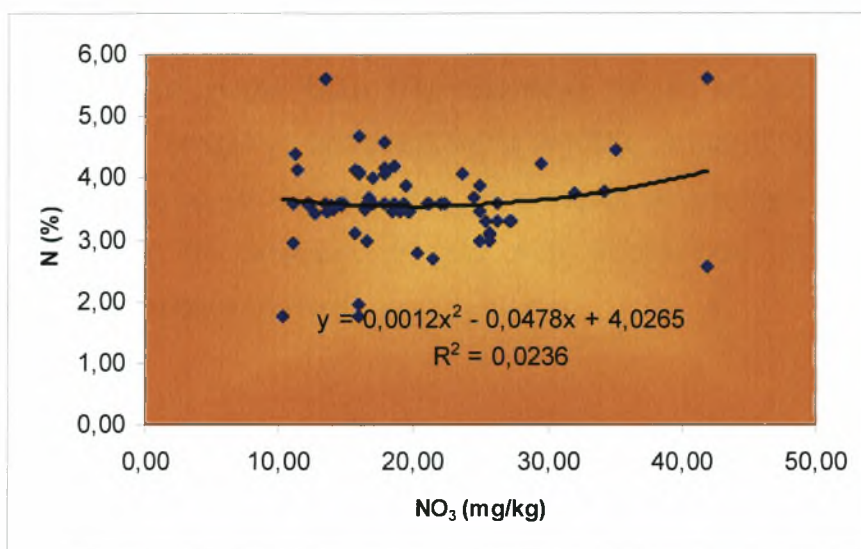
**Διάγραμμα 2.14.** Η μεταβολή του K (%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα Mg στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Νίκη.



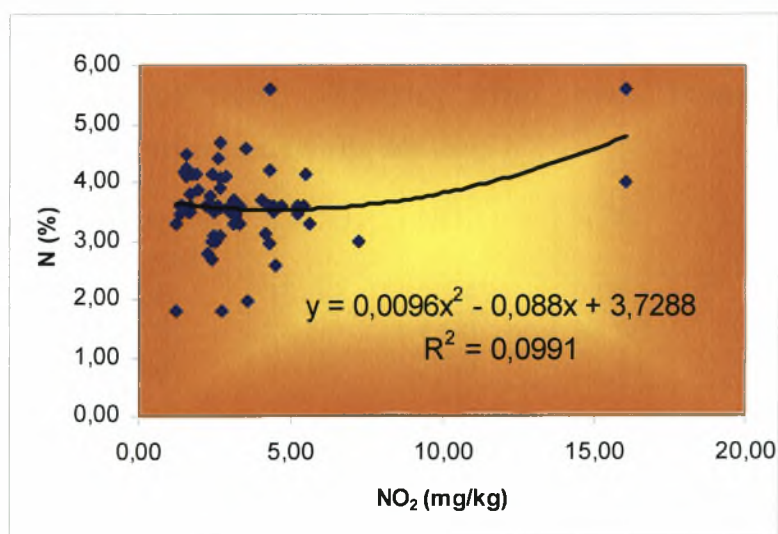
**Διάγραμμα 2.15.** Η μεταβολή του Κ (%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα Ca στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Νίκη.



**Διάγραμμα 2.16.** Η μεταβολή του Κ (%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα Mg στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Νίκη.



**Διάγραμμα 2.17.** Η σχέση μεταξύ νιτρικών ιόντων στα εδαφικά δείγματα με την επί τοις % περιεκτικότητα σε N στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Νίκη.



**Διάγραμμα 2.18.** Η σχέση μεταξύ νιτρωδών στα εδαφικά δείγματα με την επί τοις % περιεκτικότητα σε N στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Νίκη.



**Συμπερασματικά**, στο χωριό Νίκη παρατηρήθηκε ότι τα εδάφη είναι ελαφρώς αλκαλικά με pH~8.00, φτωχά σε οργανική ουσία (=1,42), με υψηλή % περιεκτικότητα σε CaCO<sub>3</sub>. Επίσης, από τα διαγράμματα δε φαίνεται να υπάρχει σχέση που να συνδέει μεταξύ τους τα διάφορα στοιχεία που προέκυψαν από τις εδαφικές αναλύσεις και τη φυλλοδιαγνωστική.

## **ΜΕΛΙΑ**

Τα εδαφικά δείγματα που συλλέχθηκαν από τη περιοχή της Μελίας είναι 25.

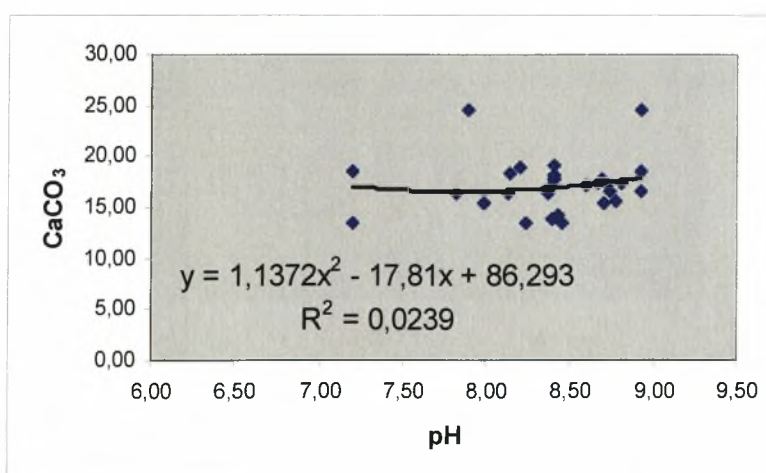
**Πίνακας 9. Οι φυσικοχημικές ιδιότητες (min, max, mean) των εδαφικών δειγμάτων στη περιοχή της Μελίας.**

	pH	Οργανική ουσία	CaCO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	Cd (mg/kg)Ξ.Ο.
min	7,19	0,36	13,50	1,24	9,65	12,00
max	8,93	2,10	24,50	4,60	36,50	55,00
mean	8,38	1,16	16,95	2,50	22,24	28,33

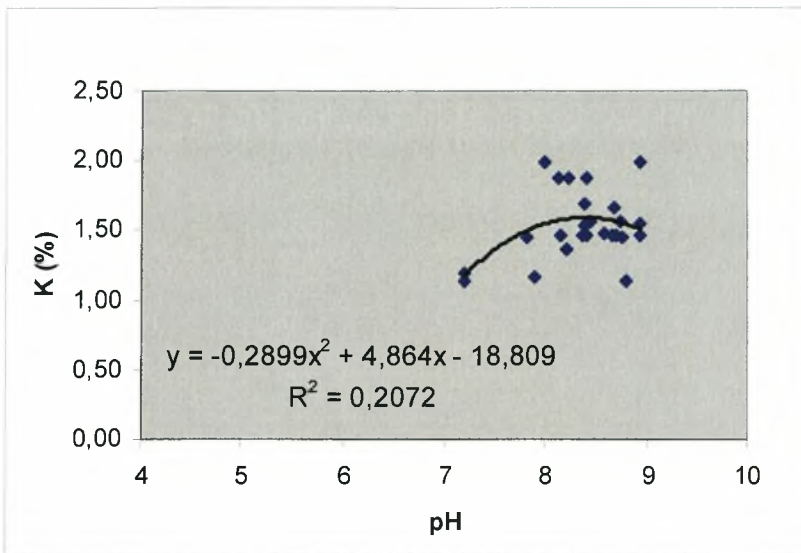
**Πίνακας 10. Οι μετρήσεις των φυτικών δειγμάτων στη περιοχή της Μελίας.**

	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Cd (mg/kg) Ξ.Ο.
Min	2,36	0,34	1,14	1,35	0,12	15,6
Max	4,50	0,78	1,99	4,40	0,64	71,5
mean	3,78	0,56	1,53	2,79	0,38	33,99

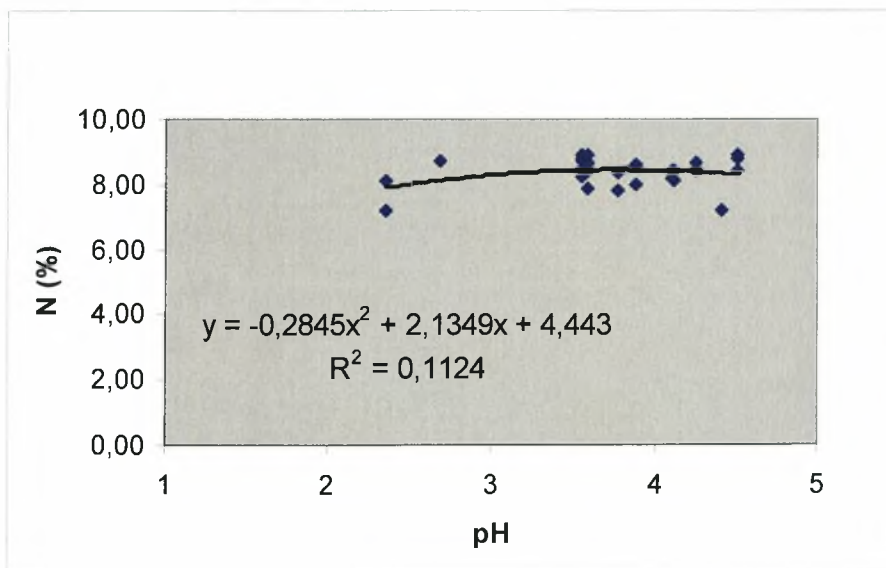
Στη περιοχή της Μελίας το σύνολο των δειγμάτων του εδάφους που αναλύθηκαν είχαν  $[\text{NO}_3^-] < 50$  ppm.



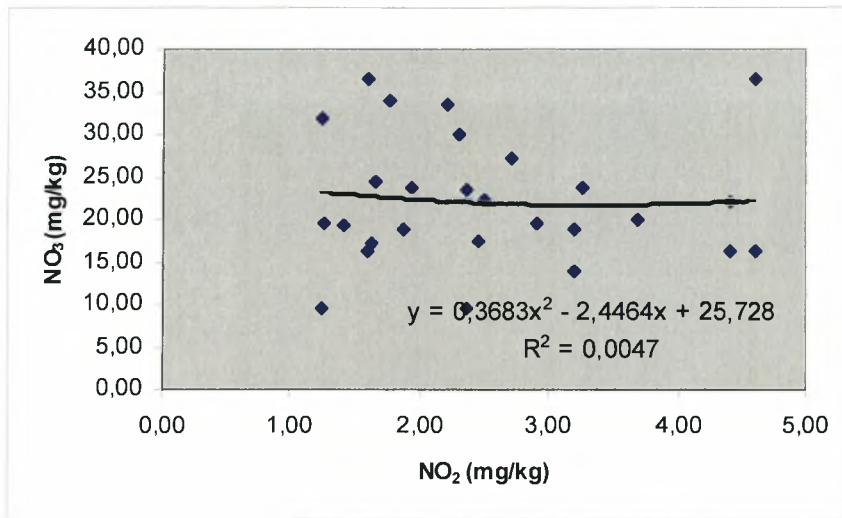
**Διάγραμμα 3. 1. Η μεταβολή του pH σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα σε CaCO<sub>3</sub> στο έδαφος της περιοχής Μελία.**



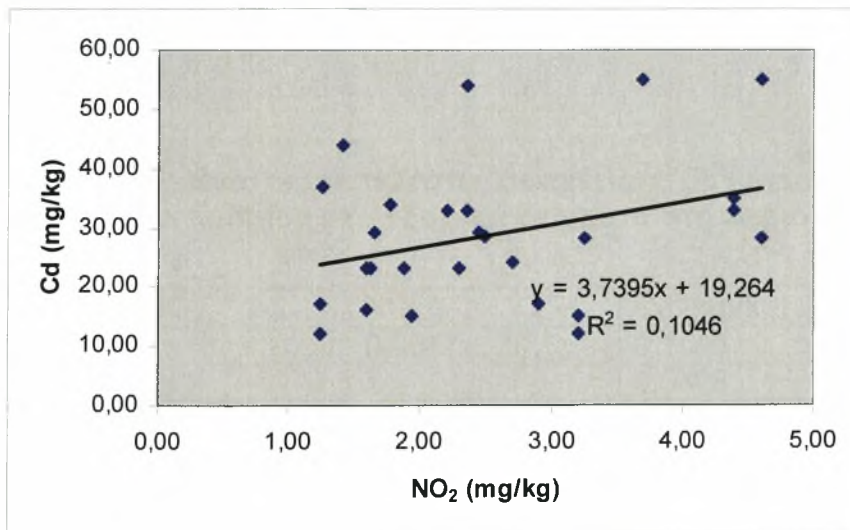
**Διάγραμμα 3. 2.** Η μεταβολή του pH σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα σε Κ στο έδαφος της περιοχής Μελία.



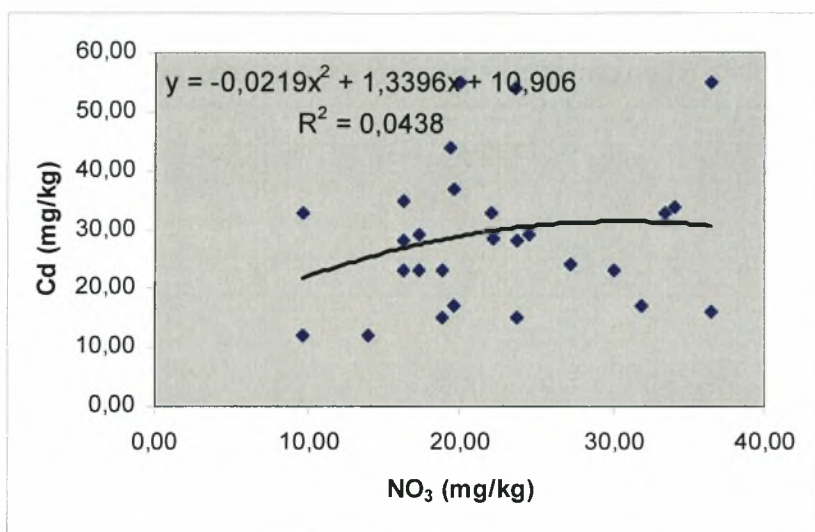
**Διάγραμμα 3. 3.** Η μεταβολή του pH σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα σε Ν στο έδαφος της περιοχής Μελία.



**Διάγραμμα 3.4** Η σχέση μεταξύ των νιτρωδών και νιτρικών στα εδαφικά δείγματα στη περιοχή Μελία.



**Διάγραμμα 3.5.** Η σχέση μεταξύ νιτρωδών και καδμίου στα εδαφικά δείγματα στη περιοχή Μελία.



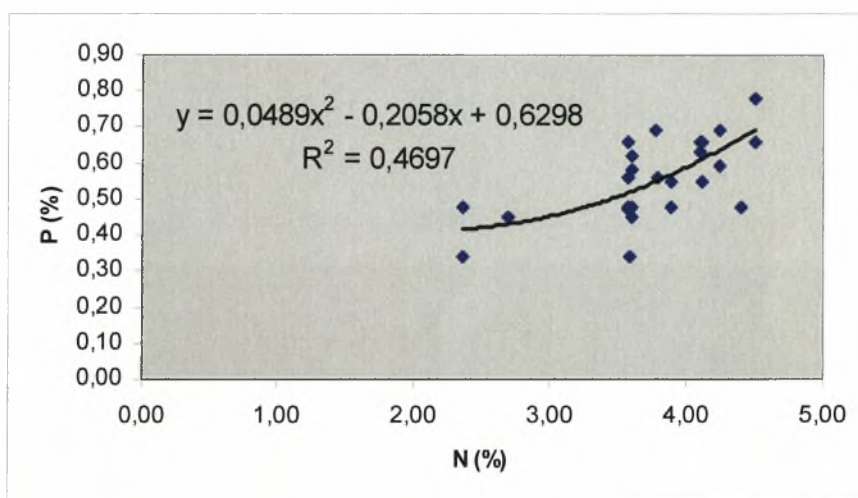
**Διάγραμμα 3.6.** Η σχέση μεταξύ νιτρικών και καδμίου στα εδαφικά δείγματα στη περιοχή Μελία.

**Πίνακας 11.** Συγκεντρωμένοι οι συντελεστές συσχέτισης ( $R^2$ ) μεταξύ νιτρικών, νιτρικών και καδμίου στα εδαφικά δείγματα στη περιοχή Μελία.

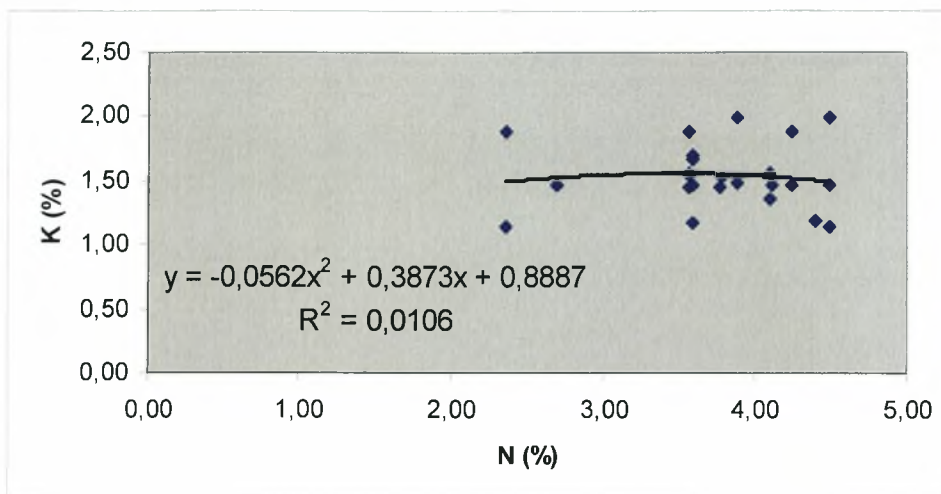
	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	Cd (mg/kg) Ξ.Ο.
NO <sub>2</sub>	1	0,0047	0,1046
NO <sub>3</sub>		1	0,0438
Cd (mg/kg) Ξ.Ο.			1

**Πίνακας 12. Συγκεντρωμένες οι τιμές του συντελεστή συσχέτισης για τις διάφορες μετρήσεις στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Μελία.**

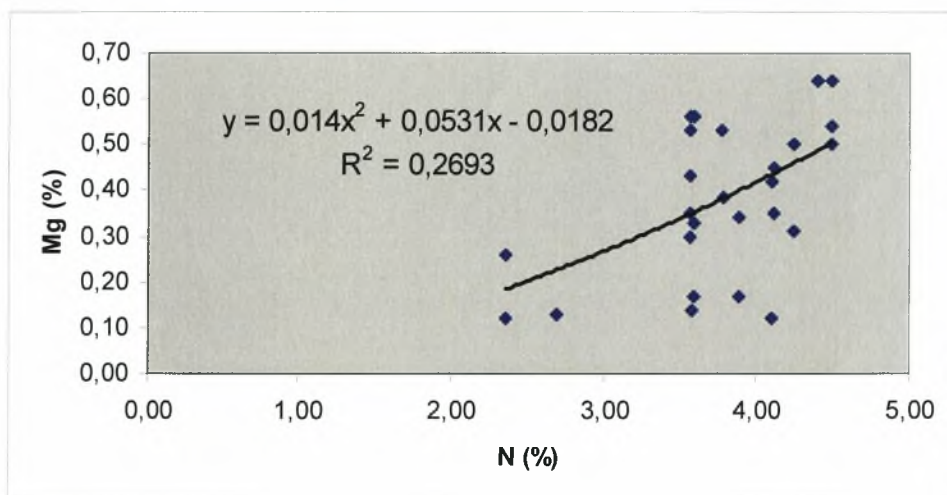
	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
N (%)	1	0,4697	0,0106	0,1241	0,2693
P (%)		1	0,0935	0,115	0,1901
K (%)			1	0,0503	0,0436
Mg (%)				0,1798	1



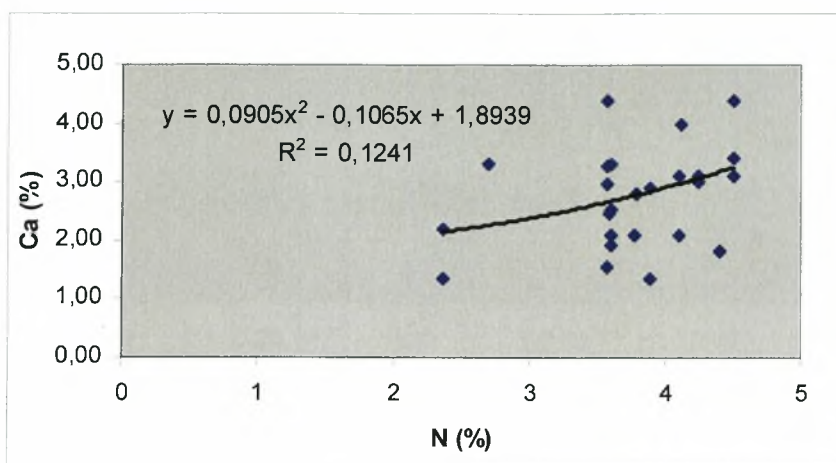
**Διάγραμμα 3.7. Η μεταβολή του N (%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα P στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Μελία.**



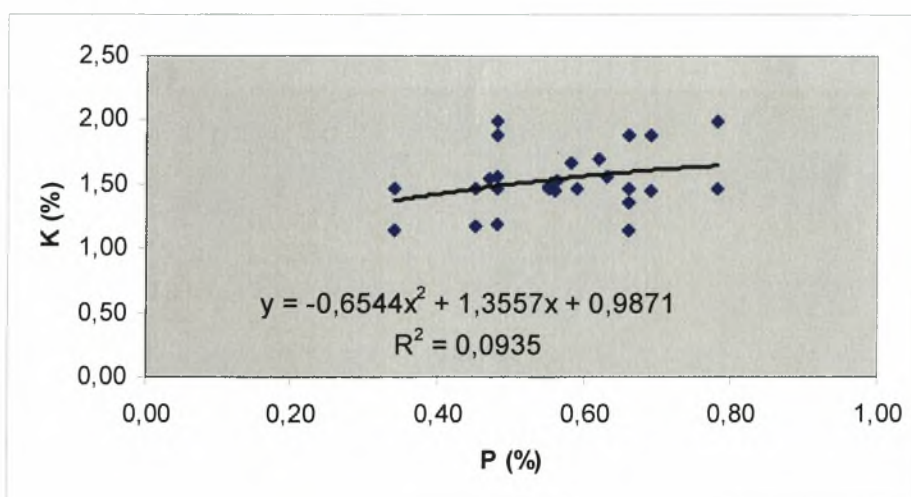
**Διάγραμμα 3.8.** Η μεταβολή του N (%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα K στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Μελία.



**Διάγραμμα 3.9.** Η μεταβολή του N (%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα Mg στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Μελία.

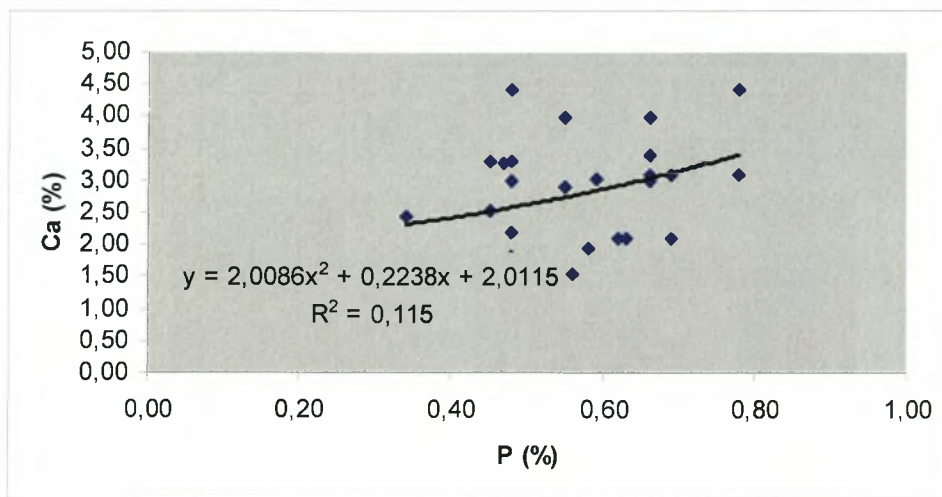


**Διάγραμμα 3.10.** Η μεταβολή του N (%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα Ca στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Μελία.

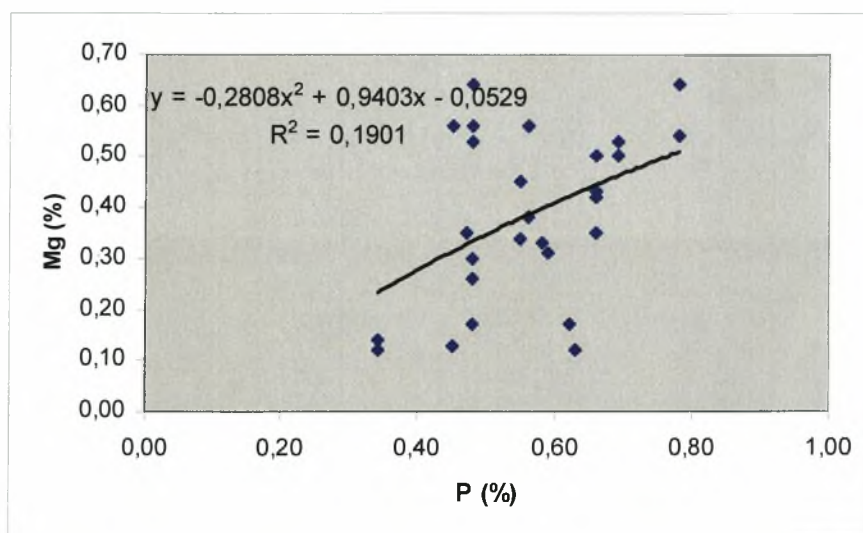


**Διάγραμμα 3.11.** Η μεταβολή του P (%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα K στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Μελία.

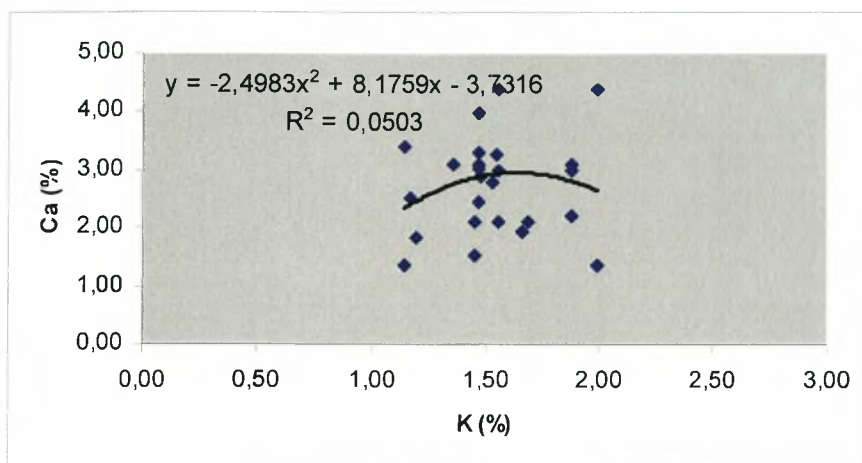




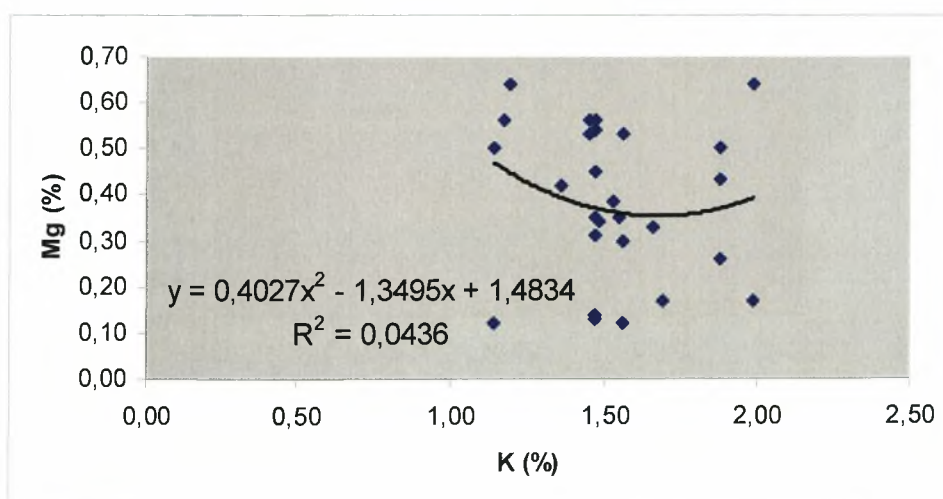
**Διάγραμμα 3.12.** Η μεταβολή του P (%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα Ca στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Μελία.



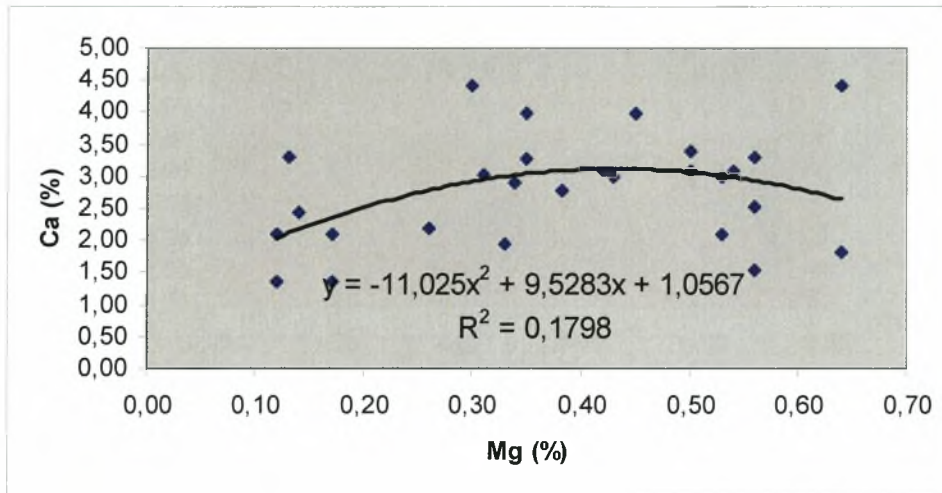
**Διάγραμμα 3.13.** Η μεταβολή του P (%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα Mg στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Μελία.



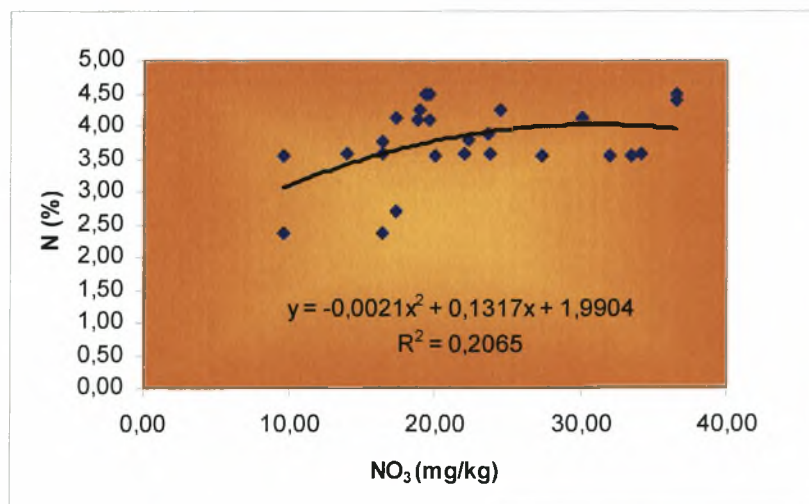
**Διάγραμμα 3.14.** Η μεταβολή του K (%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα Ca στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Μελία.



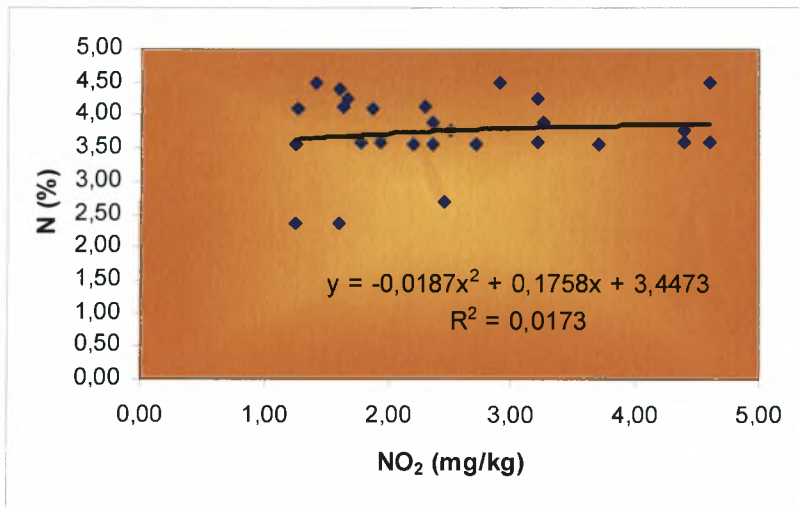
**Διάγραμμα 3.15.** Η μεταβολή του K (%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα Mg στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Μελία.



**Διάγραμμα 3.16.** Η μεταβολή του Mg (%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα Ca στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Μελία.



**Διάγραμμα 3.17.** Η σχέση μεταξύ των νιτρικών ιόντων στα εδαφικά δείγματα με την επί τοις % περιεκτικότητα σε N στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Μελία.



**Διάγραμμα 3.18.** Η σχέση μεταξύ νιτρικών στα εδαφικά δείγματα με την επί τοις % περιεκτικότητα σε N στη περιοχή Μελία.

**Συμπερασματικά**, στο χωριό Μελία παρατηρήθηκε ότι τα εδάφη είναι ελαφρώς αλκαλικά με pH~8.00, φτωχά σε οργανική ουσία (=1,16), με υψηλή % περιεκτικότητα σε CaCO<sub>3</sub>. Επίσης, από τα διαγράμματα δε φαίνεται να υπάρχει σχέση που να συνδέει μεταξύ τους τα διάφορα στοιχεία που προέκυψαν από τις εδαφικές αναλύσεις και τη φυλλοδιαγνωστική εκτός από το διάγραμμα μεταξύ N (%) με P (%) στα φυτικά δείγματα που φάνηκε να έχουν σχέση.

## **ΜΕΛΙΣΣΑ**

Τα εδαφικά δείγματα που συλλέχθηκαν είναι 16.

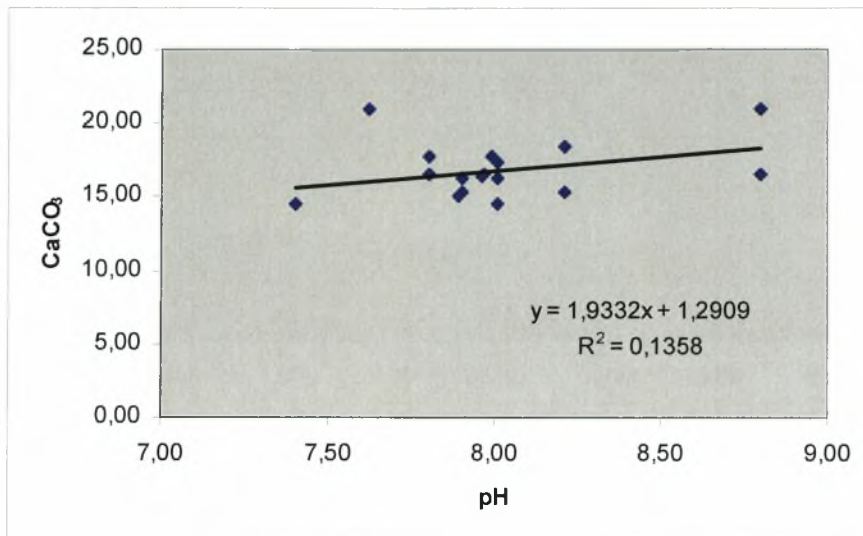
**Πίνακας 13. Οι φυσικοχημικές ιδιότητες (min, max, mean) των εδαφικών δειγμάτων στη περιοχή Μέλισσα.**

	pH	Οργανική ουσία	CaCO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub> (mg/kg)	NO <sub>3</sub> (mg/kg)	Cd (mg/kg)Ξ.Ο.
Min	7,40	0,32	14,50	0,96	14,50	11,00
Max	8,80	2,20	21,00	5,10	27,60	99,00
mean	7,97	1,30	16,59	3,01	20,90	38,98

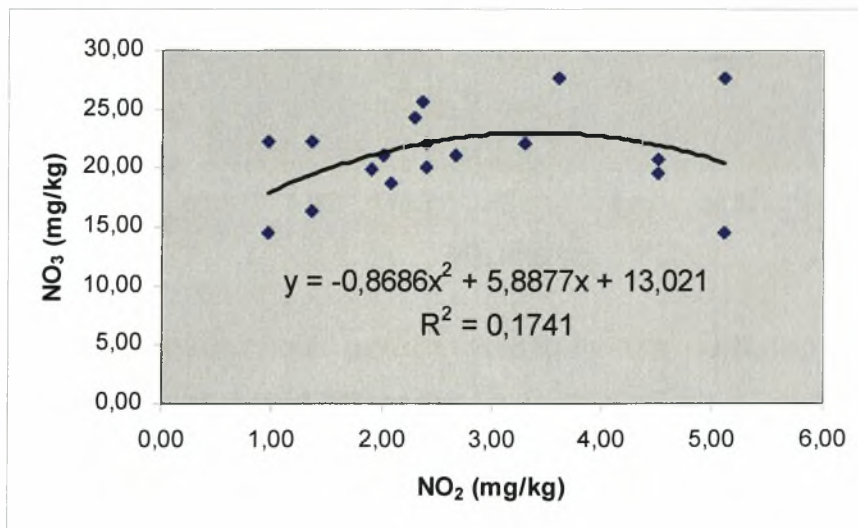
**Πίνακας 14. Οι μετρήσεις στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Μέλισσα.**

	N (%)	P (%)	K(%)	Ca (%)	Mg (%)	Cd (mg/Kg) Ξ.Ο.
Min	3,47	0,11	0,94	1,45	0,15	20,9
Max	4,69	0,88	1,99	3,30	0,43	128,7
mean	3,79	0,50	1,50	2,50	0,25	74,06

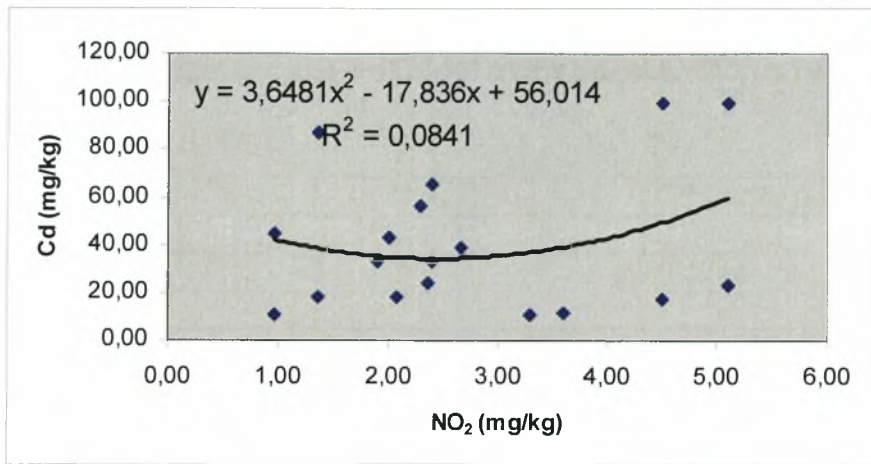
Στην περιοχή της Μέλισσας το σύνολο των εδαφικών δειγμάτων που αναλύθηκαν είχαν [NO<sub>3</sub><sup>-</sup>]<sub>3</sub><50 ppm.



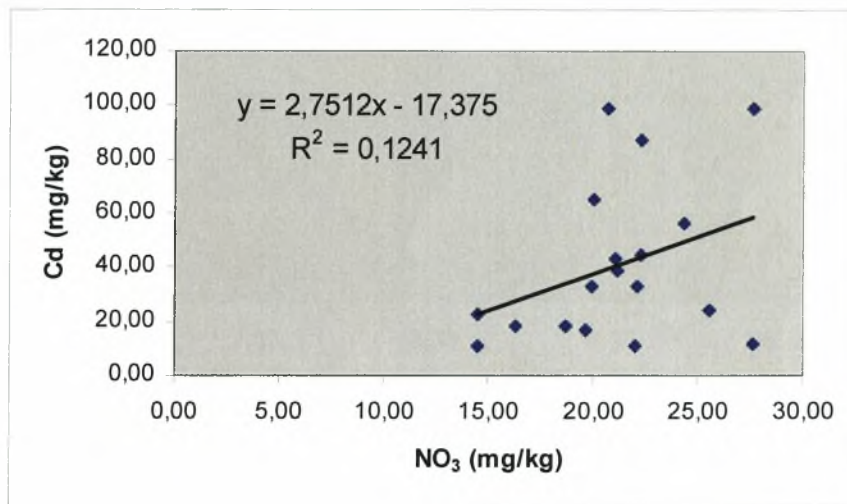
**Διάγραμμα 4.1.** Η μεταβολή του pH σε σχέση με την επί τοις % περιεκτικότητα σε CaCO<sub>3</sub> στο έδαφος στη περιοχή Μέλισσα.



**Διάγραμμα 4.2** Η συσχέτιση μεταξύ νιτρωδών και νιτρικών στα εδαφικά δείγματα στη περιοχή Μέλισσα.



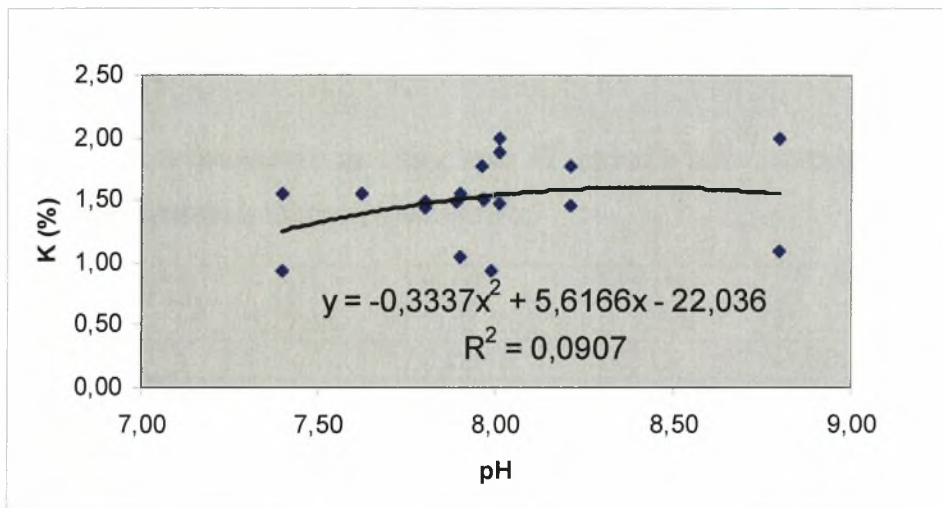
**Διάγραμμα 4.3** Η συσχέτιση μεταξύ νιτρωδών και καδμίου στα εδαφικά δείγματα στη περιοχή Μέλισσα.



**Διάγραμμα 4.4** Η συσχέτιση μεταξύ νιτρικών και καδμίου στα εδαφικά δείγματα στη περιοχή Μέλισσα.

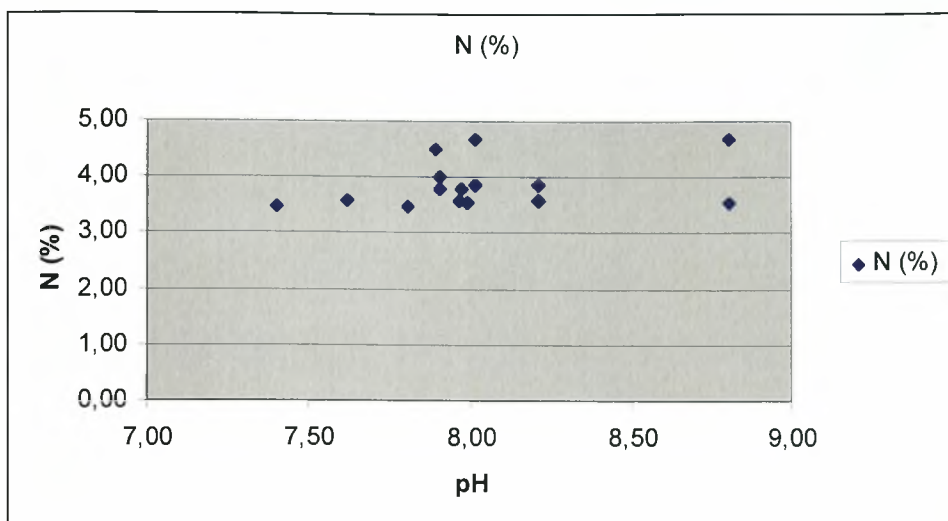
**Πίνακας 15.** Συγκεντρωμένες οι τιμές του συντελεστή συσχέτισης ( $R^2$ ) μεταξύ νιτρωδών, νιτρικών και καδμίου στα εδαφικά δείγματα στη περιοχή Μέλισσα.

	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	Cd (mg/kg) Ξ.Ο.
NO <sub>2</sub>	1	0,1741	0,0841
NO <sub>3</sub>		1	0,1241
Cd (mg/kg) Ξ.Ο			1



**Διάγραμμα 4.5.** Η μεταβολή του pH σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα σε Κ στη περιοχή Μέλισσα.

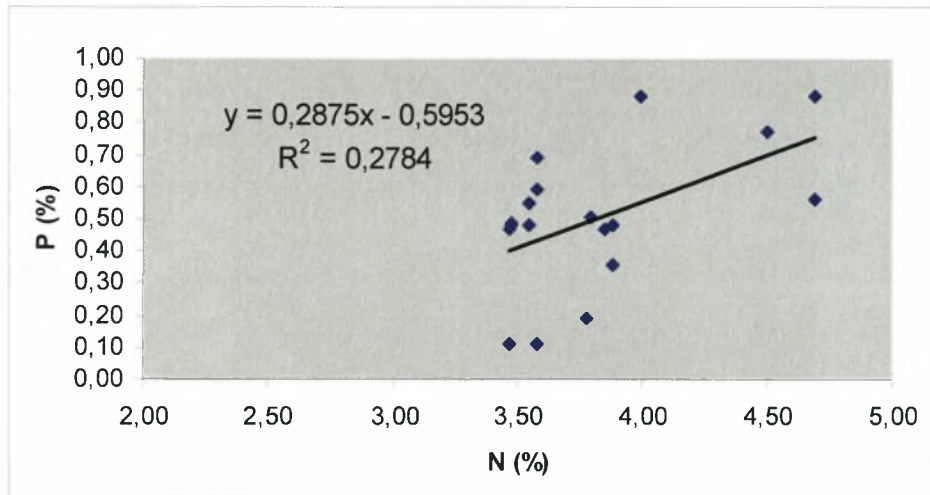




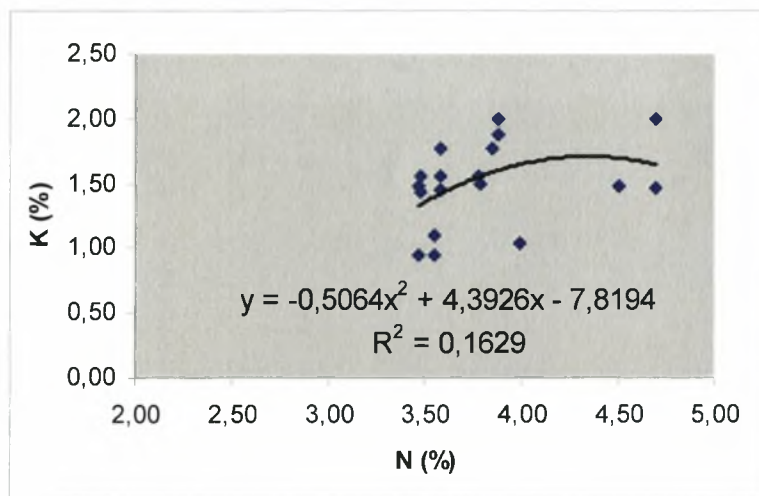
**Διάγραμμα 4.6.** Η μεταβολή του pH σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα σε N στη περιοχή Μέλισσα.

**Πίνακας 16.** Συγκεντρωμένες οι τιμές του  $R^2$  μεταξύ των μετρήσεων στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Μέλισσα.

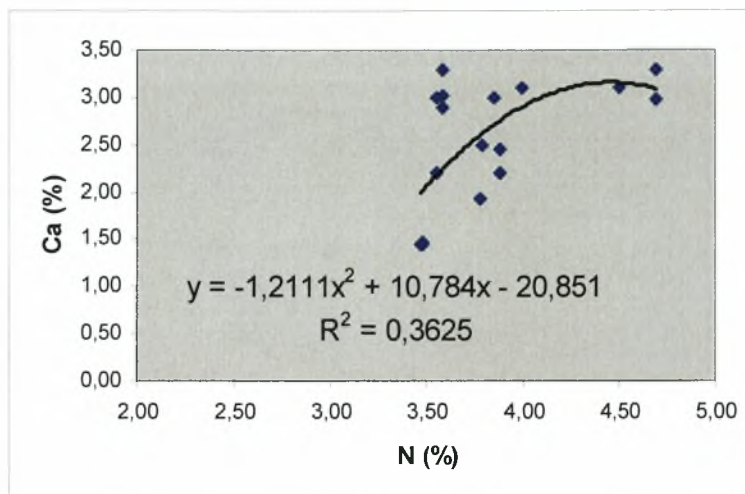
	N (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)	Ca (%)
N (%)	1	0,2784	0,1629	0,1768	0,3625
P (%)		1	0,0516	0,313	0,0687
K (%)			1	0,0836	0,0407
Mg (%)				1	0,0525



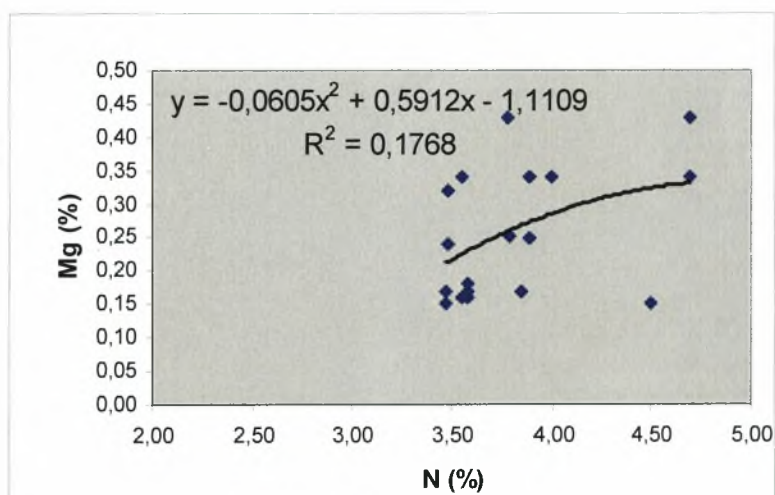
**Διάγραμμα 4.7.** Η μεταβολή του N (%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα P στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Μέλισσα.



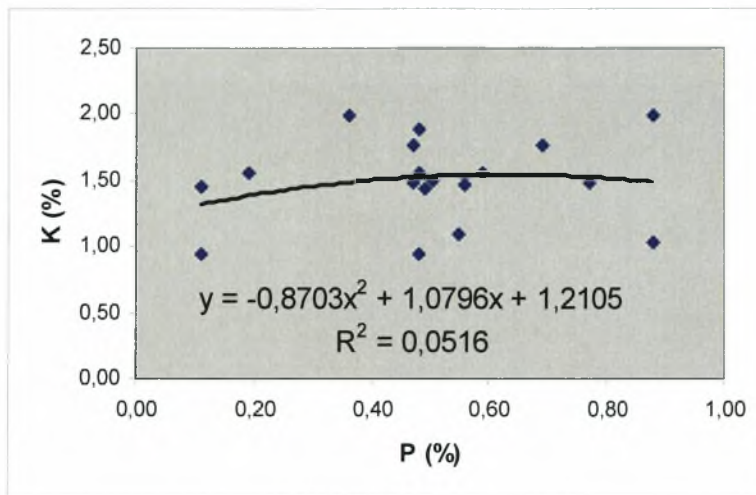
**Διάγραμμα 4.8.** Η μεταβολή του N (%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα K στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Μέλισσα.



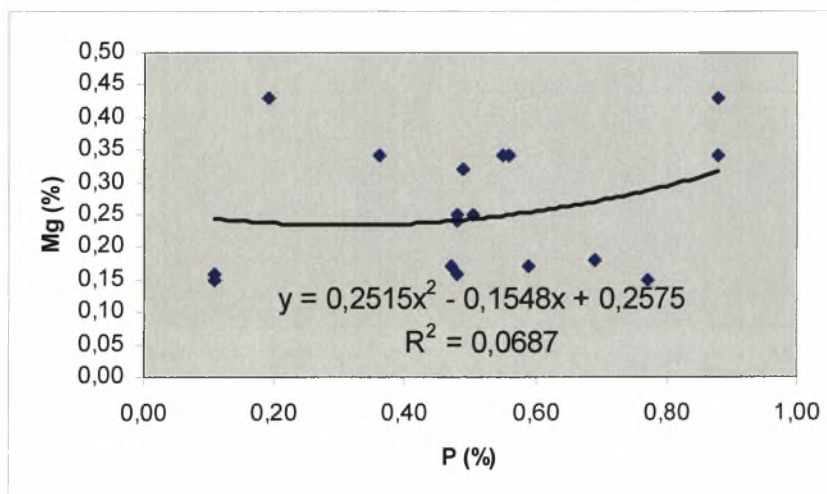
**Διάγραμμα 4.9.** Η μεταβολή του N (%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα Ca στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Μέλισσα.



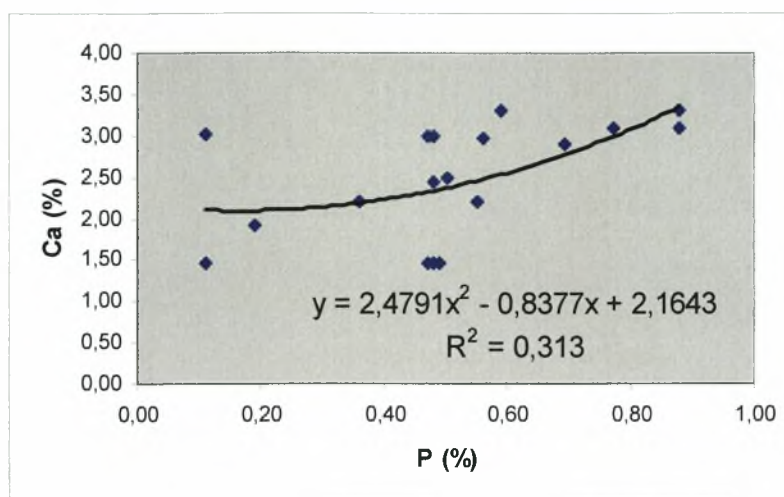
**Διάγραμμα 4.10.** Η μεταβολή του N (%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα Mg στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Μέλισσα.



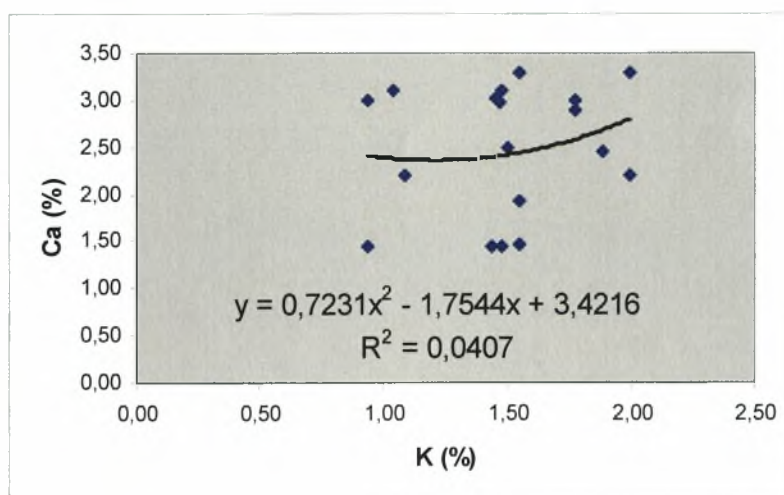
**Διάγραμμα 4.11.** Η μεταβολή του P (%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα K στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Μέλισσα.



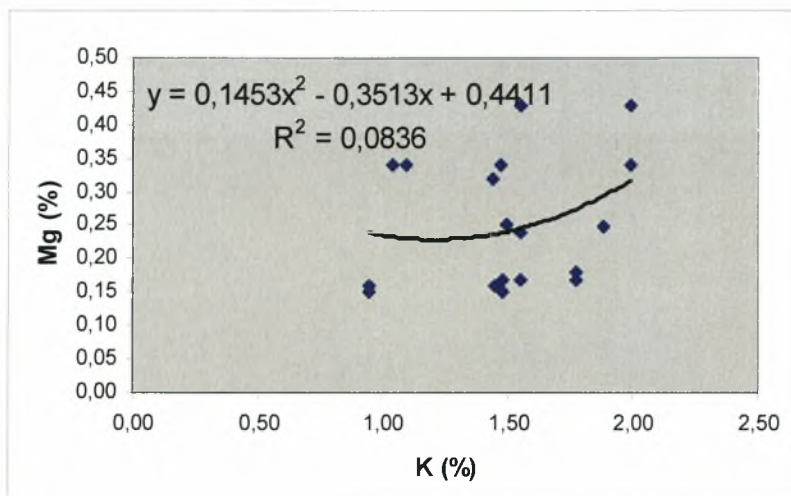
**Διάγραμμα 4.12.** Η μεταβολή του P (%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα Mg στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Μέλισσα.



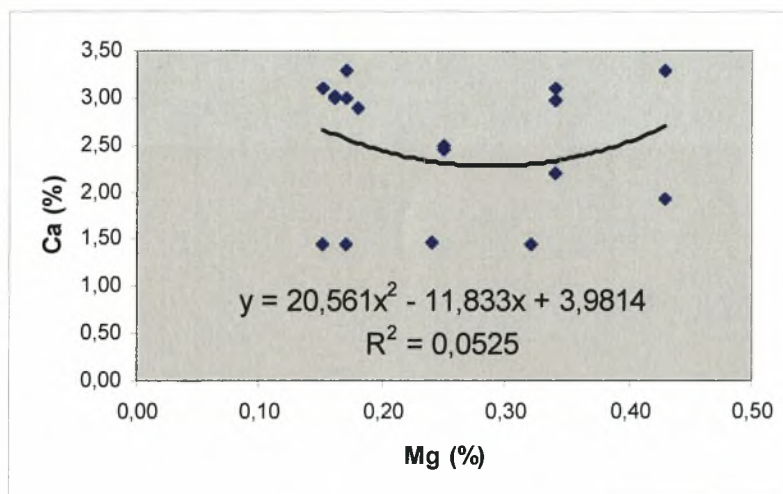
**Διάγραμμα 4.13.** Η μεταβολή του P (%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα Ca στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Μέλισσα.



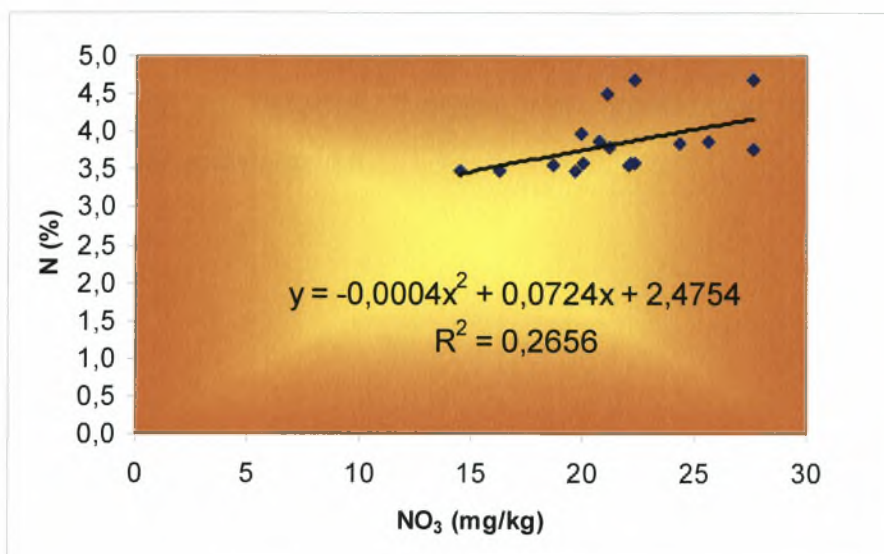
**Διάγραμμα 4.14.** Η μεταβολή του K (%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα Ca στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Μέλισσα.



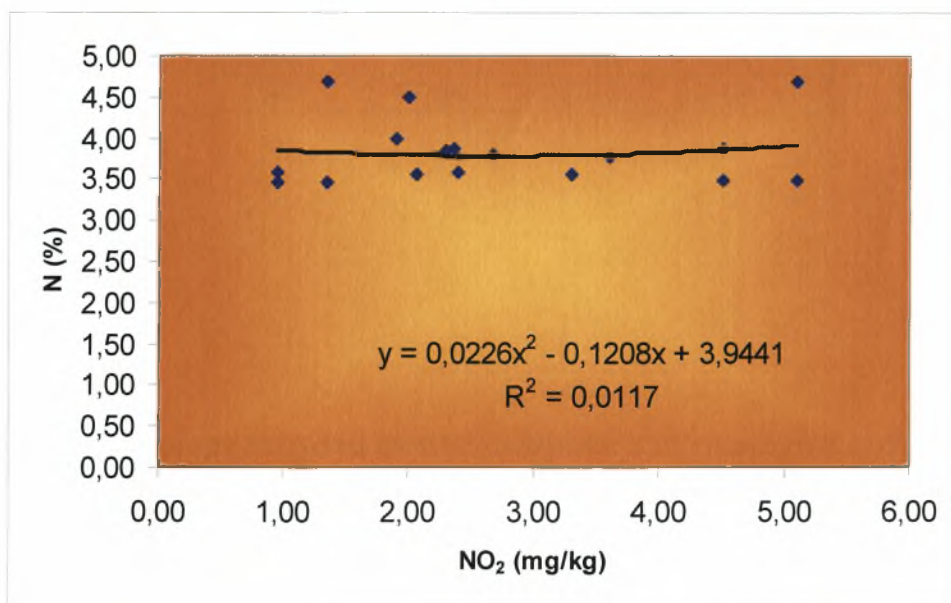
**Διάγραμμα 4.15.** Η μεταβολή του Κ (%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα Mg στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Μέλισσα.



**Διάγραμμα 4.16.** Η μεταβολή του Κ (%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα Mg στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Μέλισσα.



Διάγραμμα 4.17. Η σχέση μεταξύ νιτρικών ιόντων στα εδαφικά δείγματα με την επί τοις % περιεκτικότητα σε N στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Μέλισσα.



Διάγραμμα 4.18. Η σχέση μεταξύ νιτρικών ιόντων στα εδαφικά δείγματα με την επί τοις % περιεκτικότητα σε N στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Μέλισσα.

**Συμπερασματικά**, στο χωριό Μέλισσα παρατηρήθηκε ότι τα εδάφη είναι ελαφρώς αλκαλικά με pH~8.00, φτωχά σε οργανική ουσία (=1,30), με υψηλή % περιεκτικότητα σε CaCO<sub>3</sub>. Επίσης, από τα διαγράμματα δε φαίνεται να υπάρχει σχέση που να συνδέει μεταξύ τους τα διάφορα στοιχεία που προέκυψαν από τις εδαφικές αναλύσεις και τη φυλλοδιαγνωστική.

## ΚΑΣΤΡΙ

Τα δείγματα που συλλέχθηκαν ήταν 9.

**Πίνακας 17. Οι φυσικοχημικές ιδιότητες (min, max, mean) των εδαφικών δειγμάτων στη περιοχή Καστρί.**

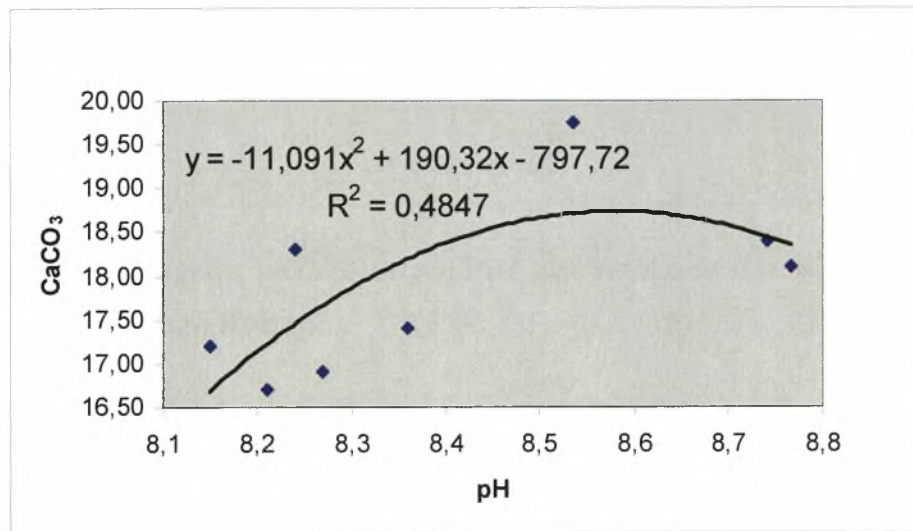
	pH	Οργανική ουσία	CaCO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub> (mg/kg)	NO <sub>2</sub> (mg/kg)	Cd (mg/kg)Ξ.Ο.
Min	8,15	0,57	16,70	12,46	1,53	17,00
max	8,76	2,40	10,75	34,10	4,78	32,00
mean	8,04	1,20	17,84	22,20	2,64	21,14

**Πίνακας 18. Οι μετρήσεις στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Καστρί.**

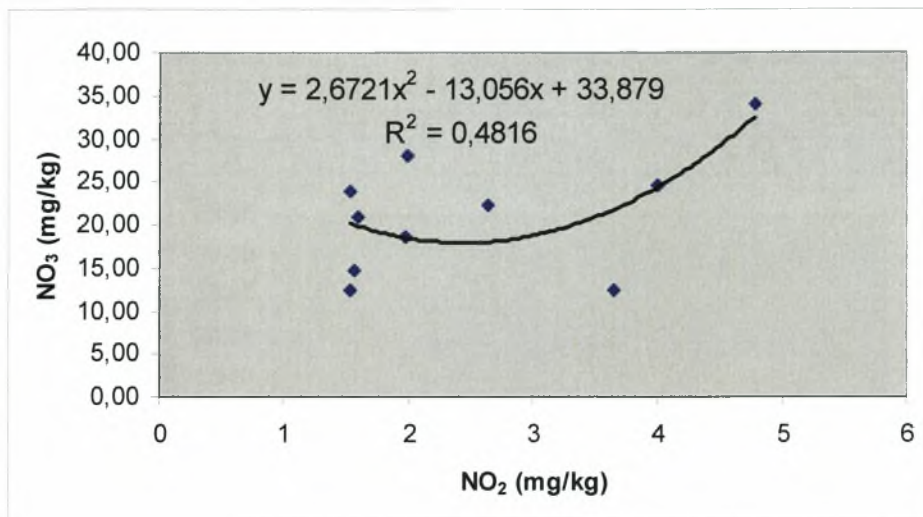
	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Cd (mg/kg) Ξ.Ο.
Min	2,66	0,44	0,99	2,10	0,14	22,10
max	4,12	0,78	1,58	3,20	0,53	51,20
mean	3,36	0,56	1,17	2,92	0,33	27,48



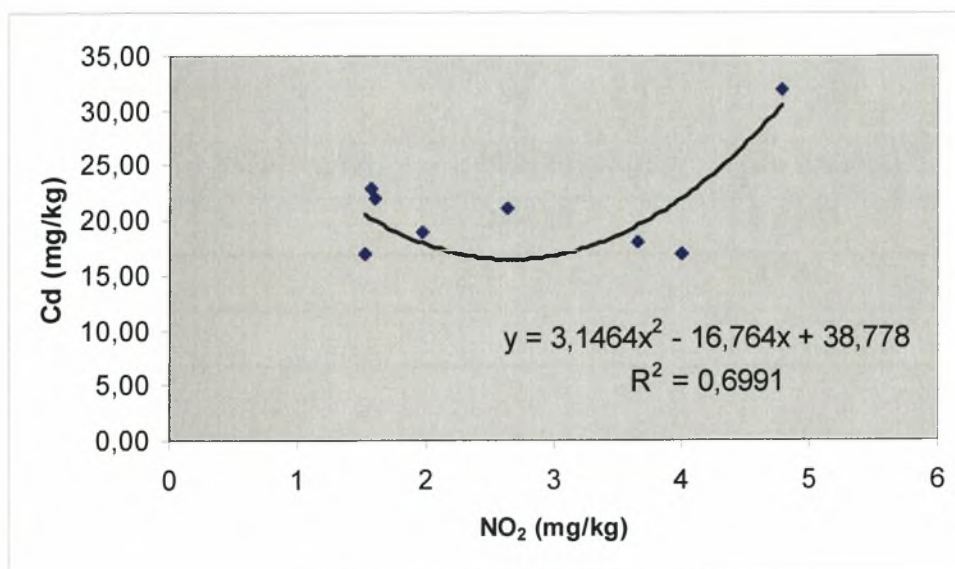
Στο Καστρί το σύνολο των δειγμάτων είχε τιμές  $[\text{NO}_3^-] < 50$  ppm.



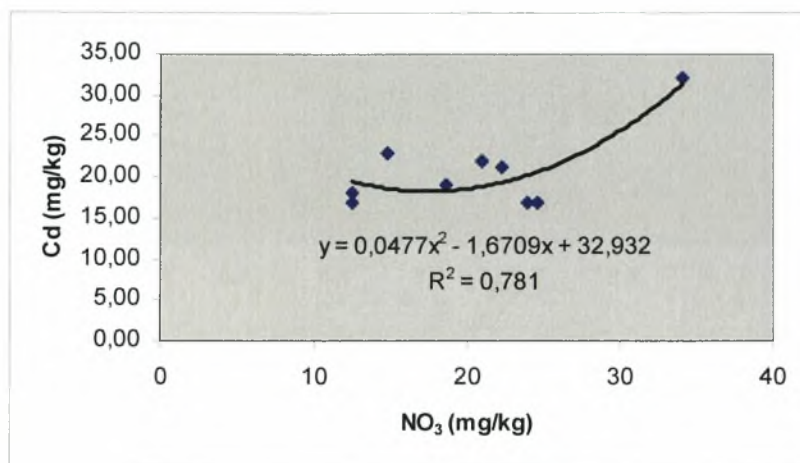
**Διάγραμμα 5.1.** Η μεταβολή του pH σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα σε  $\text{CaCO}_3$  στο έδαφος στη περιοχή Καστρί.



**Διάγραμμα 5.2** Η σχέση μεταξύ νιτρικών και νιτρικών στα εδαφικά δείγματα στη περιοχή Καστρί.



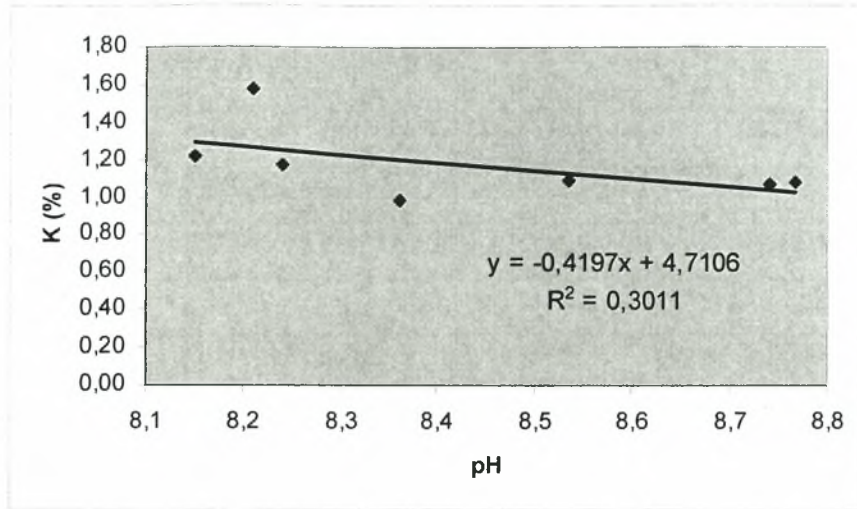
**Διάγραμμα 5.3** Η σχέση μεταξύ νιτρικών και καδμίου στα εδαφικά δείγματα στη περιοχή Καστρί.



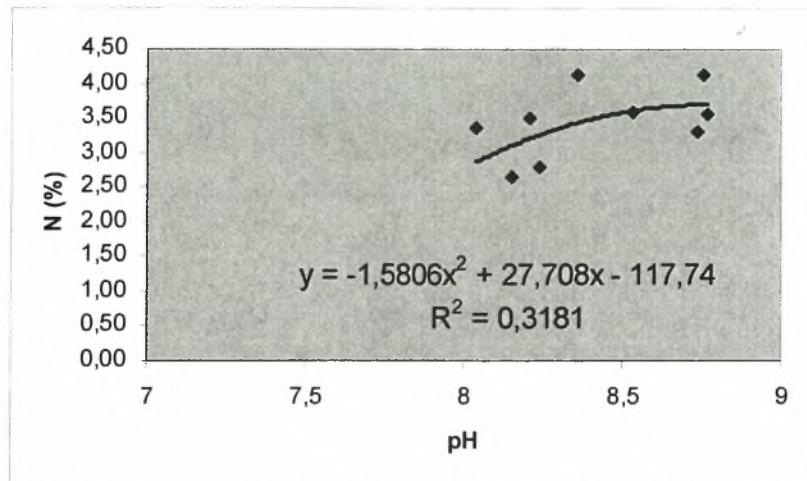
**Διάγραμμα 5.4** Η σχέση μεταξύ νιτρικών και καδμίου στα εδαφικά δείγματα στη περιοχή Καστρί.

**Πίνακας 19.** Συγκεντρωμένες οι τιμές του συντελεστή συσχέτισης ( $R^2$ ) μεταξύ νιτρικών, νιτρικών και καδμίου στα εδαφικά δείγματα στη περιοχή Καστρί.

	NO <sub>2</sub> (mg/kg)	NO <sub>3</sub> (mg/kg)	Cd (mg/kg) Ξ.Ο
NO <sub>2</sub> (mg/kg)	1	0,4816	0,6991
NO <sub>3</sub> (mg/kg)		1	0,781
Cd (mg/kg) Ξ.Ο			1



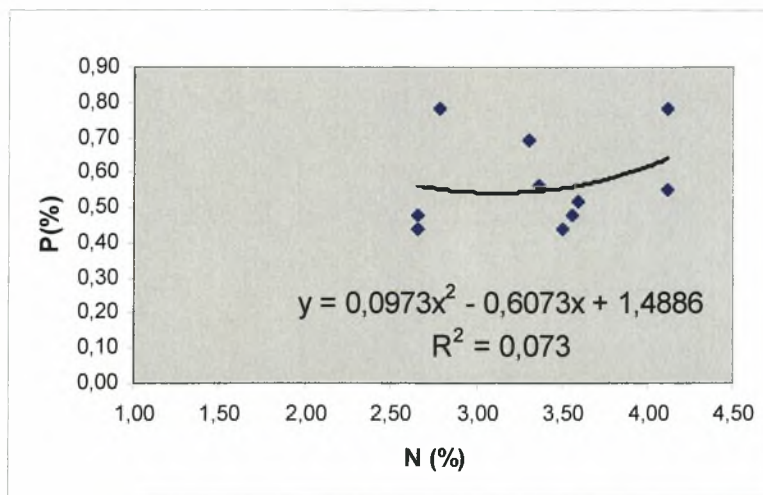
**Διάγραμμα 5. 5.** Η μεταβολή του pH σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα σε Κ στη περιοχή Καστρί.



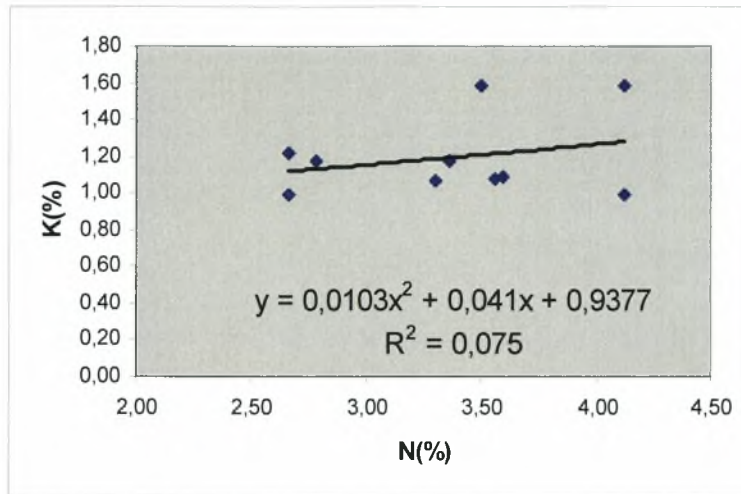
**Διάγραμμα 5. 6.** Η μεταβολή του pH σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα σε Ν στη περιοχή Καστρί.

**Πίνακας 20. Συγκεντρωμένες οι τιμές του R<sup>2</sup> μεταξύ των μετρήσεων στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Καστρί.**

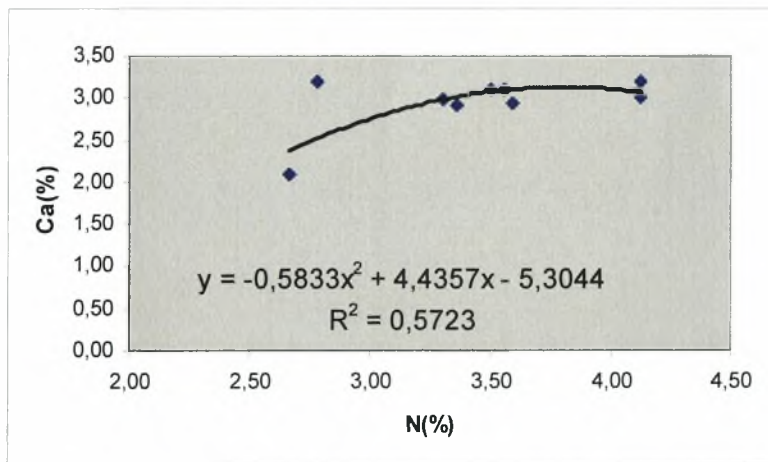
	N (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)	Ca (%)
N (%)	1	0,073	0,075	0,1047	0,5723
P (%)		1	0,3169	0,4164	0,3091
K (%)			1	0,1216	0,1132
Mg (%)				1	0,1611



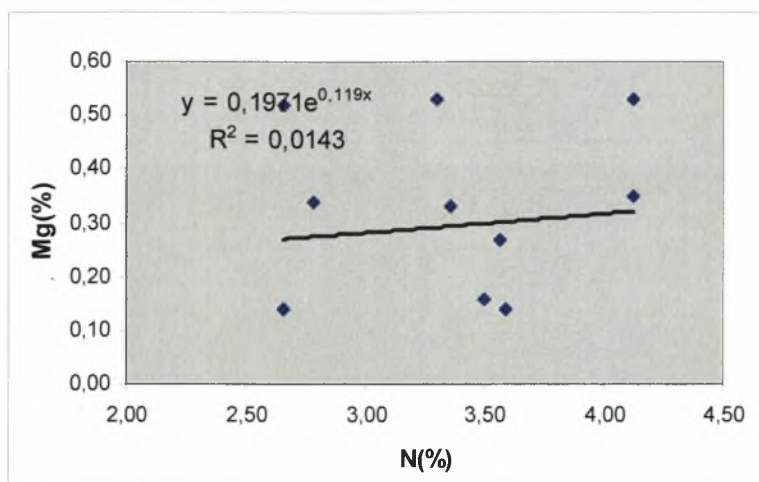
**Διάγραμμα 5.7. Η μεταβολή του N σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα σε P στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Καστρί.**



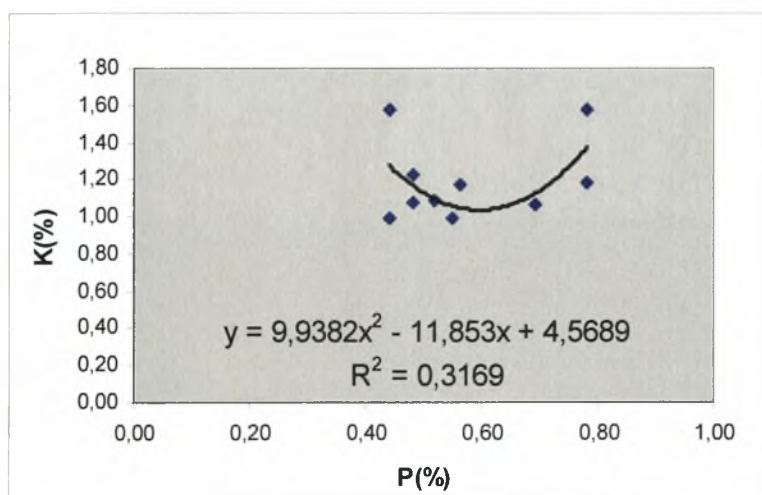
**Διάγραμμα 5.8.** Η μεταβολή του N σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα σε K στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Καστρί.



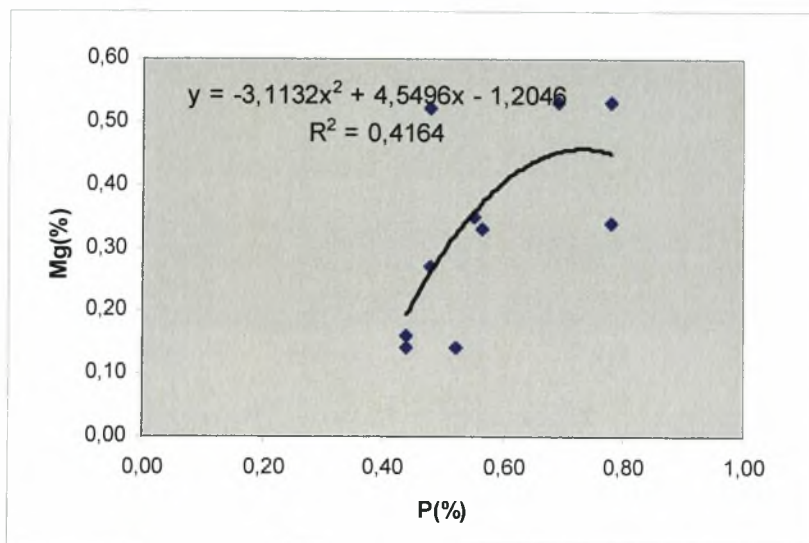
**Διάγραμμα 5.9.** Η μεταβολή του N σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα σε Ca στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Καστρί.



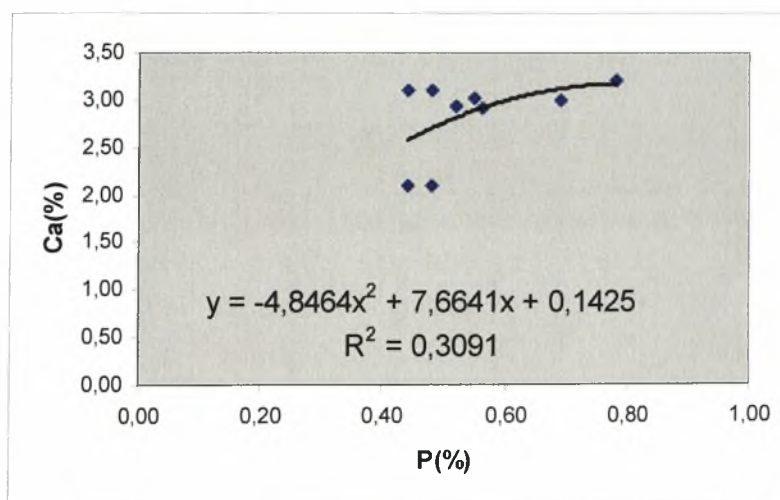
**Διάγραμμα 5.10.** Η μεταβολή του N σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα σε Mg στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Καστρί.



**Διάγραμμα 5.11.** Η μεταβολή του P σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα σε K στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Καστρί.

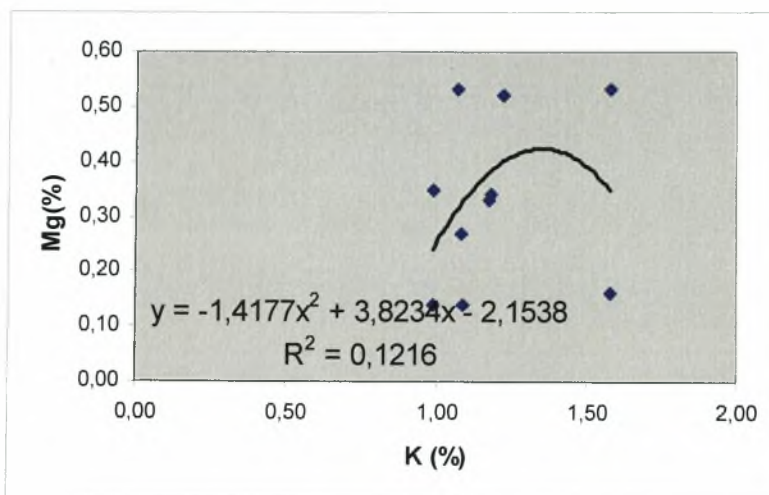


**Διάγραμμα 5.12.** Η μεταβολή του P σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα σε Mg στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Καστρί.

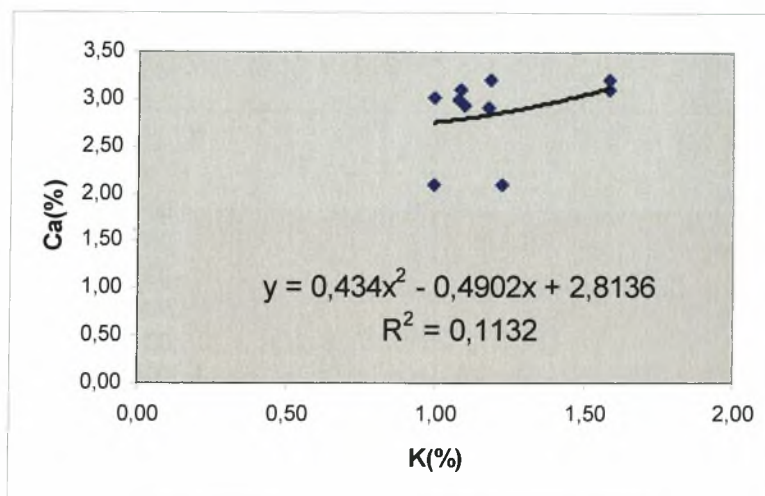


**Διάγραμμα 5.13.** Η μεταβολή του P σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα σε Ca στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Καστρί.

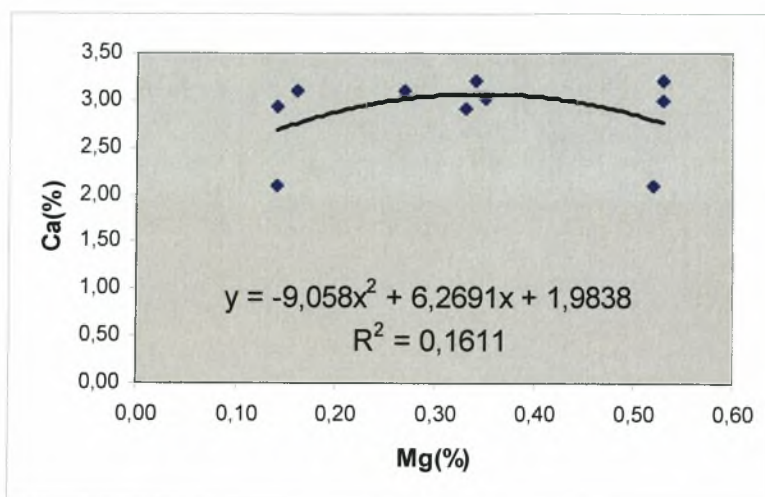




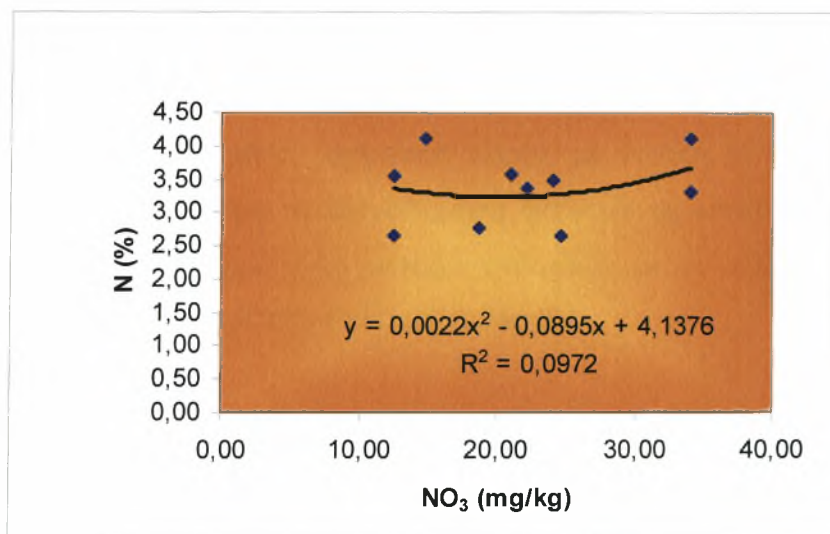
**Διάγραμμα 5.14.** Η μεταβολή του K σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα σε Mg στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Καστρί.



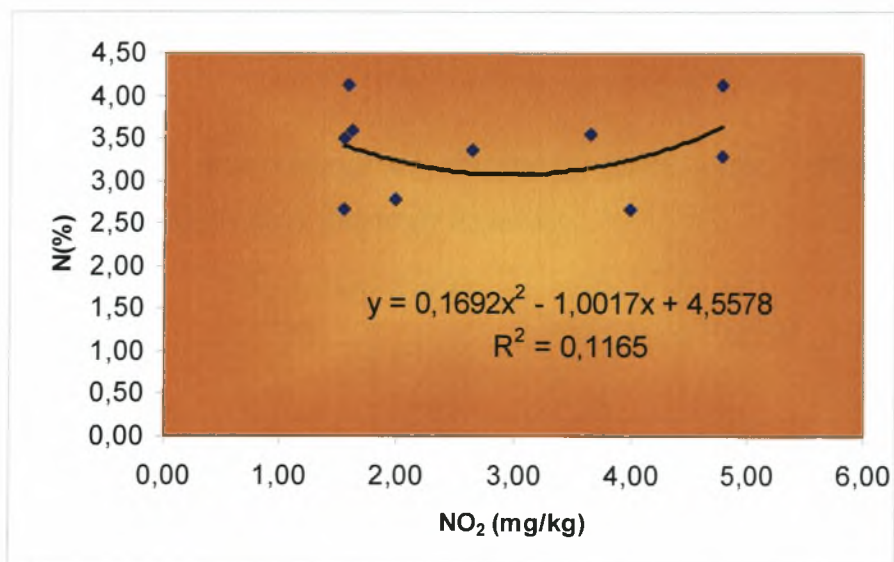
**Διάγραμμα 5.15.** Η μεταβολή του K σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα σε Ca στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Καστρί.



**Διάγραμμα 5.16.** Η μεταβολή του Mg σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα σε Ca στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Καστρί.



**Διάγραμμα 5.17.** Η σχέση μεταξύ νιτρικών ιόντων στα εδαφικά δείγματα με την επί τοις % περιεκτικότητα σε N στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Καστρί.



**Διάγραμμα 5.18.** Η σχέση μεταξύ νιτρωδών στα εδαφικά δείγματα με την επί τοις % περιεκτικότητα σε N στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Καστρί.

**Συμπερασματικά**, στο χωριό Καστρί παρατηρήθηκε ότι τα εδάφη είναι ελαφρώς αλκαλικά με  $pH \sim 8.00$ , φτωχά σε οργανική ουσία, με υψηλή % περιεκτικότητα σε  $CaCO_3$ . Επίσης, σύμφωνα με τα διαγράμματα φαίνεται να υπάρχει σχέση μεταξύ νιτρικών ιόντων με το κάδμιο και μεταξύ νιτρωδών με το κάδμιο στα εδαφικά δείγματα καθώς επίσης και μεταξύ P(%) με το Mg(%).

## ΑΧΙΛΛΕΙΟ

Στη περιοχή Αχίλλειο συλλέχθηκαν 8 δείγματα.

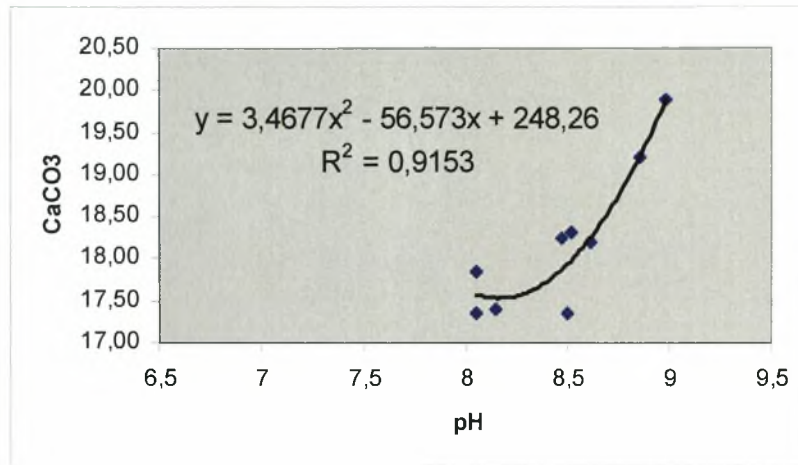
**Πίνακας 21. Οι φυσικοχημικές ιδιότητες (min, max, mean) των εδαφικών δειγμάτων στη περιοχή Αχίλλειο.**

	pH	Οργανική ουσία	CaCO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub> (mg/kg)	NO <sub>2</sub> (mg/kg)	Cd (mg/kg) Ξ.Ο.
min	8,05	1,10	17,36	17,60	0,26	16,00
max	8,98	3,20	19,90	24,90	2,67	23,00
mean	8,52	1,98	18,31	20,98	1,65	19,29

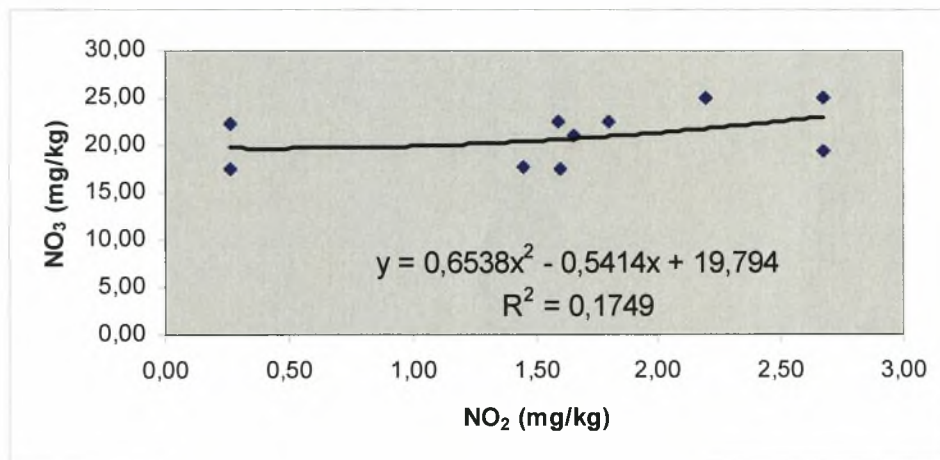
**Πίνακας 22. Οι μετρήσεις των φυτικών δειγμάτων στη περιοχή Αχίλλειο.**

	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Cd (mg/kg) Ξ.Ο.
min	2,96	0,36	1,04	2,01	0,16	30,40
max	3,88	0,78	1,48	3,90	0,53	43,70
mean	3,44	0,50	1,25	3,13	0,33	25,07

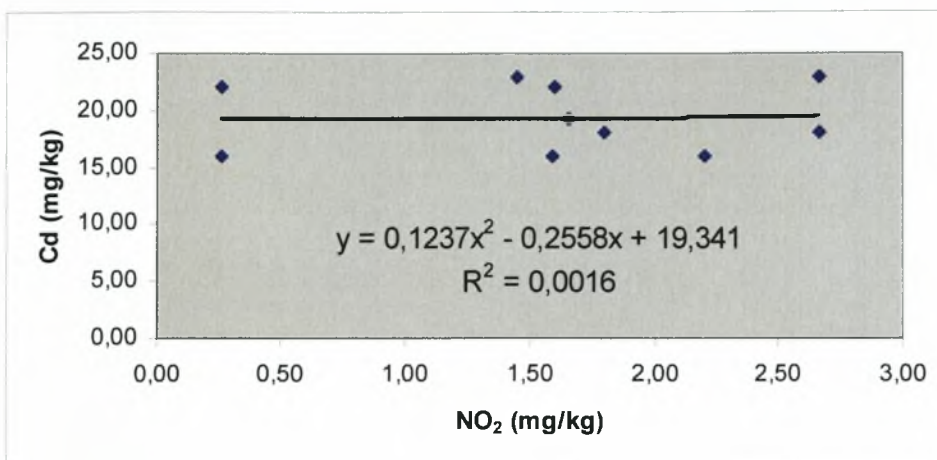
Στην περιοχή Αχίλλειο το σύνολο των εδαφικών δειγμάτων που συλλέχθηκαν είχαν [NO<sub>3</sub><sup>-</sup>] <50 ppm.



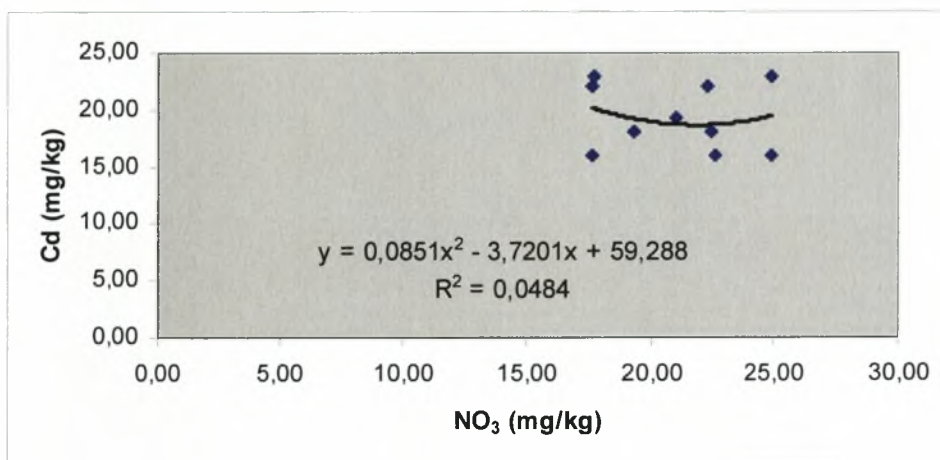
Διάγραμμα 6. 1. Η μεταβολή του pH σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα σε CaCO<sub>3</sub> στη περιοχή Αχίλλειο.



Διάγραμμα 6.2. Η συσχέτιση μεταξύ νιτρικών και νιτρικών στα εδαφικά δείγματα στη περιοχή Αχίλλειο.



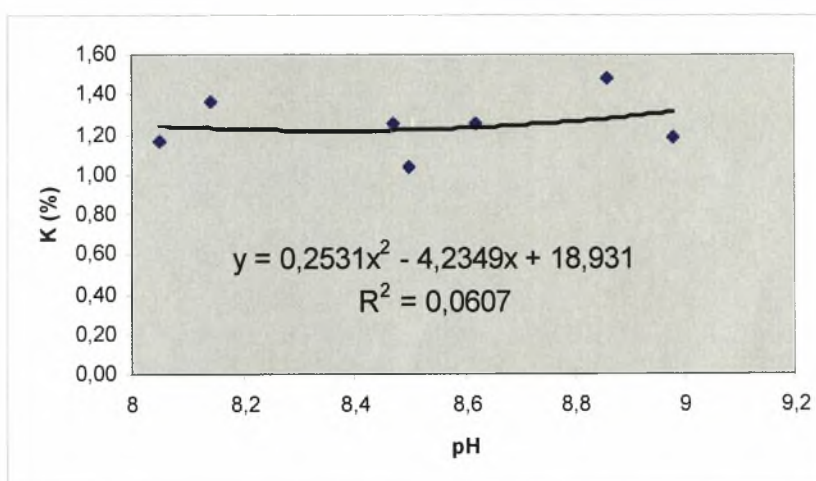
**Διάγραμμα 6.3.** Η συσχέτιση μεταξύ νιτρωδών και καδμίου στα εδαφικά δείγματα στη περιοχή Αχίλλειο.



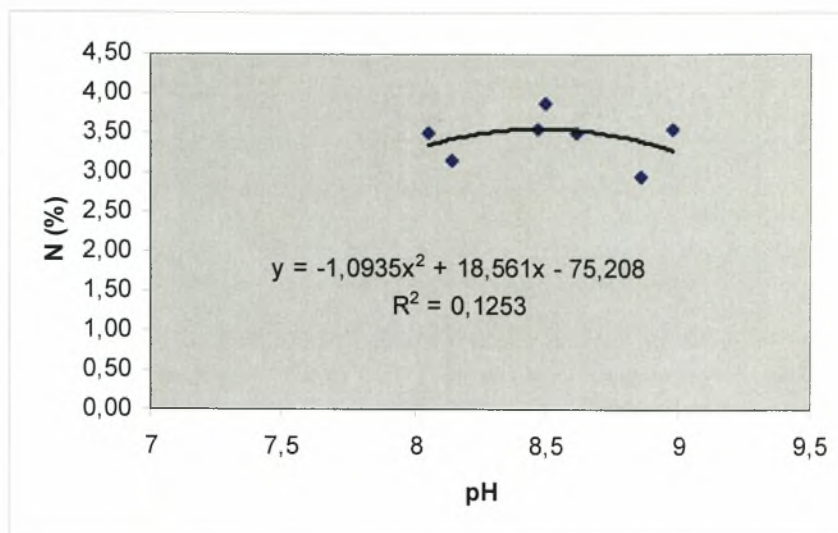
**Διάγραμμα 6.4** Η συσχέτιση μεταξύ νιτρικών και καδμίου στα εδαφικά δείγματα στη περιοχή Αχίλλειο.

Πίνακας 23. Συγκεντρωμένες οι τιμές του  $R^2$  μεταξύ νιτρωδών, νιτρικών και καδμίου στα εδαφικά δείγματα στη περιοχή Αχίλλειο.

	NO <sub>2</sub> (mg/kg)	NO <sub>3</sub> (mg/kg)	Cd (mg/kg) Ξ.Ο.
NO <sub>2</sub> (mg/kg)	1	0,1749	0,0016
NO <sub>3</sub> (mg/kg)		1	0,0484
Cd (mg/kg) Ξ.Ο.			1



Διάγραμμα 6. 5. Η μεταβολή του pH με την επί τοις % περιεκτικότητα σε K στη περιοχή Αχίλλειο.

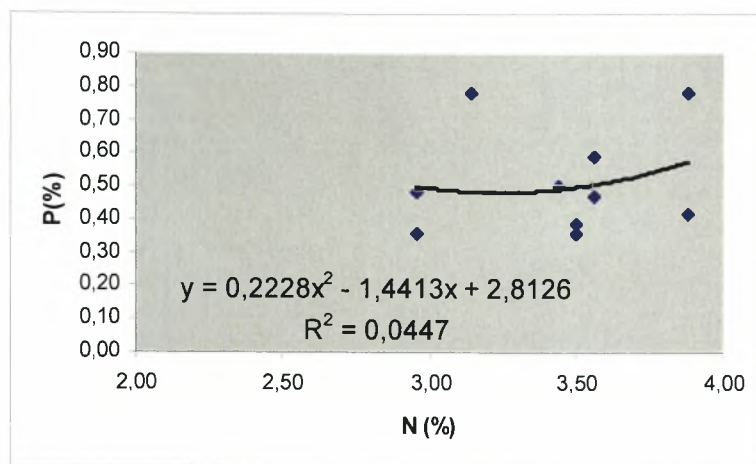


**Διάγραμμα 6. 6.** Η μεταβολή του pH σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα σε N στη περιοχή Αχίλλειο.

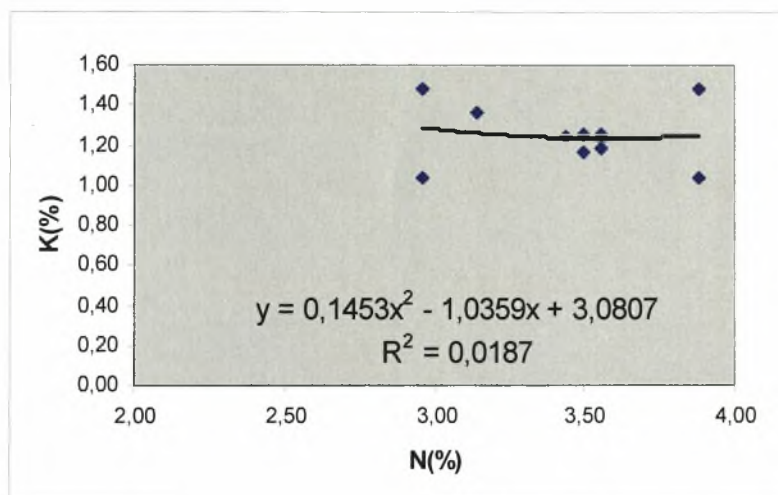
**Πίνακας 24.** Συγκεντρωμένες οι τιμές του  $R^2$  μεταξύ των μετρήσεων στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Αχίλλειο.

	N(%)	P(%)	K (%)	Mg (%)	Ca(%)
N (%)	1	0,0447	0,0187	0,6174	0,3765
P (%)		1	0,4877	0,0793	0,1499
K(%)			1	0,0069	0,1936
Mg (%)				1	0,3239

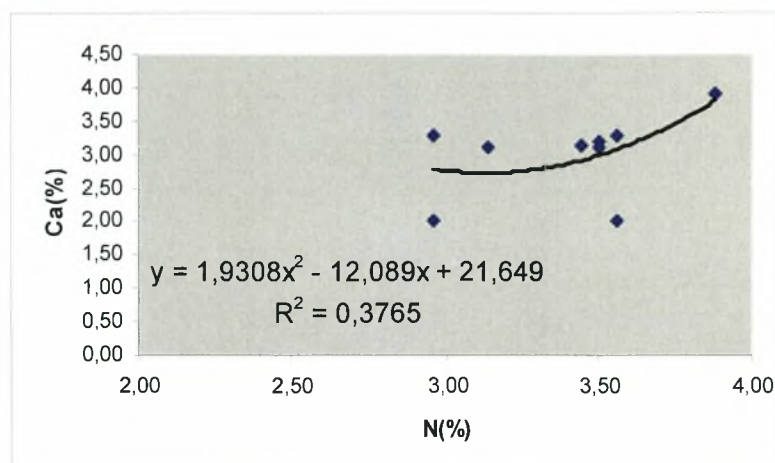




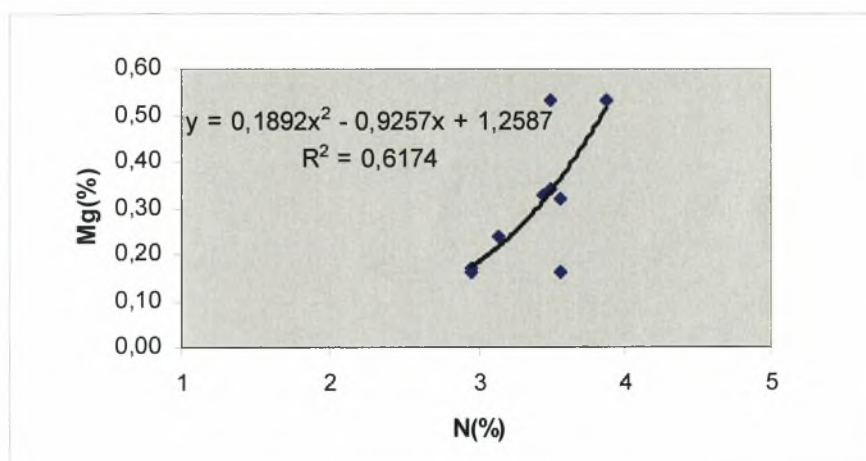
**Διάγραμμα 6.7.** Η μεταβολή του N(%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα σε P στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Αχίλλειο.



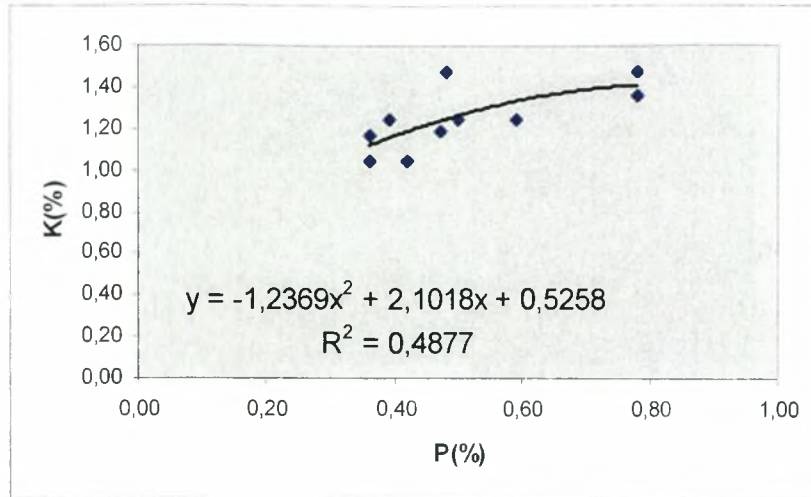
**Διάγραμμα 6.8.** Η μεταβολή του N(%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα σε K στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Αχίλλειο.



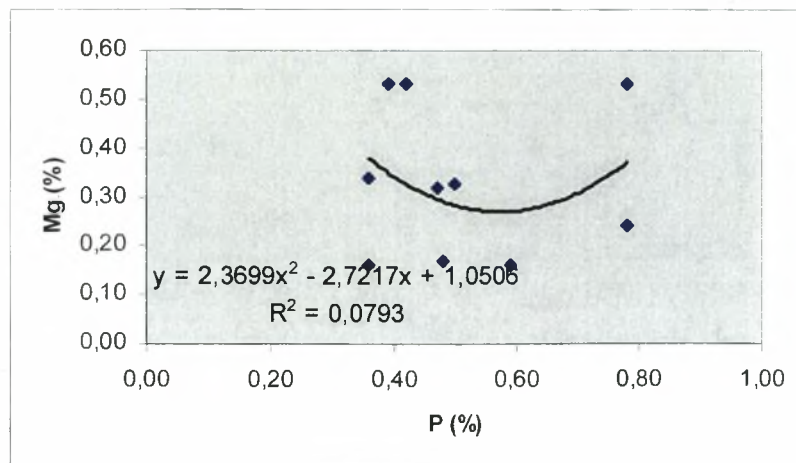
**Διάγραμμα 6.9.** Η μεταβολή του N(%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα σε Ca στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Αχίλλειο.



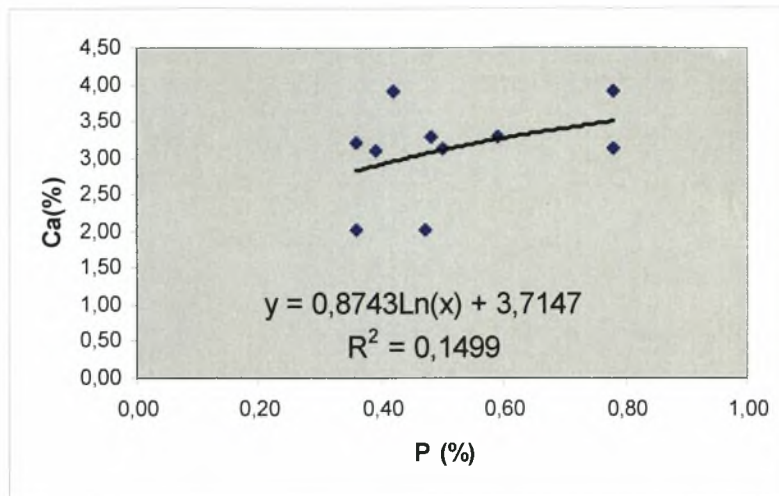
**Διάγραμμα 6.10.** Η μεταβολή του N(%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα σε Mg στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Αχίλλειο.



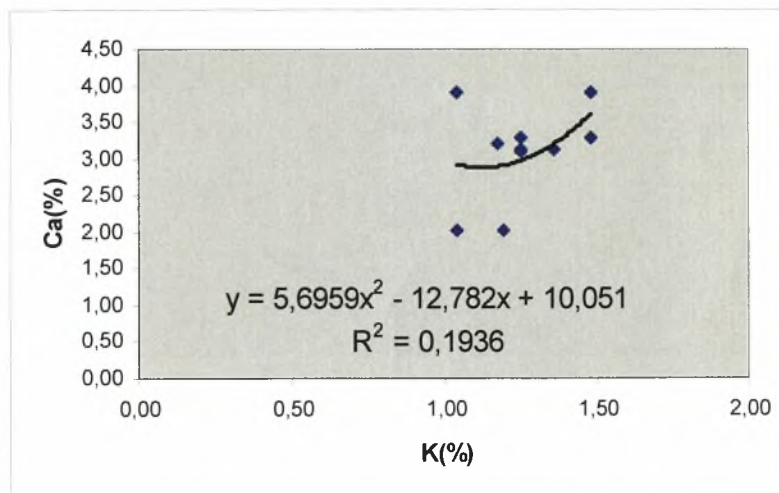
**Διάγραμμα 6.11.** Η μεταβολή του P(%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα σε Κ στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Αχίλλειο.



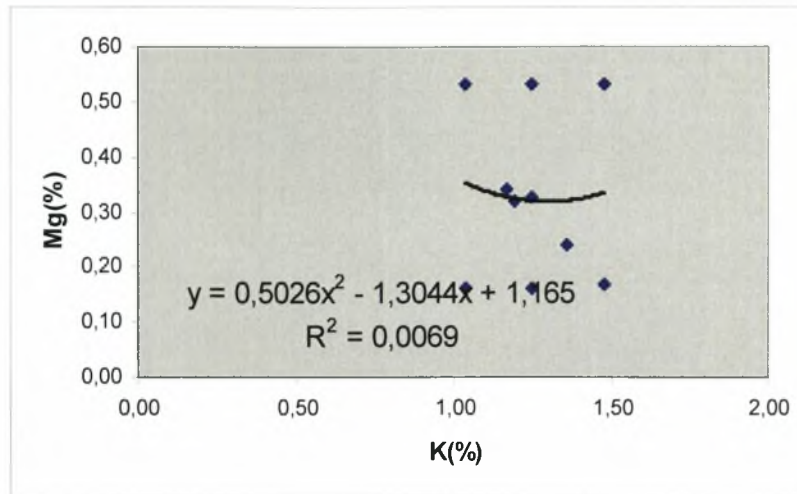
**Διάγραμμα 6.12.** Η μεταβολή του P(%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα σε Mg στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Αχίλλειο.



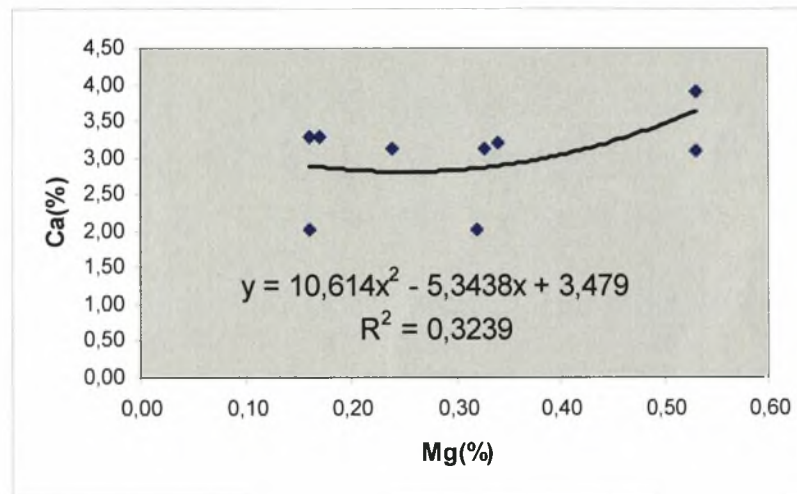
**Διάγραμμα 6.13.** Η μεταβολή του P(%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα σε Ca στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Αχίλλειο.



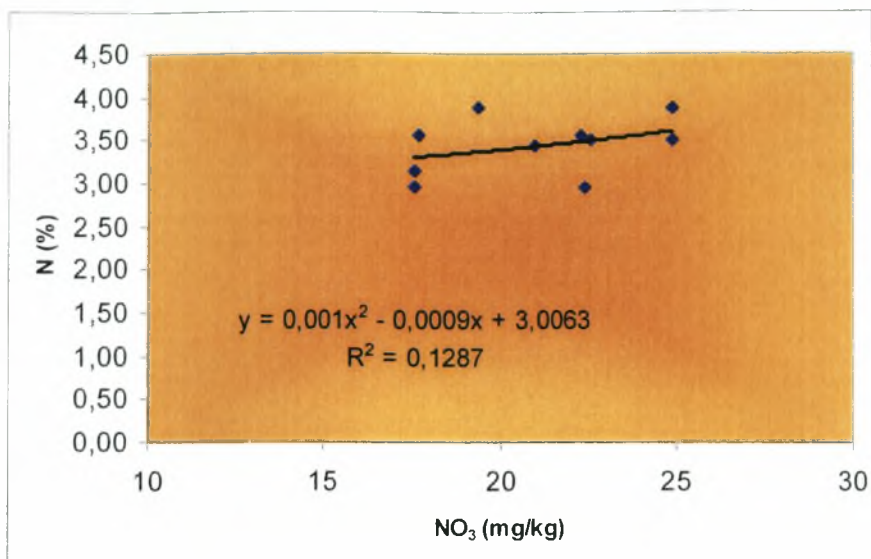
**Διάγραμμα 6.14.** Η μεταβολή του K(%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα σε Ca στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Αχίλλειο.



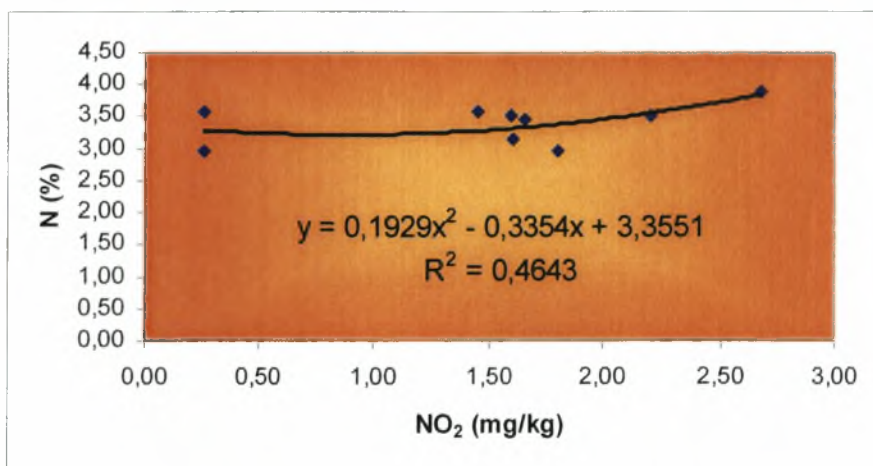
**Διάγραμμα 6.15.** Η μεταβολή του K(%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα σε Mg στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Αχίλλειο.



**Διάγραμμα 6.16.** Η μεταβολή του Mg(%) σε συνάρτηση με την επί τοις % περιεκτικότητα σε Ca στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Αχίλλειο.



Διάγραμμα 6.17. Η σχέση μεταξύ νιτρικών ιόντων στα εδαφικά δείγματα με την επί τοις % περιεκτικότητα σε N στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Αχίλλειο.



Διάγραμμα 6.18. Η σχέση μεταξύ νιτρωδών στα εδαφικά δείγματα με την επί τοις % περιεκτικότητα σε N στα φυτικά δείγματα στη περιοχή Αχίλλειο.

**Συμπερασματικά**, στο χωριό Αχίλλειο παρατηρήθηκε ότι τα εδάφη είναι ελαφρώς αλκαλικά με  $\text{pH} \sim 8.00$ , φτωχά σε οργανική ουσία, με υψηλή % περιεκτικότητα σε  $\text{CaCO}_3$ . Επίσης, σύμφωνα με τα διαγράμματα φαίνεται να υπάρχει σχέση μεταξύ N (%) με Mg (%) στα φυτικά δείγματα καθώς και μεταξύ  $\text{pH}$  με το  $\text{CaCO}_3$  στα εδαφικά δείγματα.

## 7.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το σύνολο των χωριών που συμμετείχαν στο πείραμα (Αρμένιο, Νίκη, Μελία, Μέλισσα, Καστρί και Αχίλλειο) παρατηρήθηκε ότι έχουν εδάφη ελαφρώς αλκαλικά, είναι φτωχά σε οργανική ουσία ενώ έχουν υψηλά επίπεδα % ανθρακικού ασβεστίου ( $\text{CaCO}_3$ ).

Στα διαγράμματα που έγιναν μεταξύ των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των εδαφικών δειγμάτων, μεταξύ των στοιχείων στα φυτικά δείγματα καθώς και μεταξύ των στοιχείων των εδαφικών με των φυτικών δειγμάτων, σε όλα τα χωριά, παρατηρήθηκε πως δεν υπήρχε σχέση μεταξύ τους εκτός από λίγες περιπτώσεις που είναι οι εξής:

Στο Αρμένιο παρατηρήθηκε πως υπάρχει σχέση μεταξύ νιτρικών ιόντων ( $\text{NO}_3$ ) και καδμίου (Cd) στα εδαφικά δείγματα.

Στη Μελία παρατηρήθηκε πως υπάρχει σχέση μεταξύ του N (%) και του P (%) στα φυτικά δείγματα.

Στο Καστρί παρατηρήθηκε ότι υπάρχει σχέση μεταξύ των νιτρικών ιόντων ( $\text{NO}_3$ ) και του καδμίου (Cd), μεταξύ των νιτρικών ( $\text{NO}_2$ ) και του καδμίου (Cd) στα εδαφικά δείγματα και μεταξύ P(%) και Mg (%) στα φυτικά δείγματα.

Στο Αχίλλειο παρατηρήθηκε σχέση μεταξύ N(%) και Mg (%) στα φυτικά δείγματα καθώς και μεταξύ του pH με το  $\text{CaCO}_3$  στα εδαφικά δείγματα.



## 8.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

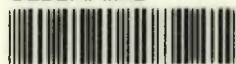
1. ΓΑΛΑΝΟΠΟΥΛΟΥ-ΣΕΝΔΟΥΚΑ ΣΤΕΛΛΑ,1999, ΓΕΝΙΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, σελ.(134-135)(148-152).
2. ΓΑΛΑΝΟΠΟΥΛΟΥ ΣΕΝΔΟΥΚΑ ΣΤΕΛΛΑ, ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΦΥΤΑ, Εκδόσεις ΑΘ. ΣΤΑΜΟΥΛΗΣ, σελ.(23-28)(73-77)
3. ΜΗΤΣΙΟΣ Κ. ΙΩΑΝΝΗΣ(Ph.D.)2004, ΓΟΝΙΜΟΤΗΤΑ ΕΔΑΦΩΝ,Εκδόσεις Zymel,σελ.181-215.
4. ΣΦΗΚΑΣ, Α.Γ. 1988. Ειδική ΓεωργίαII. Βιομηχανικά Φυτά. Θεσσαλονίκη. σελ.(73-77)
5. ΧΑΙΝΤΟΥΝΗ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΑ

5.<http://www.uoi.gr/life/Metala.htm#Olik> Κάδμιο

6. Smith, K.A., I.P. McTaggar, 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*. No 4: (Supplement: Soils and the Greenhouse Effect). Σελ.(9-10)



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000097340