

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

**ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**«Επίδραση των Φυσικοχημικών Ιδιοτήτων στην ανοργανοποίηση  
του Οργανικού Αζώτου στα Τενάγη των Φιλίπων»**

**ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΧΑΡΟΥΛΗΣ**  
**ΓΕΩΠΟΝΟΣ**

**ΒΟΛΟΣ 2010**

**«Επίδραση των Φυσικοχημικών Ιδιοτήτων στην ανοργανοποίηση  
του Οργανικού Αζώτου στα Τενάγη των Φιλίπων»**

## Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

Α. Δημήρκου (Επιβλέπων)  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας  
Σ.Τζώρτζιος  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας  
Ν. Δαναλάτος  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Καθηγήτρια  
Εδαφολογία – Χημεία Εδάφους  
Καθηγητής  
Βιομετρία – Εφαρμογές Στατιστικής  
Καθηγητής  
Γεωργία – Πρότυπα Ανάπτυξη Φυτών

**ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ Β. ΧΑΡΟΥΛΗΣ**

**«Επίδραση των Φυσικοχημικών Ιδιοτήτων στην ανοργανοποίηση  
του Οργανικού Αζώτου στα Τενάγη των Φιλίπων»**

**ISBN**

**Αθανάσιος Β. Χαρούλης, 2010. «Επίδραση των Φυσικοχημικών Ιδιοτήτων στην ανοργανοποίηση του Οργανικού Αζώτου στα Τενάγη των Φιλιππων».**

**Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.**

10 Προκαταρτικές σελίδες, 124 Σελίδες, 44 Πίνακες, 12 Σχήματα, 7 Σελίδες Βιβλιογραφία, 4 Σελίδες Αγγλικής Περίληψης, 33 Σελίδες Παράρτημα.

### Περίληψη

Στην παρούσα διατριβή μελετήθηκε η επίδραση των Φυσικοχημικών Ιδιοτήτων στην ανοργανοποίηση του Οργανικού Αζώτου στην περιοχή των Τεναγών των Φιλιππων, των κύριων καλλιεργειών της περιοχής μελέτης:

α) καλαμπόκι β) ζαχαρότευτλα γ) βιομηχανική ντομάτα δ) σιτάρι..

Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιήθηκε ο λεπτομερής Εδαφολογικός Χάρτης της περιοχής, ο οποίος συντάχθηκε με το σύστημα της λεπτομερούς προοδευτικής χαρτογράφησης. Η περιγραφή των εδαφοτομών έγινε σύμφωνα με το Soil Survey Manual (1981), η δε ταξινόμηση με το Soil Taxonomy(1999).

Προκειμένου να μελετηθούν οι διάφορες εδαφοσυναρτήσεις του αζώτου και στη συνέχεια να συσχετισθούν με τις φυσικές και τις χημικές ιδιότητες των εδαφών, πραγματοποιήθηκαν εργαστηριακές αναλύσεις εδαφικών δειγμάτων και φυτικών ιστών που ήταν απαραίτητες για την εγκατάσταση πειραμάτων επώασης.

Εγκαταστάθηκαν πειράματα αερόβιας επώασης για την ανοργανοποίηση αζώτου στο εργαστήριο σε ελεγχόμενες συνθήκες. Αυτά διεξήχθησαν σε σταθερές θερμοκρασίες 25 και 35 °C αντίστοιχα, και συμπερελήφθηκαν οι κύριοι τύποι των εδαφών τα οποία μελετήθηκαν.

Προκειμένου να διερευνηθούν οι φυσικές και χημικές εδαφικές ιδιότητες, έγιναν οι παρακάτω εργαστηριακοί προσδιορισμοί:

Κοκκομετρική σύσταση, pH, Φαινόμενο Ειδικό Βάρος, Οργανική ουσία, Ολικό άζωτο του εδάφους, Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων, Ανταλλάξιμες Βάσεις, Ιχνοστοιχεία και ισοδύναμο CaCO<sub>3</sub>. Τα δεδομένα των αναλύσεων χρησιμοποιήθηκαν στις συσχετίσεις με την ανοργανοποίηση του αζώτου.

Από τη στατιστική ανάλυση (linear regression) βρέθηκε ότι υπάρχει συσχέτιση στατιστικά σημαντική μεταξύ του ολικού εδαφικού αζώτου και της Ικανότητας Ανταλλαγής Κατιόντων, μεταξύ του ολικού αζώτου και της περιεκτικότητας των εδαφών σε οργανικό άνθρακα και άργιλλο, καθώς και μεταξύ της IAK και του

οργανικού άνθρακα. Από τα παραπάνω φαίνεται ότι σε κάθε μεταβολή του οργανικού άνθρακα και της ΙΑΚ μεταβάλλεται και το ολικό άζωτο, τόσο στα οργανικά όσο και στα ανόργανα εδάφη.

Από τα πειράματα αποδείχθηκε ότι η ορυκτοποίηση του αζώτου ήταν μεγαλύτερη τις πρώτες εβδομάδες, αλλά μειώθηκε σημαντικά κατά τις επόμενες. Επίσης, οι τιμές ανοργανοποίησης επηρεάζονται σημαντικά (στατιστικά) από τη μεταβολή της θερμοκρασίας διεξαγωγής των πειραμάτων επώασης.

Η δραστηριότητα των μικροοργανισμών ήταν έντονη στις υψηλότερες θερμοκρασίες.

Η ποσότητα του ορυκτοποιηθέντος αζώτου σε εργαστηριακές συνθήκες ( $\theta=35^{\circ}\text{C}$ ) ήταν μεγαλύτερη από την αντίστοιχη σε  $\theta=25^{\circ}\text{C}$ , για τα ίδια εδάφη. Επίσης, στα επιφανειακά εδάφη οι τιμές της νιτροποίησης βρέθηκαν ότι είναι μεγαλύτερες από εκείνες της αμμωνιοποίησης.

Οι μεγαλύτερες τιμές ανοργανοποίησης παρατηρήθηκαν στα οργανικά εδάφη με υπολείμματα καλλιέργειας ζαχαροτεύλων ή βιομηχανικής τομάτας.

Από τον υπολογισμό των δυναμικών ανοργανοποίησης αζώτου, βρέθηκε ότι οι τιμές (άθροισμα νιτρικών και αμμωνιακών) στα οργανικά εδάφη ήταν μεγαλύτερες από εκείνες των ανοργάνων εδαφών.

Μία στατιστικά σημαντική γραμμική σχέση βρέθηκε μεταξύ του ολικού αζώτου των επιφανειακών οριζόντων και του ορυκτοποιηθέντος.

Επίσης υπολογίσθηκε η επί τοις % μετατροπή του ολικού εδαφικού αζώτου σε ανόργανη μορφή.

Οι τιμές της σταθεράς ανοργανοποίησης αζώτου  $k$  των επιφανειακών οριζόντων των εδαφών που μελετήθηκαν διέφεραν και αυξήθηκαν με την αύξηση της θερμοκρασίας από  $25^{\circ}\text{C}$  (0,050-0,065) σε  $35^{\circ}\text{C}$  (0,052-0,068)

Βρέθηκε ότι υπάρχει σχέση μεταξύ του αζώτου των επιφανειακών εδαφικών οριζόντων που ανοργανοποιήθηκε στη θερμοκρασία των  $25^{\circ}\text{C}$  και  $35^{\circ}\text{C}$  ( $t=30$  εβδομάδες) με τον οργανικό εδαφικό άνθρακα, καθώς και με το ολικό άζωτο.

Επίσης, βρέθηκε στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ των δυναμικών ανοργανοποίησης αζώτου όλων των εδαφικών οριζόντων που ανοργανοποιήθηκε στη θερμοκρασία των  $25^{\circ}\text{C}$  και  $35^{\circ}\text{C}$  και του αζώτου που ορυκτοποιήθηκε στα πειράματα επώασης.

Τέλος, παρατηρήθηκε ότι υπήρχαν αντίστοιχες συσχετίσεις (στατιστικά σημαντικές) μεταξύ των δυναμικών ανοργανοποίησης αζώτου των επιφανειακών εδαφικών

οριζόντων όπου έγιναν μεταχειρίσεις με προσθήκη φυτικών υπολειμμάτων και του αζώτου που ορυκτοποιήθηκε στα πειράματα επώασης στη θερμοκρασία των 35 °C.

Οι τιμές ανοργανοποίησης αζώτου των φυτικών υπολειμμάτων των καλλιεργειών εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το είδος του φυτικού υλικού (προέλευση), από τη θερμοκρασία καθώς και από τον εδαφικό τύπο στον οποίο ενσωματώθηκαν.



## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες σε όλους όσους με βοήθησαν κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας διδακτορικής διατριβής.

- Κατ' αρχήν θα ήθελα να ευχαριστήσω τον αείμνηστο καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Περιβάλλοντος Ιωάννη Μήτσο, ο οποίος ήταν και ο επιβλέπων, για την συνεχή και πολύτιμη βοήθεια, υποστήριξη και καθοδήγηση στη διάρκεια εκπόνησης της έρευνας

- Την καθηγήτρια του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών κ. Κωνσταντίνα Χαϊντούτη, μέλος της αρχικής τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής, για τις πολύτιμες συμβουλές και τη συνεργασία.

Τον τακτικό ερευνητή του ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε, κ. Θεόδωρο Καρυώτη, μέλος της αρχικής τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής. Η ενθάρρυνσή του να ασχοληθώ με θέματα αζώτου, υπήρξε καθοριστική για την επιλογή του θέματος καθώς η βοήθειά του στα αρχικά στάδια της διατριβής. Επίσης, η συνεισφορά του υπήρξε ουσιαστική, ειδικά στα σχόλια και την εποικοδομητική κριτική του στο κείμενο που βοήθησαν σημαντικά στην ποιότητά της.

- Την Αναπληρώτρια καθηγήτρια του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κ. Ανθούλα Διμήγκου, επιβλέπουσα καθηγήτρια, για τις κατευθύνσεις, την ιδιαίτερα προσεκτική και επιμελημένη διόρθωση των κειμένων και την ηθική συμπαράσταση της.

- Τον καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Περιβάλλοντος κ. Στέργιο Τζιώρτζιο μέλος της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής για τις συμβουλές και προτάσεις στα θέματα της στατιστικής επεξεργασίας.

- Τον καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Περιβάλλοντος κ. Νικόλαο Δαναλάτο μέλος της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής, για τις παρατηρήσεις του κατά τη συγγραφή της διατριβής

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους συναδέλφους μου στο Εργαστήριο του Ινστιτούτου Χαρτογράφησης και Ταξινόμησης Εδαφών Λάρισας για τη βοήθειά τους, αλλά ιδιαίτερα εκείνους με τους οποίους συνεργάστηκα στο πλαίσιο της ερευνητικής μου εργασίας.

Ειδικότερα, ευχαριστώ τον χημικό κ. Θεόδωρο Μητσιμπόνα Αναπλ. Ερευνητή του ΕΘΙΑΓΕ και τον χημικό μηχανικό κ. Τζιουβαλέκα Μιλτιάδη για τη συνεργασία τους και την επίλυση προβλημάτων σχετικών με τις εργαστηριακές αναλύσεις.

Επίσης, ευχαριστώ τη γεωπόνο κ. Κατσιλούλη Ειρήνη, καθώς και τα μέλη του προσωπικού του εργαστηρίου κ.κ. Πάπα Ευαγγελία, Γρυπάρη Παρασκευή, Δραγοΐδου Αικατερίνη, Μαντέλλου Ντίνα, Τσιακάλη Ιωάννη και Παναγούλη Δήμητρα για την σημαντική βοήθειά τους ολόκληρο το χρονικό διάστημα που διήρκεσαν οι εργαστηριακές αναλύσεις.

Οφείλω να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου προς την οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράστασή της σε όλη τη διάρκεια των εργασιών της διατριβής. Χωρίς την πολύπλευρη και απεριόριστη βοήθειά της η ολοκλήρωση της διδακτορικής διατριβής δε θα ήταν δυνατή.

Με τιμή

Αθαν. Χαρούλης

Αναπληρωτής Ερευνητής του ΕΘΙΑΓΕ

Στη γυναίκα μου Ζωή

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> – ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Τενάγη Φιλίππων - Ιστορική Αναδρομή	Σελ. 1
Προέλευση – Γένεση	2
ΤΑ ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΕΔΑΦΗ	3
1. Γενικά	3
1.1. Γένεση Οργανικών Εδαφών	4
1.2. Χημική σύσταση και ιδιότητες	5
Μη χουμικές ουσίες	5
Χουμικές ουσίες	5
1.3. Φυσικές ιδιότητες	6
1.4. Παγκόσμια αποθέματα τύρφης και η εκμετάλλευσή τους	7
1.5. Ποιότητα τύρφης των Τεναγών	8
1.6. Ταξινόμηση οργανικών εδαφών	8
1.6.1. Διαγνωστικά χαρακτηριστικά των οργανικών εδαφών	8
1.6.2. Το Πάχος των Οργανικών Εδαφικών Υλικών	10
1.6.3. Υποτάξεις των <i>Histosols</i>	10
1.6.4. Μεγάλη Ομάδα <i>Haplosaprists</i>	10
1.6.5. Υπο-ομάδες	10
ΑΖΩΤΟ	11
1.7.1. Μορφές εδαφικού αζώτου	11
1.7.2. Μετατροπές και μετακινήσεις αζώτου στο εδαφικό σύστημα	13
α1) Μη βιολογική δέσμευση αζώτου	14
α2) Βιολογική δέσμευση αζώτου	14
β) Πρόσληψη	15
γ) Ανοργανοποίηση	15
δ) Ακινητοποίηση	18
ε) Απονιτροποίηση	19
στ) Εξαέρωση	20
ζ) Δέσμευση του αμμωνίου	21
η) Έκπλυση	21

1.7.3.	Αζωτο και επιπτώσεις στο περιβάλλον	22
1.7.4.	Μοντέλα Εκπλυσης Αζώτου	25

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ**

2.	Περιγραφή της περιοχής	27
2.1.	Θέση - Έκταση	27
2.2.	Κλίμα	27
	α. Βροχοπτώσεις	28
	β. Θερμοκρασία	28
	γ. Χαρακτηρισμός του κλίματος	29
	δ. Λοιπά κλιματολογικά φαινόμενα	33
	ε. Το καθεστώς εδαφικής θερμοκρασίας	33
	στ. Το καθεστώς εδαφικής υγρασίας	33
2.3.	Γεωλογία της ευρύτερης περιοχής	34
2.3.1.	Γεωλογικοί σχηματισμοί- πετρώματα	35
2.3.1.1.	Κρυσταλικά πετρώματα	35
2.3.1.2.	Τριτογενές	35
2.3.1.3.	Τεταρτογενές	35
	α..Ολόκαινο	35
	β. Πλειστόκαινο	36
2.4.	Γεωμορφολογία	36
2.5.	Φυσιογραφία - Ανάγλυφο	37
2.6.	Υδρολογικές συνθήκες	38
2.7.	Καλλιέργειες	38

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ**

3.1.	Μέθοδοι Εργασίας	41
3.1.1.	Προκαταρτικές Εργασίες	41
3.1.2	Εργασίες Υπαίθρου	41
3.1.3.	Εργαστηριακές Αναλύσεις	43
3.2	Πειράματα Ανοργανοποίησης σε συνθήκες εργαστηρίου	45
3.3.	Στατιστική Επεξεργασία Αποτελεσμάτων	46
3.4.	Εδαφολογικός Χάρτης	46

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ**

4.1.	Φυσικές και Χημικές εδαφικές ιδιότητες	47
4.2.	Ανοργανοποίηση	56
4.3	Δεδομένα Ανοργανοποίησης	58

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup> – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

<b>Συμπεράσματα</b>	122
---------------------	-----

<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	125
---------------------	-----

<b>ABSTRACT</b>	132
-----------------	-----

<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</b>	134
------------------	-----

## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>

### ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

#### Τενάγη Φιλίππων – Ιστορική Αναδρομή

Πριν το 1930 ο τυρφώνας σχημάτιζε ένα εκτεταμένο έλος (Σταυρούλιας Π.1994), το οποίο μελετήθηκε από την αμερικάνικη εταιρεία J. MONKS – ULEN κατά τα έτη 1930 – 1940 κι αφορούσε:

- α) την εκσκαφή της κεντρικής τάφρου Φιλίππων μήκους 29 χιλιομέτρων και παίζει σήμερα αρδευτικό ρόλο κατά την θερινή περίοδο
- β) την εκσκαφή ανά χιλιόμετρο δευτερευουσών τάφρων
- γ) την κατασκευή ρουφράκτη με 6 θυροφράγματα στην κοινότητα Συμβολής
- δ) την περαιτέρω εκβάθυνση της φάραγγας του Αγγίτου ποταμού.

Με τα έργα αυτά έγινε η αποξήρανση της περιοχής η οποία στη συνέχεια δόθηκε για γεωργική εκμετάλλευση. Το 1960 συνάπτεται συμφωνία μεταξύ Ελλάδας και της Ολλανδικής εταιρείας GRONTMIJAT DE BILT για σύνταξη εδαφολογικής μελέτης των Τεναγών Φιλίππων με αντικείμενο τη διάγνωση των αιτιών της συνίζησης (subsidence), την αναμενόμενη στο άμεσο μέλλον συνίζηση καθώς και τρόπους αντιμετώπισης ή επιβράδυνσης. Το 1964-65 ερευνητική μελέτη του ΙΓΜΕ έδειξε ότι το επιφανειακό στρώμα πάχους 60 m έχει απόθεμα τύρφης με θερμογόνο δύναμη 2000 kcal/kg.

Το 1968 γίνεται προμελέτη εκμ/σης της τύρφης από την FICHTNER της τότε Δ. Γερμανίας και του BORD – N.A – MONA υπεύθυνο Οργανισμό για την αξιοποίηση των τυρφώνων της Ιρλανδίας. Κατά την άποψη της ΔΕΗ τα αποτελέσματα ήταν ευνοϊκά για ηλεκτροπαραγωγή.

Το 1970-71 έγινε ανάθεση σχετικής μελέτης στη Ρωσική εταιρία ENERGO-MACHEXPORT που την υποβάλλει στην ΔΕΗ. Προβλέπονταν να αξιοποιηθούν 44000 στρ. και θα κάλυπταν το 2,5% των ενεργειακών αναγκών της χώρας. Ο πληθυσμός που θα απομακρυνόταν από την περιοχή ήταν περίπου 12.000 κάτοικοι.

Το 1972 υπογράφηκε προσύμφωνο μεταξύ Ελλάδας και της εταιρείας για εγκατάσταση τριών ατμοηλεκτρικών σταθμών με έκταση ορυχείου περίπου 40.000 στρ.

Το 1976 ύστερα από πολυετείς αντιδράσεις των αγροτών, επιστημόνων, διαφόρων φορέων και συλλόγων εγκαταλείπεται η πρόθεση ενεργειακής εκμετάλλευσης της τύρφης.

Το 1992 το Νομαρχιακό Συμβούλιο της Καβάλας μετά από σχετικές εισηγήσεις της 1<sup>ης</sup> Π.Δ.Ε Β. και του Τ.Ε. Καβάλας απαγορεύει την συνέχιση ανόρυξης τύρφης από την ΓΕΜΕΕ,

μέχρις ότου συνταχθεί από καθηγητές Πανεπιστημίου κοινής αποδοχής μελέτη επιπτώσεων της ανόρυξης τύρφης στις καλλιέργειες των γειτονικών εκτάσεων. Το 1993 η ΓΕΜΕΕ επανέρχεται με νέα πρόταση για ανόρυξη σε 50-60 στρ και βάθος 1 m . Απο τότε η υπόθεση αυτή βρίσκεται σε εκκρεμότητα μέχρι σήμερα.

## **Προέλευση - Γένεση**

Η ευρύτερη πεδινή περιοχή στην οποία περιλαμβάνονται και τα Τενάγη Φιλίππων είναι μια γεωλογική λεκάνη, που περιβάλλεται από τους ορεινούς όγκους Παγγαίου, Φαλακρού, Σύμβολου, Μενοίκιου, Όρη Λεκάνης και λοφώδεις εκτάσεις. Οι τεκτονικές κινήσεις που προκάλεσαν αυτή τη διαμόρφωση πιθανώς να ανάγονται στην Πλειόκαινο εποχή, με εμφάνιση της μέγιστης δραστηριότητας στην Πλειστόκαινο και συνεχίστηκαν μέχρι τα πρόσφατα χρόνια. Εξ' αιτίας των προαναφερόμενων ορεινών όγκων η φυσική στράγγιση επιτυγχάνονταν μόνο από τη Δυτική πλευρά με αποδέκτη τον ποταμό Αγγίτη και στη συνέχεια τον ποταμό Στρυμόνα. Όμως η περιοχή των λόφων που διέσχισε ο Αγγίτης βαθμιαία ανερχόταν με συνέπεια τη σταδιακή, βραδεία αλλά σταθερή ελάττωση της δυνατότητας στράγγισης.

Λόγω της τοπογραφικής κατάστασης και του αργού ρυθμού μείωσης της στράγγισης επικράτησαν λιμνοτελματώδεις συνθήκες που είχαν σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία του κοιτάσματος τύρφης στο πλέον χαμηλό τμήμα της πεδιάδας.

Η σειρά απόθεσης των ιζημάτων επί του κρυσταλλοσχιστώδους υπόβαθρου (Μελιδώνης, Ν. 1969) είναι η παρακάτω:

Λιμναία κατά το πλείστον ιζήματα νεογενούς ηλικίας αποτελούμενα από μάργες, αργίλλους, ψαμμίτες ή μαργαϊκούς ασβεστόλιθους που σε αρκετές περιπτώσεις είναι λιγνιτοφόρα.

Πάνω σ' αυτά αναπτύσσονται κατά τρόπο συνεχή οι αποθέσεις του πλειστόκαινου και ολόκαινου που συνίστανται από εναλλασσόμενα στρώματα αργίλλων ή άμμων και λιγνίτη και στη συνέχεια τύρφης με αργιλλικές ενστρώσεις.

Η συχνότητα και το πάχος των ενστρώσεων μειώνεται τόσο προς τα άνω όσο και από την περιφέρεια προς το κέντρο ώστε στο μέσον περίπου του ευρύτερου ΝΑ τμήματος της λεκάνης η τύρφη να παρουσιάζεται χωρίς αξιόλογες παρεμβολές αργίλλων με πάχος δεκάδων μέτρων.

Η καλή ποιότητα οφείλεται κυρίως:



α) Στην προέλευση των νερών. Προέρχονται κυρίως από ασβεστολιθικούς όγκους πλούσιους σε ασβέστιο και μαγνήσιο.

β) Στο ευνοϊκό κλίμα της περιοχής.

Κάτω από αυτές τις συνθήκες ευνοήθηκε η άφθονη ανάπτυξη υδροχαρών ποωδών φυτών (καλάμια, βρύα κ.λ.π.) που συσσωρεύτηκαν και κάτω από αναερόβιο περιβάλλον αποτέλεσαν την γνωστή τύρφη.

## ΤΑ ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΕΔΑΦΗ

### 1. Γενικά

Τα εδάφη που σχηματίζονται σε συνθήκες κακής στράγγισης σε υγρά ή μετρίως υγρά κλίματα ευνοούν την παραγωγή, αλλά και την συσσώρευση μεγάλων ποσοτήτων οργανικών υλικών που αποτελούν το μητρικό υλικό τους, το οποίο ονομάζεται **τύρφη** (peat). Η δομή των φυτών είναι σχεδόν εμφανής. Όταν η δομή των δεν είναι εμφανής το ονομάζουμε **muck**. Τα εδάφη χαρακτηρίζονται ως οργανικά διότι περιέχουν μεγάλα ποσοστά (>20 % και μέχρι 80 %) οργανικής ουσίας.

Η τύρφη γεωλογικά είναι άνθρακας νεαρής ηλικίας, υπόλειμμα βραδείας αναερόβιου αποσύνθεσης υδρόφιλων φυτών και θεωρείται πρώτο βήμα στο σχηματισμό των ανθράκων: Τύρφη-Λιγνίτης-Υποασφαλτούχος άνθρακας-Ασφαλτούχος άνθρακας-Ημιανθρακίτης-Ανθρακίτης-Γραφίτης (Εδαφολογική Μελέτη Τεναγών, 2001). Το είδος των φυτών από τα οποία σχηματίστηκε η τύρφη έχει μεγάλη σημασία για τον σχηματισμό των εδαφικών συστημάτων.

Υπολείμματα φυτών που προέρχονται από τα γένη *Nufar*, *Potamogeton*, *Ceratophyllum*, σχηματίζουν τύρφη που χαρακτηρίζεται ως ιζηματογενής (**sedimentary peat**). Η τύρφη είναι ένα συμπαγές ελαιοπράσινο υλικό που το χρώμα του μετά την έκθεσή του στο φως γίνεται μαύρο. Δεν παρουσιάζει γεωργικό ενδιαφέρον, διότι η παρουσία στρώσεων στο επιφανειακό στρώμα των εδαφών αυτών και οι δυσμενείς φυσικές ιδιότητες τα καθιστούν ακατάλληλα για καλλιέργεια.

Αντίθετα, φυλλοβόλα δάση ή κωνοφόρα δένδρα που αναπτύσσονται σε ελώδεις περιοχές, δημιουργούν την ξυλώδη τύρφη (**woody peat**) που έχει γεωργικό ενδιαφέρον.

Ενδιάμεσος τύπος είναι η ινώδης τύρφη (**fibrus peat**) που προέρχεται από διάφορα υδροχαρή φυτά π.χ. *Carex*, Βρύοφυτα, ορισμένα *Gramineae* (γένη *Trichoon*, *Arunto* κ.α.) καθώς και είδη του γένους *Typha*. (Μήτσιοι, 2001).

## 1.1. Γένεση Οργανικών Εδαφών

Τα οργανικά εδάφη άρχισαν να σχηματίζονται κυρίως κατά τη Διλούβιο και εν μέρει κατά την *Αλλούβιο* εποχή. Η γένεση αυτών των εδαφών είναι πάντοτε συνδεδεμένη με την ύπαρξη στο έδαφος συνθηκών πλημμελούς στράγγισης. Όταν η τοπογραφική διαμόρφωση μιας περιοχής είναι τέτοια ώστε να εισρεούν σε αυτή τα νερά της επιφανειακής απορροής ή στραγγίζουν υπεδάφια από ψηλότερες περιοχές γύρω από αυτήν (φυσικά εφ' όσον οι βροχοπτώσεις είναι αρκετές), τότε δημιουργείται τέλμα. Στο τέλμα αυτό εγκαθίσταται άφθονη και διαφορετική υδροχαρής βλάστηση σε μια διαδοχή γεννεών, τα υπολείμματα της οποίας αποτίθενται στον πυθμένα κατά στρώσεις, το πάχος των οποίων αυξάνεται συνεχώς και κάποτε, η επάνω επιφάνεια τους φθάνει στην ελεύθερη στάθμη του νερού ή και υψώνεται πάνω από αυτήν.

Τα κύρια χαρακτηριστικά των οργανικών αποθέσεων είναι η ανομοιογένεια τους με το βάθος, η παρουσία κατά θέσεις και σε διάφορα βάθη στρώσεων από ανόργανο υλικό, ή απλώς προσμίξεων σε διαφορετική έκταση τέτοιου υλικού και ο χαμηλός βαθμός διασπάσεως των οργανικών υπολειμμάτων. Η ανομοιογένεια με το βάθος, αντανακλά τη διαδοχή διαφόρων φυτικών ειδών που κυριάρχησαν στο τέλμα κατά διάφορες χρονικές περιόδους στο παρελθόν και που καθορίστηκαν κυρίως, από τις κλιματικές διακυμάνσεις αλλά και από τη σύσταση των ανόργανων προσμίξεων που προστίθεντο κατά διαστήματα από τη διάβρωση των γύρω εδαφών.

Ο χαμηλός βαθμός διάσπασης των οργανικών υπολειμμάτων οφείλεται στην παρουσία του νερού, το οποίο εμποδίζει την επαφή τους με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Αυτό σημαίνει ότι οι οξειδώσεις που είναι η κύρια αιτία διασπάσεων, γίνονται σε πολύ μικρή έκταση και περιορίζονται μόνο στα επιφανειακά στρώματα. Οι περιορισμένες οξειδώσεις πραγματοποιούνται με οξυγόνο διαλυμένο στο νερό που διαχέεται από την επιφάνεια μόνο σε μικρό βάθος.

Πιο κάτω η διείδυση διαλελυμένου οξυγόνου στο νερό σταματά τελείως και οι περιορισμένες διασπάσεις που παρατηρούνται, πραγματοποιούνται από αναερόβιους μικροοργανισμούς. Τα οργανικά υπολείμματα παραμένουν σχεδόν άθικτα όχι μόνον από χημικής πλευράς αλλά διατηρούν αναλλοίωτα τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των φυτών από τα οποία προήλθαν.

Όταν, με τεχνικές επεμβάσεις απομακρυνθούν τα νερά από το τέλμα, τα οργανικά υπολείμματα εκτίθενται στην άμεση επαφή με το οξυγόνο της ατμόσφαιρας αλλά και σε άλλες επιδράσεις, και η διάσπαση τους αρχίζει με γρήγορο ρυθμό, τόσο πιο γρήγορο όσο οι θερμοκρασίες του περιβάλλοντος είναι ψηλότερες και φυσικά η στράγγιση του υλικού είναι

καλύτερη. Από το σημείο αυτό αρχίζει στο επιφανειακό στρώμα, η μετατροπή των οργανικών αποθέσεων που αποτελούν το μητρικό υλικό, σε οργανικό έδαφος.

Η ολοκλήρωση της μετατροπής αυτής στο επιφανειακό στρώμα μπορεί να απαιτήσει πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα αλλά επιταχύνεται με καλλιέργειες εντατικής μορφής (Εδαφολογική Μελέτη Τεναγών Φιλίππων, 2001 ).

Η ταχύτητα σχηματισμού των οργανικών αποθέσεων παρουσίασε αρκετές διαφορές σε διάφορες περιπτώσεις, κυρίως ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες. Ο σχηματισμός τυρφώδους στρώματος πάχους 6,5 cm χρειάζεται 100 χρόνια (Broadbent,1960), ενώ άλλοι ερευνητές αναφέρουν 8,5 cm σε 100 χρόνια (McDowell et al,1969 ).

## **1.2. Χημική σύσταση και ιδιότητες**

Όσον αφορά τη χημική σύσταση των οργανικών υλικών που αποτελούν τις αποθέσεις - μητρικά υλικά των οργανικών εδαφών, αυτή ποικίλει ανάλογα με το είδος και το βαθμό διάσπασης των υλικών αλλά γενικά είναι όμοια με τη σύσταση της οργανικής ουσίας των κοινών εδαφών. Σε γενικές γραμμές ταξινομούνται στις εξής κατηγορίες :

α) Ζώντες μικροοργανισμούς και

β) Οργανική ουσία του εδάφους η οποία διακρίνεται σε μη μετασχηματισθέντα και χουμοποιηθέντα υλικά (χούμος), ο οποίος διακρίνεται σε μη χουμικές ουσίες και χουμικές ουσίες (Kononova,1961).

### **Μη χουμικές ουσίες**

Το κλάσμα αυτό περιλαμβάνει ενώσεις που βρίσκονται στην αρχική ή ελαφρώς τροποποιημένη μορφή τους και δεν έχουν επηρεασθεί από την διεργασία της χουμοποίησης.. Οι ενώσεις αυτές είναι: υδατάνθρακες, αμινοξέα, λίπη, πρωτεΐνες, λιγνίνες, χρωστικές καθώς και οξέα (Flaig,1971και Tan,1986 ).

### **Χουμικές ουσίες**

Περιλαμβάνουν μια σειρά πολύπλοκων οργανικών ενώσεων σκοτεινού μαύρου χρώματος υψηλού μοριακού βάρους. Πρόκειται για τον «χούμο» ο οποίος αποτελεί συστατικό βασικής σπουδαιότητας για τις φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητες του εδάφους. Αποτελείται από τρία επιμέρους κλάσματα, ήτοι: Το χουμικό οξύ, το φουλβικό οξύ και τη χουμίνη (Schnitzer and Khan 1972 ).

Τα οργανικά υλικά χαρακτηρίζονται από μια περιεκτικότητα σε οργανικό C μεταξύ 50 -52 % , H 5-6 % , O 32 % (O' Donnel,1970) και ένα C/N που κυμαίνεται μεταξύ 15 και 60 περίπου. Η τιμή αυτή είναι ενδεικτική υποδηλώνοντας ότι η διάσπαση-χουμοποίηση του υλικού των οργανικών αποθέσεων δεν έχει προχωρήσει σχεδόν καθόλου ή απλώς πολύ λίγο

σε σύγκριση με την οργανική ουσία των συνηθισμένων γεωργικών εδαφών στα οποία το C/N έχει γενικά τιμές μεταξύ 8 και 10.

Τα οργανικά υλικά έχουν επίσης πολύ μεγαλύτερη Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων (ΙΑΚ) που ανάλογα με την προέλευση, φθάνει ή υπερβαίνει τα 350 - 400 cmol/Kg σε σύγκριση με ένα μέσο ανόργανο έδαφος που η ΙΑΚ συνήθως δεν υπερβαίνει τα 25-30 cmol/Kg. Η υψηλή Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων του οργανικού υλικού δίνει μια πολύ μεγάλη ικανότητα ρυθμίσεως του pH σε περιπτώσεις που οι τιμές τείνουν να υποστούν απότομες ή μεγάλες μεταβολές συνέπεια διαφόρων αιτίων. Τέτοιες μεταβολές αν παρατηρούνταν θα είχαν καταστρεπτική επίδραση για οποιαδήποτε μορφή βλάστησης .

Το pH των οργανικών αποθέσεων μπορεί να ποικίλει από τιμές κατώτερες του 4 μέχρι και 8,5 ανάλογα με την προέλευση και την ιστορία σχηματισμού τους.

Σαν ανόργανα συστατικά των οργανικών αποθέσεων νοούνται τόσο οι γαιώδεις προσμίξεις (άμμος, ήλις, άργιλλος, ανθρακικό ασβέστιο) όσο και τα κατά πολύ λιγότερα ανόργανα συστατικά που προσλήφθηκαν από τα φυτά-μητρικά υλικά των οργανικών αποθέσεων κατά τη διάρκεια της ζωής τους. Τα τελευταία χαρακτηρίζονται με τον όρο "τέφρα". Εν τούτοις οι δύο αυτές κατηγορίες συστατικών, γαιώδεις προσμίξεις και η τέφρα των καθαρών φυτικών υπολειμμάτων, προσδιορίζονται συνήθως μαζί με την καύση του δείγματος και συχνά αναφέρονται σαν "τέφρα επί τοις εκατό".

Τα οργανικά υλικά είναι αυξημένα σε σχέση με τα ανόργανα εδάφη σε ολικό άζωτο, σε ασβέστιο και σε θείο και πολύ πτωχότερα σε κάλιο. Εκτός από τα μακροστοιχεία τα ανόργανα υλικά των αποθέσεων είναι συχνά πτωχά σε μερικά από τα μικροστοιχεία , απαραίτητα για την θρέψη και κανονική ανάπτυξη των καλλιεργειών όπως ο χαλκός και μερικές φορές ο ψευδάργυρος, το βόριο και το μαγγάνιο (Μήτσιος,2001). Εκτός της φυσικής χαμηλής ολικής περιεκτικότητας τους στα μικροστοιχεία, τα οργανικά υλικά χαρακτηρίζονται συχνά από ελλείψεις αφομοιωσίμων μορφών των μικροστοιχείων γιατί ορισμένα μεγαλομοριακά οργανικά συστατικά τα δεσμεύουν ισχυρά και έτσι τα καθιστούν μη διαθέσιμα στα φυτά.

### 1.3. Φυσικές ιδιότητες

Οι σπουδαιότερες φυσικές ιδιότητες είναι οι παρακάτω:

- Απορροφούν και συγκρατούν μεγάλες ποσότητες νερού που το καθιστούν εξαιρετικά κατάλληλο σαν απόθεμα για την ανάπτυξη καλλιεργειών. Οι Feustel and Byers (όπως αναφέρει ο Allison 1996) βρήκαν ότι οργανικά υλικά (τύρφη) από βρύα μπορούν να απορροφήσουν νερό σε ποσοστό μέχρι 3.200% κατά βάρος ενώ τύρφη από διάφορα άλλα

φυτά όπως των γενών *Phragmites* (αγριοκάλαμο) ή *Carex* (σπαθόχορτο) κ.α , απορροφούν και συγκρατούν νερό μόνο στο 1/4 έως 1/3 του ποσοστού αυτού.

Ένα σημείο με μεγάλη σπουδαιότητα είναι η δύναμη με την οποία συγκρατείται το νερό και συνεπώς η ευκολία με την οποία είναι διαθέσιμο και μπορεί να προσληφθεί από τα φυτά. Η “συγκράτηση” του νερού που είναι απορροφημένο από τα οργανικά υλικά ποικίλει ευρέως, ανάλογα με την προέλευση των φυτικών ειδών και το βαθμό διάσπασης.

Τα σχετικά αναλλοίωτα οργανικά υπολλείματα όπως εκείνα των βαθύτερων στρωμάτων αποδίδουν εύκολα το νερό το οποίο συγκρατούν, ενώ εκείνα που έχουν υποστεί κάποια διάσπαση όπως τα στρώματα κοντά στην επιφάνεια, το συγκρατούν με πολύ μεγαλύτερη δύναμη και μόνο ένα μικρό μέρος αποδίδεται στα φυτά.

- Το οργανικό υλικό όταν ξηραίνεται συρρικνώνεται σε βαθμό που ποικίλει και αυτό είναι συνέπεια κυρίως της συμπίεσως του κατά την απομάκρυνση του νερού και δευτερευόντως της μείωσης του όγκου των κολλοειδών συστατικών και της βιολογικής οξειδώσεως. Η συρρίκνωση είναι πολύ πιο έντονη τα πρώτα χρόνια μετά την αποξήρανση του τέλματος εφόσον το οργανικό υλικό χρησιμοποιηθεί για καλλιέργεια .

- Έχουν χαμηλή φαινομενική πυκνότητα (από 0,1 μέχρι 0,9 g.cm<sup>-3</sup> ). Η ιδιότητα αυτή έχει μεγάλη σημασία για την αύξηση του ριζικού συστήματος ενός φυτού. Η αύξηση είναι χαρακτηριστική για κάθε είδος και επομένως, κάθε φυτό εκμεταλλεύεται με το ριζικό σύστημα ορισμένο όγκο εδάφους.

- Έχουν μικρή συνεκτικότητα και πλαστικότητα και συνήθως κοκκώδη δομή.
- Σε συνθήκες ξηρασίας η δομή παρουσιάζει μικρή σταθερότητα με αποτέλεσμα το υλικό να κονιορτοποιείται και να διαβρώνεται εύκολα
- Μειώνει την δυνατότητα συμπίεσης του εδάφους από τα γεωργικά μηχανήματα.

#### **1.4. Παγκόσμια αποθέματα τύρφης και η εκμετάλλευσή τους**

Τα παγκόσμια αποθέματα τύρφης είναι πολύ περιορισμένα και αξιολογούνται με βάση την επιφάνεια που καλύπτουν γιατί συνήθως είναι ρηχά. Το βάθος τους φθάνει από 7-11 μέτρα και σε ορισμένα μόνο τροπικά τυρφώδη τα 18 μέτρα.

Χώρες με σημαντικές αποθέσεις τύρφης είναι:

- 1) **Πρώην χώρες της ΕΣΣΔ** και κυρίως η **Ρωσία** κατέχουν την πρώτη θέση σε αποθέματα με 70% της παγκόσμιας παραγωγής .
- 2) Η **Φινλανδία** έχει αποθέματα μέχρι 8,2%. Το 32% της χώρας είναι τυρφώδη έλη.
- 3) Ο **Καναδάς** έχει αποθέματα 7,8%. Τα τυρφώδη έλη καλύπτουν τον κεντρικό Καναδά.

5) Η **Μ. Βρετανία** έχει ποσοστό αποθεμάτων 4,3 % με χρήση προς το παρόν μόνο για αγροτικές εφαρμογές.

7) Η **Ιρλανδία**. Η τύρφη θεωρείται εθνική πηγή πλούτου. Το 1946 ιδρύθηκε ο οργανισμός για την αξιοποίηση των τυρφώνων της χώρας. Το μεγαλύτερο ποσοστό χρησιμοποιείται για ηλεκτροπαραγωγή που καλύπτει το 20% των αναγκών της χώρας.

### 1.5. Ποιότητα τύρφης των Τεναγών

Η τύρφη από τα Τενάγη Φιλίππων χαρακτηρίστηκε σαν φαιά τύρφη, πολύ καλή ποιότητας. Αποτελείται από:

- 1) **Καλαμο-βρουτύρφη**: Οργανική ύλη σε ποσοστό >50% ,χαλαρή και σπογγώδης με υπολείμματα από καλάμια, σάζια και βρύα. Περισσότερο ή λιγότερο αργιλώδης.
- 2) **Συντρίμματα** (detritus): Οργανική ύλη σε ποσοστό 30-50% με συντρίμματα από κομμάτια βράχων- χαλικιών- άμμου- αργίλου. Συναντάται κατά μήκος των παρυφών και κάτω από τα 38μ.
- 3) **Στρώσεις αργίλου**. Βρίσκονται στα όρια των Τεναγών και σποραδικά στο κέντρο της περιοχής.
- 4) **Στρώματα ασβεστολίθων**.

Οι διάφορες αναλύσεις της τύρφης δίνουν σχετικά με την σύσταση :

- Οργανική ύλη το 50-87% της τύρφης .
- Detritus: Η οργανική ύλη μέσα σε αυτή φθάνει το 30-50%.
- Αργιλώδης ιλύς: Μικρή ποσότητα στην τύρφη μεγάλη στο Detritus  
Άμμος: Συστατικό των αργιλούχων στρωμάτων (Σταυρούλιας, 1994).

### 1.6. Ταξινόμηση οργανικών εδαφών

#### 1.6.1. Διαγνωστικά χαρακτηριστικά των οργανικών εδαφών

α. Είδη από οργανικά εδαφικά υλικά

Τρία διαφορετικά είδη οργανικών εδαφικών υλικών διακρίνονται κατά το σύστημα ταξινόμησης, βασιζόμενο στο βαθμό αποσύνθεσης των φυτικών υλικών, από τα οποία προέρχεται η οργανική ουσία και ταξινομούνται ως: **Fibric**, **Hemic** και **Sapric**.

Εξαιτίας της σημαντικότητας της περιεκτικότητας των ινών στο προσδιορισμό αυτών των υλικών, οι ίνες (**fibers**) προσδιορίζονται πριν το είδος των οργανικών εδαφικών υλικών.

**Fibers (Ives).** Είναι κομμάτια από φυτικούς ιστούς μέσα στα οργανικά εδαφικά υλικά (αποκλείοντας ζωντανές ρίζες) που:

- Είναι αρκετά μεγάλα , συγκρατούνται σε κόσκινο 100 mesh (άνοιγμα 0,15 mm) όταν τα υλικά είναι κοσκινισμένα.
- Διακρίνεται η κυτταρική δομή των φυτών από τα οποία αυτά προήλθαν.
- Είναι  $\leq 2\text{cm}$  στην μικρότερή τους διάσταση ή έχουν αποσυντεθεί αρκετά ώστε μπορούν να συνθλιβούν με την πίεση των δακτύλων.

### **Fibric Εδαφικά Υλικά (Oi)**

Fibric εδαφικά υλικά είναι τα ελάχιστα αποσυντιθέμενα από όλα τα οργανικά εδαφικά υλικά. Περιέχουν μεγάλα ποσοστά από fibers που είναι καλά προστατευμένα και μπορεί να συνδέονται με την βοτανική προέλευση. Φαινομενική πυκνότητα συνήθως  $< 0,1 \text{ g.cm}^{-3}$  και η περιεκτικότητα σε νερό όταν είναι κορεσμένα, κυμαίνεται από περίπου 850 % εως περισσότερο από 3000 % του βάρους των ξηραμένων σε φούρνο υλικών. Η περιεκτικότητα σε fibers πριν τη σύνθλιψη αποτελεί τα 2/3 του όγκου.

### **Hemic Εδαφικά Υλικά (Oe)**

Είναι τα ενδιάμεσα με βάση το βαθμό αποσύνθεσης. Τα χρώματα είναι συνήθως σκοτεινά γκριζο καστανά προς σκοτεινά ερυθροκαφέ. Τα fibers είναι σε μεγάλο βαθμό κατεστραμμένα όταν το βρεγμένο οργανικό υλικό έχει λειοτριβηθεί. Η φαινομενική πυκνότητα είναι συνήθως μεταξύ  $0,07-0,18 \text{ g.cm}^{-3}$  και η περιεκτικότητα των fibers κανονικά είναι μεταξύ 1/3 και 2/3 κατ' όγκον τη λειοτρίβηση. Η μέγιστη περιεκτικότητα νερού σε κορεσμένη κατάσταση συνήθως κυμαίνεται από 450% – 850% του βάρους των ξηραμένων σε φούρνο υλικών .

### **Sapric Εδαφικά Υλικά (Oa)**

Είναι τα πλέον αποσυντιθέμενα υλικά . Έχουν το πιο μικρό ποσοστό από fiber υλικά, την πιο υψηλή φαινομενική πυκνότητα  $0,2 \text{ g.cm}^{-3}$  και τη χαμηλότερη περιεκτικότητα σε νερό σε μια βασική κατάσταση ξηρού βάρους. Είναι συνήθως πολύ σκοτεινά γκρι προς μαύρα. Είναι σχετικά σταθερά, αλλάζουν πολύ λίγο φυσικώς και χημικώς με το χρόνο, σε σύγκριση με άλλα οργανικά εδαφικά υλικά. Τα sapric υλικά έχουν εκτεθεί σε αερόβια αποσύνθεση είτε με φυσικό είτε με τεχνητό τρόπο.

### **Humilluvic Υλικό**

Humilluvic υλικό δηλαδή ιλλουβιακός χούμος συσσωρεύεται στα χαμηλότερα μέρη μερικών οργανικών εδαφών που είναι όξινα και έχουν ξηρανθεί και καλλιεργηθεί. Δεν είναι παλαιότερο από το υπερκείμενο οργανικό υλικό. Η επαναδιαβροχή είναι πολύ βραδεία μετά την ξήρανση. Πολύ συχνά οι συσσωρεύσεις είναι σε επαφή με αμμώδη ανόργανο ορίζοντα.

## Limnic Υλικό

Περιλαμβάνει οργανικό και ανόργανο υλικό που προέρχεται είτε :

- α) από εναπόθεση στο νερό από κατακρήμνιση ή δια μέσου δράσης από υδρόβιους οργανισμούς ή
- β) από υπόγεια νερά και επιπλέοντα υδροχαρή φυτά και κατ' επέκταση υδρόβιοι οργανισμοί.

### **1.6.2. Το Πάχος των Οργανικών Εδαφικών Υλικών**

Για πρακτικούς λόγους ένα αυθαίρετο τμήμα ελέγχου έχει καθιερωθεί για την ταξινόμηση των *Histosols*. Έχει διαιρεθεί σε τρεις σειρές (βαθμίδες): επιφανειακή βαθμίδα (60cm), υποεπιφανειακή (60cm) και χαμηλότερη βαθμίδα (40cm).

### **1.6.3 Υποτάξεις των HISTOSOLS**

Διακρίνονται στις εξής υποτάξεις: *Folists*, *Fibrists*, *Saprists*, *Hemists*. Στην περιοχή μελέτης απαντούν τα *Saprists*. Είναι τα υγρά *Histosols* στα οποία τα οργανικά υλικά είναι καλά αποσυντιθεμένα και η βοτανική προέλευση των οργανικών υλικών είναι δύσκολο να καθορισθεί στα περισσότερα από αυτά. Η περιεκτικότητα σε fiber είναι λιγότερο από το  $\frac{1}{6}$  μετά το τρίψιμο μεταξύ αντίχειρα και δακτύλων. Φαινομενική πυκνότητα  $0,2 \text{ gr.cm}^{-3}$ .

### **1.6.4. Μεγάλη Ομάδα Haplosaprists**

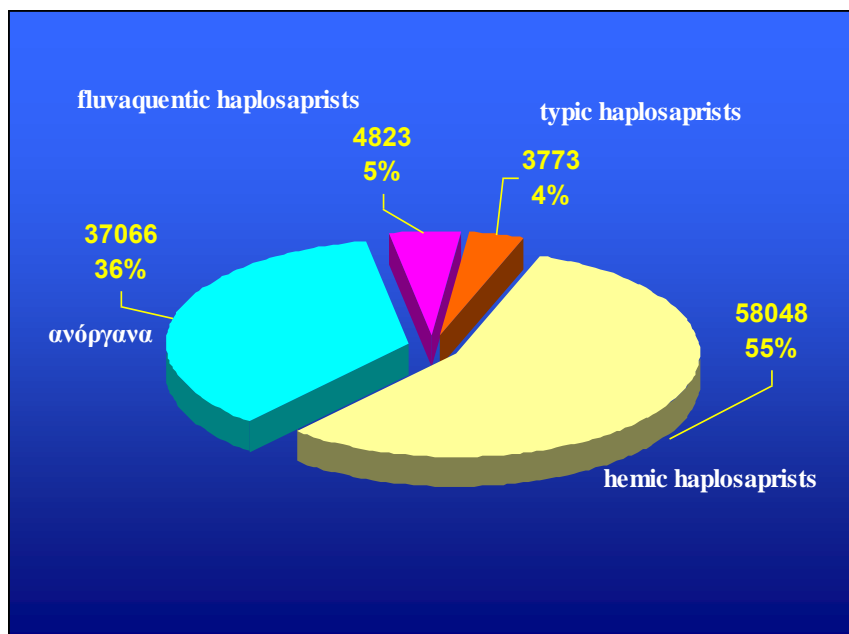
Είναι εδάφη υγρά στη βάση της επιφανειακής στρώσης για περισσότερες από 30 συνεχείς ημέρες κατά την διάρκεια κανονικών ετών, εκτός εάν αυτά έχουν ξηρανθεί τεχνητώς.

### **1.6.5. Υπο-ομάδες**

- **Fluvaquentic Haplosaprists:** Έχουν μέσα στα οργανικά υλικά είτε μια ανόργανη στρώση 5 cm ή περισσότερου πάχους ή δυο ή περισσότερες ανόργανες στρώσεις οποιουδήποτε πάχους μέσα στο τμήμα ελέγχου κάτω από την επιφανειακή βαθμίδα.
- **Hemic Haplosaprists:** Έχουν μια ή περισσότερες στρώσεις από fibric ή hemic υλικά με πάχος 25 cm ή μεγαλύτερο, στο τμήμα ελέγχου κάτω από την επιφανειακή στρώση.
- **Typic Haplosaprists:** Έχουν καθοριστεί τα εδάφη που δεν έχουν μια lithic επαφή και δεν έχουν παχιές ή λεπτές ανόργανες στρώσεις ή διακοπτόμενες ανόργανες στρώσεις κάτω από την επιφανειακή βαθμίδα.

Στο παρακάτω γράφημα 1.παρουσιάζεται η κατανομή των εδαφών της περιοχής Τεναγών μετά την ταξινόμησή τους (Εδαφολογική Μελέτη Τεναγών Φιλίππων 2001).





**Γράφημα 1. Κατανομή Εδαφών**

## 1. 7. ΑΖΩΤΟ

### 1.7.1. Μορφές εδαφικού αζώτου

Το άζωτο είναι ένα από τα στοιχεία που βρίσκονται σε μεγάλες ποσότητες στη φύση. Συνήθως υπάρχει σε δεσμευμένη μορφή στην οργανική ύλη, στο φλοιό της γης, στα ιζήματα και στα διάφορα ορυκτά της αργίλλου. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με την επικρατούσα άποψη ότι η ατμόσφαιρα περιέχει περισσότερο άζωτο. Σύμφωνα με τον Delwiche (1970), όπως αναφέρουν οι Mengel και Kirkby (1979), η ατμόσφαιρα περιέχει περίπου  $3.8 \times 10^{15}$  tn μοριακού  $N_2$ , ενώ το άζωτο που υπάρχει στη λιθόσφαιρα είναι περίπου  $18 \times 10^{15}$  tn.

Το εδαφικό άζωτο αντιπροσωπεύει ένα πολύ μικρό κλάσμα του υπάρχοντος στη λιθόσφαιρα, εκείνο το οποίο είναι διαθέσιμο στα φυτά είναι ελάχιστο. Το διαθέσιμο στα φυτά υπάρχει κυρίως υπό μορφή νιτρικών ή αμμωνιακών ιόντων. Το άζωτο είναι αρκετά ευκίνητο στοιχείο το οποίο διαφεύγει προς την ατμόσφαιρα ή κινείται εντός του εδάφους και προς τους ζωντανούς οργανισμούς. Πάρα πολλοί παράγοντες και διεργασίες υπεισέρχονται σ'αυτή την διαδικασία, οι οποίοι είναι φυσικοχημικοί ή βιολογικοί.

Πριν από μερικές δεκαετίες, οι γεωργοί για ν'αυξήσουν την ποσότητα του εδαφικού αζώτου, καλλιεργούσαν ψυχανθή τα οποία στη συνέχεια ενσωμάτωναν εντός των εδαφών.

Μετά το 2<sup>ο</sup> Παγκόσμιο Πόλεμο άρχισε να γενικεύεται η χρήση των λιπασμάτων, με παράλληλη αύξηση της ποσότητας ανά μονάδα επιφανείας.

Για παράδειγμα ενώ η παγκόσμια κατανάλωση αζωτούχων λιπασμάτων το 1970 ήταν 31.8 εκατομμύρια τόνοι, το 1980 ήταν 60.3 εκατομμύρια (F.A.O./ F.I.A.C, 1982) και σήμερα υπολογίζεται ότι η κατανάλωση ξεπερνά τα 80 εκατομμύρια τόνους.

Το 1980 η μέση παγκόσμια ποσότητα των χρησιμοποιηθέντων αζωτούχων λιπασμάτων ανά εκτάριο ήταν 42 kg/ha (FAO, 1982), ενώ για τις αναπτυσσόμενες χώρες ήταν 18 Kg/ha, για την Δ. Ευρώπη 104 kg/ha, την Αφρική 5 kg/ha και για την Απω Ανατολή 25 kg/ha. Την πρώτη θέση στον κόσμο κατείχε η Ολλανδία με 564 kg/ha..

Ο ρυθμός αύξησης της κατανάλωσης αζωτούχων λιπασμάτων μειώνεται σταδιακά. Η ταχεία αύξηση των τιμών ενέργειας και η απειλή της εξάντλησης των μη ανανεώσιμων πόρων όπως το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο προκάλεσαν το ενδιαφέρον της εξεύρεσης τρόπων για βελτίωση της αποτελεσματικότητας των εφαρμοζομένων αζωτούχων λιπάνσεων. Τελευταία άρχισε η χρήση διαφόρων φυτικών ή ζωϊκών υπολλειμάτων (κομπόστες) καθώς και η εξεύρεση τρόπων βιολογικής δέσμευσης του αζώτου στα καλλιεργούμενα εδάφη.

Επίσης έχουν αναπτυχθεί τεχνικές όπως π.χ. η βαθιά ενσωμάτωση, ή τεχνολογίες που παρεμποδίζουν την νιτροποίηση του αζώτου (inhibitors) και τελευταία λιπάσματα βραδείας αποδέσμευσης.

Οι αζωτούχες λιπάνσεις θα πρέπει στο μέλλον να καθορίζονται με κριτήρια που θα αποσκοπούν στην προστασία της ανθρώπινης υγείας, θα περιορίζουν τη ρύπανση των υδάτων, θα προστατεύουν το Οζόν της Στρατόσφαιρας και γενικά δεν θα δημιουργούν προβλήματα στο περιβάλλον.

Επίσης, οι διάφορες παρεμβάσεις του ανθρώπου θα πρέπει να έχουν και άλλους στόχους εκτός των παραπάνω, όπως: η εξασφάλιση καλής ποιότητας των παραγομένων αγροτικών προϊόντων, ο περιορισμός απωλειών εδαφικού αζώτου όχι μόνο λόγω έκπλυσης αλλά και λόγω εξαέρωσης ή απονιτροποίησης, η διατήρηση στα εδάφη συνθηκών κατάλληλων για την ανοργανοποίηση του αζώτου και τέλος η εφαρμογή Πολιτικής Χρήσεως Γης που θα στηρίζεται στη διατήρηση της αειφορίας των εδαφικών πόρων.

Το άζωτο όπως αναφέρθηκε, είναι ένα από τα πλέον διαδεδομένα στοιχεία στη φύση. Οι μεγαλύτερες ποσότητες υπάρχουν στη λιθόσφαιρα (Burns et al., 1975, Soderlund et al., 1976) με την παρακάτω φθίνουσα σειρά: μανδύας, στερεός φλοιός, ιζήματα, οργανικές ενώσεις του πυθμένα των θαλασσών, οργανική ουσία, δεσμευμένο αμμωνιακό άζωτο στα αργιλικά ορυκτά και στα κοιτάσματα του άνθρακα. Νεότερες έρευνες έδειξαν ότι στη λιθόσφαιρα υπάρχει το 98%

του αζώτου και από το υπόλοιπο, το περισσότερο βρίσκεται στην ατμόσφαιρα (Stevenson, 1982). Το μοριακό άζωτο φθάνει το 79% των αερίων της ατμόσφαιρας (Μήτσιος, 2004).

Διάφοροι ερευνητές υπολόγισαν τις ποσότητες του αζώτου και βρήκαν (Burns and Hardy, 1975), (Soderlund and Svensson, 1976) ότι το άζωτο υπολογισμένο σε εκατομμύρια μετρικούς τόνους ήταν:

- Λιθόσφαιρα  $1.636 \times 10^{11}$
- Ατμόσφαιρα  $3.86 \times 10^9$
- Υδρόσφαιρα  $2.3 \times 10^7$
- Βιόσφαιρα  $2.8 \times 10^5$

Επίσης, οι παραπάνω ερευνητές βρήκαν ότι η ποσότητα που υπάρχει στην οργανική ουσία των εδαφών φθάνει την τιμή  $2.0 \times 10^5$  (εκατομ. μέτρ. τόνοι) ενώ το αμμωνιακό που είναι δεσμευμένο στα αργιλλικά ορυκτά φθάνει την τιμή  $2.0 \times 10^4$  (εκατομ. μετρ. τόνοι).

Οι μορφές ανόργανου αζώτου που υπάρχουν στα διάφορα εδάφη (Young and Aldag, 1982), είναι οι παρακάτω:  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ , ανταλλάξιμο  $\text{NH}_4^+$  (το εκχυλιζόμενο με 1 N KCl), μη ανταλλάξιμο  $\text{NH}_4^+$  (δεσμευμένο στα αργιλλικά ορυκτά),  $\text{N}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ . Επίσης υπό μορφή άλλων χημικών ή βιολογικών ενώσεων οι οποίες υπάρχουν ως ενδιάμεσες διαφόρων χημικών αντιδράσεων όπως το NO,  $\text{NO}_2$ , υδροξυλαμίνη ( $\text{NH}_2\text{OH}$ ), υπονιτρώδες οξύ ( $\text{HON} = \text{NOH}$ ), και μερικά σύμπλοκα του κυανίου.

Το οργανικό άζωτο αντιπροσωπεύει περισσότερο από 90% του ολικού των επιφανειακών εδαφικών οριζόντων. Βρίσκεται στο έδαφος κυρίως υπό μορφή αμινοξέων, πρωτεϊνών και αμινοσακχάρων καθώς και υπό μορφή άλλων πολυπλόκων και απροσδιορίστων μορφών. Στην τελευταία ομάδα ανήκουν ενώσεις που έχουν προέλθει από την αντίδραση του αμμωνίου με τη λγνίνη, από τον πολυμερισμό των κινονών και των αζωτούχων ενώσεων, ή από τη συμπύκνωση των σακχάρων και αμινών (Καρυώτης, 1994).

Εκτός των αμινοξέων και αμινοσακχάρων, υπάρχουν και άλλες αζωτούχες ενώσεις στο έδαφος, αλλά σε πολύ μικρές ποσότητες. Σ' αυτές περιλαμβάνονται τα νουκλεϊκά οξέα (RNA και DNA), η χλωροφύλλη, τα φωσφορολιπίδια, μερικές αμίνες και βιταμίνες.

### 1.7. 2. Μετατροπές και μετακινήσεις αζώτου στο εδαφικό σύστημα

Τα φυτά προσλαμβάνουν το άζωτο κυρίως υπό μορφή νιτρικών ( $\text{NO}_3^-$ ) ή αμμωνιακών ( $\text{NH}_4^+$ ). Συνήθως το προσλαμβάνουν υπό νιτρική μορφή και αυτή εξαρτάται κυρίως από το είδος του φυτού καθώς και από άλλους παράγοντες.

Πάρα πολλοί ερευνητές απέδειξαν ότι η πρόσληψη του νιτρικού αζώτου εξαρτάται σημαντικά από τη θερμοκρασία και βρήκαν ότι αυτή ήταν περίπου μηδενική σε 0 °C.

Επίσης, μια ουσιώδης διαφορά μεταξύ της πρόσληψης  $\text{NO}_3^-$  και  $\text{NH}_4^-$  έχει σχέση με το pH. Η πρόσληψη των αμμωνιακών ευνοείται σε ουδέτερο, αλλά μειώνεται σε χαμηλό pH.

Σε περιπτώσεις χαμηλής εντάσεως του φωτός, τα φυτά προτιμούν περισσότερο τη νιτρική μορφή (Hageman, 1984).

Οι κυριότερες διεργασίες του αζώτου στο έδαφος είναι οι παρακάτω:

α) Αζωτοδέσμευση :

α1) Μη βιολογική δέσμευση αζώτου (No Biological Nitrogen Fixation).

α2) Βιολογική δέσμευση αζώτου (Biological Nitrogen Fixation).

β) Πρόσληψη (Uptake).

γ) Ανοργανοποίηση (Mineralization)

δ) Ακίνητοποίηση (Immobilization)

ε) Απονιτροποίηση (Denitrification)

στ) Εξαέρωση (Volatilization)

ζ) Δέσμευση του αμμωνίου (Ammonium Fixation)

η) Εκπλυση (Leaching)

**α1.) Μη βιολογική δέσμευση αζώτου** είναι η διεργασία κατά την οποία το ανόργανο μοριακό άζωτο της ατμόσφαιρας δεσμεύεται και μετατρέπεται σε ανόργανες μορφές. Η αζωτοδέσμευση γίνεται με την μέθοδο Haber κατά την οποία το  $\text{N}_2$  και το  $\text{H}_2$  αντιδρούν σε συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας και πίεσης και σχηματίζουν αμμωνία, ή με ηλεκτρικές εκκενώσεις

Η μέθοδος Haber χρησιμοποιείται στις βιομηχανίες των αζωτούχων λιπασμάτων.

**α2.)** Η διεργασία κατά την οποία το ανόργανο μοριακό άζωτο της ατμόσφαιρας δεσμεύεται και μετατρέπεται σε οργανική μορφή, ονομάζεται **βιολογική δέσμευση**. Αυτή επιτυγχάνεται από ορισμένα είδη μικροοργανισμών του εδάφους. Η βιολογική δέσμευση του  $\text{N}_2$  στη φύση είναι μια μοναδική ιδιότητα την οποία έχουν μόνον μερικά είδη προκαρυωτικών οργανισμών που περιέχουν τη γενετική πληροφορία να συνθέτουν το ένζυμο νιτρογενάση. Η νιτρογενάση παρουσία οξυγόνου καταλύει τη μετατροπή του  $\text{N}_2$  σε  $\text{NH}_3$  κάτω από ήπια θερμοκρασία και κανονική ατμοσφαιρική πίεση.

Η πλέον γνωστή και σημαντική για τη γεωργία συμβίωση στο ριζικό σύστημα ορισμένων φυτών είναι των βακτηρίων του γένους ***Rhizobium sp.***

Μερικά από τα πλέον γνωστά βακτήρια που ζουν ελεύθερα και δεσμεύουν άζωτο είναι τα είδη των γενών ***Azotobacter*** και ***Beijerinckia*** τα οποία είναι αερόβια..

Επίσης άζωτο μπορούν να δεσμεύσουν βακτήρια του γένους ***Clostridium***, ***Achromobacter***, ***Pseudomonas*** και μερικοί μύκητες.

Διάφορες μετρήσεις, όπως αναφέρουν οι Havelka et al. (1982), έδειξαν ότι η συμβίωση του *Rhizobium* δεσμεύει σε παγκόσμια κλίμακα περίπου  $90 \times 10^6$  μετρικούς τόνους αζώτου/έτος.

Παράγοντες που επηρεάζουν την αζωτοδέσμευση είναι το pH του εδάφους, η διαθεσιμότητα ανοργάνων στοιχείων, η παρουσία βαρέων μετάλλων, το καθεστώς εδαφικής υγρασίας, η συγκέντρωση  $\text{CO}_2$  και  $\text{O}_2$  στη φυτοκόμη, η περιεκτικότητα  $\text{O}_2$  στη ριζόσφαιρα και η θερμοκρασία της ριζόσφαιρας (Havelka et al., 1982).

**β) Πρόσληψη (Uptake).** Η πρόσληψη του αζώτου από τα φυτά χαρακτηρίζεται από τρία στάδια (Mengel et al., 1982). Το πρώτο αφορά τη μετατροπή του ανοργάνου αζώτου σε οργανικές ενώσεις μικρού μοριακού βάρους. Στα ανώτερα φυτικά είδη αυτή η φάση είναι μη αντιστρεπτή. Στο δεύτερο στάδιο γίνεται η σύνθεση οργανικών αζωτούχων ενώσεων μεγάλου μοριακού βάρους (πρωτεΐνες, νουκλεϊκά οξέα). Το τρίτο στάδιο αντιπροσωπεύει τη διάσπαση των μακρομορίων που περιέχουν άζωτο, με τη βοήθεια υδρολυτικών ενζύμων.

Επειδή οι αμμωνιακές μορφές γρήγορα μετατρέπονται από τους μικροοργανισμούς σε νιτρικές, όταν οι συνθήκες αερισμού και θερμοκρασίας είναι ευνοϊκές για την ανάπτυξη των φυτών, τα νιτρικά θεωρούνται ότι είναι η κύρια μορφή διαθεσίμου αζώτου, ιδιαίτερα για τις καλλιέργειες που δεν αρδεύονται.

Οι διαφορές μεταξύ  $\text{NH}_4^+$  και  $\text{NO}_3^-$  (Hageman, 1984) είναι οι παρακάτω:

1) Το  $\text{NH}_4^+$  είναι κατιόν ενώ το  $\text{NO}_3^-$  είναι ανιόν και σ' ένα αρνητικά φορτισμένο μέσο (π.χ. έδαφος) το  $\text{NH}_4^+$  δεσμεύεται ενώ το  $\text{NO}_3^-$  παραμένει ευκίνητο. Επομένως, το  $\text{NO}_3^-$  μπορεί να μετακινηθεί μέσα στο εδαφικό διάλυμα προς το ριζικό σύστημα ή να εκπλυθεί από το έδαφος.

2) Όταν το αμμωνιακό άζωτο προσλαμβάνεται από τα φυτά, το έδαφος τείνει να γίνει όξινο, ενώ η απορρόφηση των νιτρικών έχει το αντίθετο αποτέλεσμα στο έδαφος.

3) Σε καλώς αεριζόμενα εδάφη, όταν η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από τους  $5^\circ\text{C}$ , το  $\text{NH}_4^+$  μετατρέπεται από τους μικροοργανισμούς (*Nitrobacteriaceae*) σε  $\text{NO}_3^-$  με αποτέλεσμα την οξίνιση των εδαφών.

4) Το  $\text{NH}_4^+$  μπορεί ν' αντικαταστήσει άλλα κατιόντα που είναι δεσμευμένα με αρνητικά φορτισμένα εδαφικά τεμαχίδια, επομένως επιδρά στη διαθεσιμότητά τους.

Η πρόσληψη του νιτρικού αζώτου από τα φυτά περιορίζεται όσο αυξάνει η συγκέντρωση  $\text{Al}^{+++}$  στο εδαφικό διάλυμα (Jarvis and Hatch, 1986). Το ίδιο συμβαίνει επίσης όταν η συγκέντρωση του  $\text{Cu}^{++}$  βρίσκεται σε τοξικά επίπεδα (Weber et al., 1991).

**γ) Ανοργανοποίηση (mineralization)** είναι η μετατροπή του οργανικού αζώτου σε ανόργανες μορφές, η οποία γίνεται από ετερότροφους οργανισμούς του εδάφους που χρησιμοποιούν σαν ενεργειακή πηγή οργανικές ουσίες που περιέχουν άζωτο. Η διαδικασία της ανοργανοποίησης

του αζώτου είναι άμεσα συνδεδεμένη με την αποσύνθεση της οργανικής ουσίας (Bayley et al., 2005).

Κατά την πορεία της ανοργανοποίησης, πρώτα μετατρέπεται το οργανικό άζωτο σε αμμώνιο, το οποίο στη συνέχεια οξειδώνεται και μετατρέπεται τελικά σε νιτρικό.

Η οργανική ουσία του εδάφους περιέχει άζωτο κυρίως υπό μορφή αμινοξέων ή αμινοσακχάρων και σε μικρότερες ποσότητες περιέχει νουκλεϊκά οξέα, διάφορα προϊόντα αποσύνθεσης της χλωροφύλλης, φωσφορολιπίδια, αμίνες και βιταμίνες.

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

- αμινοποίηση
- αμμωνιοποίηση
- νιτροποίηση

α) Κατά την **αμινοποίηση** οι πρωτείνες υδρολύονται και απελευθερώνονται αμίνες και αμινοξέα : πρωτεΐνη  $\rightarrow$   $\text{RNH}_2$  +  $\text{CO}_2$  + ενέργεια + λοιπά προϊόντα με την βοήθεια ετερότροφων οργανισμών.

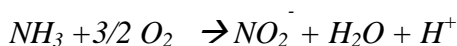
β) Κατά την **αμμωνιοποίηση** από το αμινικό άζωτο σχηματίζεται  $\text{NH}_3$  με την βοήθεια ετερότροφων οργανισμών ως εξής



όπου  $\text{R} = \text{C}_n\text{H}_{2n+1}$  ( $n=1,2,3,\dots$ )

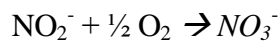
Η αμμωνιοποίηση προχωρά με γρήγορους ρυθμούς κατά τη διάρκεια της οποίας απελευθερώνεται ενέργεια η οποία χρησιμοποιείται από τους ετερότροφους μικροοργανισμούς. Σαν πηγή ενέργειας οι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούν οργανικό άνθρακα. Οι Stanford et al. (1973), σε πειράματα ανοργανοποίησης βρήκαν ότι η μεν αμμωνιοποίηση συνεχιζόταν ακόμη και σε θερμοκρασίες αρκετά πάνω από  $35^\circ\text{C}$ , ενώ αντίθετα το optimum της νιτροποίησης εμφανιζόταν περίπου στους  $35^\circ\text{C}$  και ουσιαστικά σταματούσε στους  $45^\circ\text{C}$ . Οι Mars et al. (1988), απέδειξαν ότι σε τροπικά δάση της Costa Rica η αμμωνιοποίηση αυξανόταν με το υψόμετρο, ενώ η νιτροποίηση ακολουθούσε πτωτική τάση.

γ) Κατά την **νιτροποίηση** η αμμωνιακή μορφή του αζώτου γρήγορα οξειδώνεται σε νιτρική. Η μορφή αυτή αντιπροσωπεύει την κύρια πηγή αζώτου για τους μη αζωτοδεσμευτικούς οργανισμούς. Η οξείδωση της  $\text{NH}_3$  γίνεται με δύο ομάδες βακτηρίων που καλούνται νιτροποιητικά. Η πρώτη ομάδα η *Nitrosomonas* μετατρέπει την  $\text{NH}_3$  σε  $\text{NO}_2^-$  με την βοήθεια του οξυγόνου.



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

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



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

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

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την νιτροποίηση είναι :

- **Υγρασία εδάφους.** Μειώνεται σε συνθήκες υπερβολικής καθώς και χαμηλής υγρασίας λόγω έλλειψης  $\text{O}_2$ .
- **Θερμοκρασία εδάφους.**
- **pH.** Συνήθως, νιτροποίηση παρατηρείται σε  $\text{pH}=5.5-9.2$ . Σε πολλά εδάφη των οποίων το  $\text{pH}$  είναι μεγαλύτερο από 7.5 η αντίδραση προχωρεί ικανοποιητικά μόνο στην πρώτη φάση, λόγω αναστολής της δράσεως των μικροοργανισμών, με αποτέλεσμα την αυξημένη συγκέντρωση  $\text{NO}_2^-$ , τα οποία έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στα καλλιεργούμενα φυτά (Καρυώτης 1994). Πειράματα ασβέστωσης οξίνων εδαφών έδειξαν ότι αυτή είχε μικρή επίδραση στην αύξηση της ανοργανοποίησης (Weier and Gilliam 1986).

Η νιτροποίηση εμποδίζεται από την παρουσία χρωμίου σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 10 ppm αλλά και βαναδίου όταν αυτές είναι πάνω από 1,000 ppm (Ueda et al., 1988). Στα ψυχρά και υγρά εδάφη ουσιαστικά δεν γίνεται η νιτροποίηση, εάν η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από 4-5 °C (Anderson and Boswell, 1964). Η άριστη θερμοκρασία που ευνοεί τη νιτροποίηση διαφέρει σημαντικά για κάθε έδαφος.

Οι Kladinco and Keeney (1987), αναφέρουν ότι η ανοργανοποίηση ήταν γραμμικά συσχετισμένη με την υγρασία των εδαφικών δειγμάτων, αλλά δεν βρήκαν αλληλεπίδραση υγρασίας-θερμοκρασίας. Επίσης, βρέθηκε ότι αυτή εξαρτάται σημαντικά από το είδος του φυτού (Beauchamp et al., 1986).

Ο αριθμός των αυτοτρόφων βακτηρίων περιορίζεται σημαντικά όταν στο έδαφος υπάρχουν μεγάλες συγκεντρώσεις Καδμίου (Yamamoto et al., 1986) και επομένως μειώνεται και ο ρυθμός νιτροποίησης του αμμωνιακού αζώτου.

Οι Hadas et al. (1989), Soudi et al. (1990), καθώς και άλλοι ερευνητές βρήκαν ότι η ανοργανοποίηση είναι μεγαλύτερη στους επιφανειακούς εδαφικούς ορίζοντες όπου τα επίπεδα του οργανικού αζώτου είναι υψηλά.

Ο Doran (1987), αναφέρει ότι το δυναμικό ανοργανοποίησης των  $\text{Ar}$  οριζόντων των μη καλλιεργουμένων εδαφών, ήταν υψηλότερο σε σχέση με εκείνο των ιδίων επιφανειακών οριζόντων των καλλιεργουμένων εδαφών.

Τα τελευταία χρόνια γίνεται προσπάθεια χρήσης διαφόρων ουσιών προκειμένου να παρεμποδισθεί η δράση των νιτροποιητικών μικροοργανισμών ώστε οι απώλειες από την εφαρμογή αμμωνιακών λιπασμάτων να είναι μικρές. Οι ουσίες αυτές ονομάζονται παρεμποδιστές (inhibitors).

Ο πλέον γνωστός παρεμποδιστής είναι η νιτραπυρίνη, προϊόν της Dow Chemical CO., Midland, Mich., USA, η οποία κυκλοφορεί στο εμπόριο με το όνομα N-Serve. Άλλοι γνωστοί παρεμποδιστές είναι: 4αμινο-1,2,4 -τριαζόλη (ATC), οξείδια του καλίου ή νατρίου, CL-1580, δικυανοδιαμίδη, 2,5 - διχλωροανιλίνη, σουλφαθειαζόλη κ.ά. (Schmidt, 1982).

Η χρήση της νιτραπυρίνης μαζί με θειική αμμωνία αύξησε το ποσό του ανταλλαξιμού αμμωνίου σε καλλιεργούμενα εδάφη μετά από 60 ημέρες. Η χρήση των αναστολέων νιτροποίησης μπορεί να έχει μεγαλύτερη σημασία για μείωση της πρόσληψης  $\text{NO}_3^-$  ιόντων από τα φυτά όταν η συγκέντρωση αυτών στα φυτά είναι υψηλή. Χρησιμοποιήθηκαν με μεγάλη επιτυχία στο σπανάκι. (Μήτσιος 2004).

Η δράση των παρεμποδιστών επηρεάζεται από διάφορους εδαφικούς παράγοντες.

Οι Bundy & Bremner (1973) βρήκαν ότι η κοκκομετρική σύσταση του εδάφους ήταν ένας σημαντικός παράγοντας και η επίδρασή της ήταν μεγαλύτερη σε ελαφρά εδάφη.

Προκειμένου ν' αυξηθεί η δράση των παρεμποδιστών, σε εδάφη με αυξημένο pH και οργανική ουσία, χρειάστηκαν μεγαλύτερες ποσότητες νιτραπυρίνης (Goring, 1962 a).

δ) **Ακίνητοποίηση** (Immobilization) είναι η μετατροπή των ανόργανων αζωτούχων ουσιών ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ) σε οργανικές. Οι μικροοργανισμοί του εδάφους αφομοιώνουν ανόργανες ουσίες που περιέχουν άζωτο και τις μετατρέπουν σε οργανικά αζωτούχα συστατικά των κυττάρων και των ιστών τους.

Η ακίνητοποίηση είναι μία απαραίτητη διεργασία που προαπαιτείται προκειμένου να γίνει η ορυκτοποίηση. Η ετεροτροφική φάση των οικοσυστημάτων, είναι ένα ζωντανό βιολογικό φαινόμενο. Σ' αυτήν περιλαμβάνονται διεργασίες που αφορούν κυρίως τον πολλαπλασιασμό, την αύξηση, την αλλαγή και την ανανέωση των μικροοργανισμών. Αυτές οι διαδικασίες έχουν σαν αποτέλεσμα τον σχηματισμό οργανικής ουσίας, μικροβιακών κυττάρων και ιστών (Jansson, 1982).

Επομένως σε όλες τις φάσεις της ανοργανοποίησης υπάρχει ένα στοιχείο της ακίνητοποίησης (Bayley et al., 2005), δηλαδή ανανέωση της οργανικής ύλης και αφομοίωση ανοργάνων στοιχείων που είναι απαραίτητα για τον πολλαπλασιασμό, την αύξηση, την διατήρηση της ζωής και τη δράση της μικροχλωρίδας. Αυτή η ανανέωση θα ήταν περιορισμένη σ' ένα μικρό μέρος της οργανικής ουσίας (οργανικός άνθρακας) που χρησιμοποιείται από τους



μικροοργανισμούς και επομένως με την ανοργανοποίηση το μεγαλύτερο μέρος θα μετατρέπεται σε απλές ανόργανες ενώσεις.

Για την ετεροτροφική φάση, η ακινητοποίηση είναι σημαντική όπως και η ανοργανοποίηση. Οι δύο αυτές σπουδαίες και αντίθετες διεργασίες συνθέτουν και αποσυνθέτουν την οργανική ύλη σε σημαντικό βαθμό.

Οι αλλαγές στις φυσικές και χημικές εδαφικές ιδιότητες συχνά επιδρούν στη μικροβιακή δραστηριότητα και επομένως στην ανοργανοποίηση και ακινητοποίηση. Οι χημικές μεταβολές περιλαμβάνουν διακυμάνσεις του pH, της συγκέντρωσης των ανόργανων στοιχείων, τοξικών ουσιών και βαρέων μετάλλων.

Δευτερογενώς, οι επιδράσεις των λιπασμάτων, ζιζανιοκτόνων και φυτοφαρμάκων επηρεάζουν τις διεργασίες της ανοργανοποίησης και ακινητοποίησης.

Απότομες μεταβολές των φυσικών και χημικών καταστάσεων του εδάφους που προκαλούνται π.χ. από ξήρανση, ύγρανση, πάγωμα ή τήξη του εδαφικού νερού, μπορεί ν'αφανίσουν τους μικροοργανισμούς και στη συνέχεια μπορεί ν'ακολουθήσει μία απότομη ενεργειακή αλλαγή της ανοργανοποίησης και ακινητοποίησης (Ladd, 1977 b).

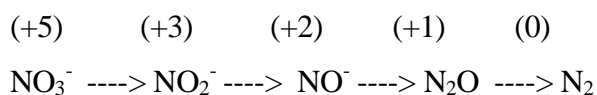
Η ποσότητα του αζώτου που ακινητοποιείται από τους μικροοργανισμούς κυμαίνεται από 20-40 kg/ha/year (Myers and Paul, 1971).

Η ταχύτητα ακινητοποίησης επηρεάζεται από το είδος της οργανικής ουσίας. Είναι μεγαλύτερη όταν η οργανική ουσία είναι πλούσια σε υδατάνθρακες και μικρότερη όταν περιέχει μεγάλες ποσότητες λιγνίνης.

Επίσης ο Alexander (1961), καθώς και πολλοί άλλοι ερευνητές, αναφέρουν ότι ο λόγος C/N επιδρά στην ακινητοποίηση καθώς και στην ορυκτοποίηση. Η οριακή τιμή ορυκτοποίησης του λόγου C/N κυμαίνεται από 20-30. Επίσης ο ίδιος ερευνητής, αναφέρει ότι αν το άζωτο της οργανικής ουσίας είναι πάνω από 1,8%, τότε η ταχύτητα ορυκτοποίησης είναι μεγαλύτερη από την της ακινητοποίησης, ενώ συμβαίνει το αντίστροφο αν είναι κάτω από 1.2%.

ε) **Απονιτροποίηση** (Denitrification) είναι η βιολογική διαδικασία μέσω της οποίας το δεσμευμένο άζωτο επιστρέφει από το έδαφος στην ατμόσφαιρα. Επίσης, θεωρείται η "βιοχημική αναγωγή" των νιτρικών ή νιτρωδών μορφών κάτω από αναερόβιες συνθήκες, σε αέρια μορφή αζώτου ( $N_2$ ,  $N_2O$ ,  $NO$ ).

Η γενική παράσταση της αναγωγής των οξειδίων του αζώτου κατά την απονιτροποίηση είναι η παρακάτω:



Οι απώλειες αζώτου με απονιτροποίηση, παρατηρούνται με την παρουσία μικροοργανισμών όπως *Pseudomonas*, *Achromobacter* και *Micrococcus* κ.λ.π., σε pH=4,9-5,6 (απώλεια ως N<sub>2</sub>O) ή pH=7,3-7,9 (απώλεια ως N<sub>2</sub>).

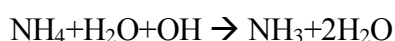
Οι τιμές απονιτροποίησης επηρεάζονται από αρκετούς παράγοντες, οι κυριότεροι από αυτούς είναι το pH, ο οργανικός άνθρακας, η θερμοκρασία, η υγρασία, ο αερισμός, η μηχανική σύσταση, το μέγεθος των συσσωματωμάτων κλπ. Γενικά, η μεγάλη περιεκτικότητα του εδάφους σε υγρασία και η υψηλή θερμοκρασία ευνοούν την ταχεία απονιτροποίηση.

Οι Bremner and Show (1958 a,b) παρατήρησαν θετική σχέση μεταξύ οργανικής ουσίας του εδάφους και απονιτροποίησης. Εκτός από την ποσότητα του οργανικού άνθρακα, σοβαρό ρόλο διαδραματίζει και το είδος της οργανικής ουσίας.

Οι πυρκαγιές επηρεάζουν τον κύκλο του αζώτου άμεσα, γιατί μεγάλες ποσότητες αζώτου χάνονται με την καύση της οργανικής ουσίας και έμμεσα εξαιτίας των φυσικοχημικών μεταβολών που υφίσταται το έδαφος από τις πυρκαγιές. Με την καύση της οργανικής ουσίας παράγονται μικρές ποσότητες NH<sub>3</sub> και μεγάλες ποσότητες αερίου N<sub>2</sub> ή οξειδίων του αζώτου, που επιστρέφουν στην ατμόσφαιρα. Σε παγκόσμια κλίμακα η απώλεια αζώτου από τις πυρκαγιές ανέρχεται σε 20-100 χ 10<sup>6</sup> t ετησίως. Το N<sub>2</sub>O αντιπροσωπεύει 13 εκατομμύρια τόννους. Μετά από πυρκαγιές επηρεάζεται και η ταχύτητα νιτροποίησης.

στ) **Εξαέρωση** (Volatilization) Αναφέρεται στο σχηματισμό αμμωνίας, η οποία παράγεται κατά την αντίδραση των αμμωνιακών αλάτων ή της ουρίας, και διαφεύγει στην ατμόσφαιρα επειδή η παραγόμενη αμμωνία είναι πτητική.

Παρατηρείται σε αλκαλικά εδάφη σύμφωνα με την παρακάτω σχέση :



Ο Allison (1966), υπολόγισε ότι οι απώλειες λόγω εξαέρωσης είναι 15-20%. Η ποσότητα της αμμωνίας που εξαερώνεται είναι μικρή όταν τα λιπάσματα ενσωματώνονται στο έδαφος.

Σημαντικές ποσότητες αμμωνίας μπορεί να χαθούν εάν το pH του εδάφους είναι μικρότερο του 5.5 και γίνει επιφανειακή λίπανση με μεγάλες ποσότητες ουρίας ή αλάτων του NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

Οι παράγοντες που επιδρούν σημαντικά στην εξαέρωση της αμμωνίας είναι το pH, η μηχανική σύσταση του εδάφους, η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, η υγρασία, η θερμοκρασία, ο αερισμός, η ποσότητα και η μορφή των αμμωνιακών λιπασμάτων που προστίθενται, η σχετική ατμοσφαιρική υγρασία κλπ. (Nelson, 1982).

Η εξαέρωση της αμμωνίας είναι μεγαλύτερη στα χονδρόκοκκα εδάφη σε αντίθεση με τα λεπτόκοκκα (Fenn and Kissel, 1976).

ζ) **Δέσμευση του αμμωνίου** (ammonium fixation). Πολλά εδάφη έχουν την ικανότητα να δεσμεύουν αρκετό  $\text{NH}_4^+$  και οι συνεχείς λιπάνσεις με αμμωνιακά λιπάσματα μπορεί να οδηγήσουν σε αύξηση του δεσμευμένου  $\text{NH}_4^+$  στο έδαφος.

Τα αργιλλώδη καθώς και τα αργιλλοπηλώδη εδάφη γενικά περιέχουν περισσότερο δεσμευμένο αμμώνιο σε σχέση με τα ιλυοπηλώδη και ακόμη περισσότερο από τα αμμώδη εδάφη (Baethgen and Alley, 1986).

Η ικανότητα δέσμευσης  $\text{NH}_4^+$  εξαρτάται από τα είδη των αργιλικών ορυκτών του εδάφους και μειώνεται με την παρακάτω σειρά μοντοριλλονίτης> βερμικουλίτης> ιλλίτης > καολινίτης.

Το ποσό του δεσμευμένου  $\text{NH}_4^+$  αυξάνει με την ποσότητα των αμμωνιακών που προστίθενται στο έδαφος καθώς και με την αύξηση της θερμοκρασίας.

Οι διαδοχικές υγράνσεις - ξηράνσεις έχουν οισιαστική σημασία στην αύξηση της δέσμευσης, καθώς επίσης και η ψύξη, που μετακινεί νερό από το σύστημα και μπορεί να επηρεάσει το ποσό του δεσμευμένου  $\text{NH}_4^+$  (Μήτσιος, 2004).

Άλλοι παράγοντες που επιδρούν στη δέσμευση είναι το pH, το μέγεθος των κόκκων του λιπάσματος και η οργανική ουσία.

Οι Nommik and Vahtras (1982) αναφέρουν, ότι οι Raju and Mukhopadhyay (1975, 1976) σε εδάφη της Ινδίας, βρήκαν αύξηση του δεσμευμένου  $\text{NH}_4^+$  όταν το pH αυξανόταν και όταν ο βαθμός κορεσμού σε βάσεις ήταν μεγάλος.

Σε πειράματα όπου χρησιμοποιήθηκαν λιπάσματα με διαφορετικά μεγέθη κόκκων, ο Nommik (1966) βρήκε ότι η δέσμευση του αμμωνίου μειώθηκε ισχυρά με την αύξηση του μεγέθους των κόκκων του λιπάσματος.

Τέλος οι Sherer and Mengel, (1979), βρήκαν σε εδάφη της Γερμανίας μεγάλες ποσότητες μη ανταλλαξιμού  $\text{NH}_4^+$  που έφθαναν στις 3.000 kg αμμωνιακού αζώτου ανά εκτάριο, στο ριζόστρωμα.

η) **Εκπλυση (Leaching)** Εκτός από τις απώλειες των διαφόρων μορφών αζώτου που αναφέρθηκαν, σημαντικές είναι και αυτές που έχουμε λόγω έκπλυσης. Συνήθως το νιτρικό άζωτο εκπλύνεται και μετακινείται προς τους βαθύτερους εδαφικούς ορίζοντες.

Επί πλέον, στα επικλινή εδάφη παρατηρούνται σοβαρές απώλειες αζώτου λόγω επιφανειακής διάβρωσης, φαινόμενο που έχει ιδιαίτερη σημασία για τη χώρα μας. Η έκπλυση των νιτρικών έχει σχέση με την κίνηση του νερού.

Οι μεγαλύτερες απώλειες παρατηρούνται όταν: 1) η περιεκτικότητα του εδάφους σε νιτρικό άζωτο είναι μεγάλη και 2) όταν η ταχύτητα διήθησης είναι επίσης μεγάλη (Legg and Meisinger 1982).

Οι απώλειες λόγω έκπλυσης επίσης επηρεάζονται από την υγρασία και την θερμοκρασία. Για χώρες που έχουν κλίμα Μεσογειακό, μεγάλη έκπλυση παρατηρείται κατά την περίοδο των βροχοπτώσεων. Αντίθετα σε περιόδους παρατεταμένης ξηρασίας, το νιτρικό άζωτο συσσωρεύεται στους επιφανειακούς ορίζοντες. Οι Buresh et al., (1989), σε πειράματα που έκαναν με  $N^{15}$  βρήκαν συσσώρευση νιτρικού αζώτου κατά την ξηρά περίοδο σε υποεπιφανειακούς ορίζοντες βάθους 60 cm. Η έκπλυση των νιτρικών φαίνεται ότι εξαρτάται από την αναλογία των εδαφικών μακροπόρων μέσω των οποίων κινείται το νερό (Cambell et al., 1984).

### 1.7.3. Αζωτο και επιπτώσεις στο περιβάλλον

Τα μεγάλα προβλήματα στο περιβάλλον τα δημιουργούν η περίσσεια του αζώτου στο αγροτικό οικοσύστημα, οι εκπομπές αμμωνίας και οξειδίων του αζώτου στην ατμόσφαιρα καθώς και οι απώλειες του  $NO_3^-$ -N και διαφυγή των νιτρικών με έκπλυση στους υπεδάφιους υδροφόρους ορίζοντες και λοιπούς υδάτινους αποδέκτες (λίμνες, ποτάμια, πηγές, θάλασσα). Επειδή τα λιπάσματα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στο περιβάλλον, κρίνεται χρήσιμο να τονισθούν οι σύγχρονες τάσεις χρησιμοποίησης των αζωτούχων λιπασμάτων “νέας τεχνολογίας”. Πριν από μερικές δεκαετίες άρχισε η χρήση αζωτούχων λιπασμάτων στα οποία κάποιες χημικές ενώσεις παρεμπόδιζαν τη γρήγορη μετατροπή του αζώτου σε νιτρικά. Με τον παραπάνω τρόπο γινόταν προσπάθεια καθυστέρησης της νιτροποίησης, λόγω σταδιακής απελευθέρωσης του αζώτου. Παράλληλα ο αργός ρυθμός νιτροποίησης παρεμπόδιζε την έκπλυση των νιτρικών από τα επιφανειακά στρώματα του εδάφους προς τους υδροφόρους ορίζοντες. Σήμερα, τα λιπάσματα αυτά έχουν εξελιχθεί και έχει αποδειχθεί πειραματικά ότι με την εφαρμογή παρεμποδιστών νιτροποίησης μπορεί να εξοικονομηθεί λίπασμα σε ποσοστό μεγαλύτερο από 20 %. Επιπλέον, βρέθηκε ότι μειώνεται η εκπομπή οξειδίων του αζώτου προς την ατμόσφαιρα. Σήμερα, συστήνονται αντίστοιχα λιπάσματα π.χ. DMPP (Zerulla et al., 2001) τα οποία δρούν παρεμποδιστικά στη νιτροποίηση, θεωρούνται αποτελεσματικά όταν εφαρμόζονται σε κοκκώδη μορφή σε ποσότητα 0.5 to 1.5 kg ha<sup>-1</sup> και επιπλέον έχουν μειωμένη εκπομπή N<sub>2</sub>O στην ατμόσφαιρα.

Στην ελληνική αγορά άρχισε πριν από μερικά χρόνια η διάδοσή τους και διαπιστώθηκε ότι έχουν ορισμένα πλεονεκτήματα όπως: μείωση της έκπλυσης και της εξαέρωσης προς την ατμόσφαιρα, μειώνουν την τοξικότητα και προσφέρουν υψηλό βαθμό ασφαλείας κατά το φύτευμα κ.λ.π. Τα μειονεκτήματα αφορούν κυρίως το κόστος αγοράς, σε ορισμένες περιπτώσεις την ακαταλληλότητα χρήσης σε όξινα εδάφη, ενώ όσα έχουν επικάλυψη από διάφορα πολυμερή αφήνουν στο χωράφι ανεπιθύμητα υπολείμματα

Ένα από τα λιπάσματα βραδείας απελευθέρωσης που άρχισε να επικρατεί είναι η ουρία με επικάλυψη η οποία περιέχει θείο, ενώ υπάρχουν και άλλα λιπάσματα με επικάλυψη πολυουρεθάνης ή παραφίνης. Ο ρυθμός αποδέσμευσης του αζώτου αυξάνει με την αύξηση της θερμοκρασίας ενώ πειράματα στο εξωτερικό έδειξαν ότι σε ορισμένα λιπάσματα το 80 % του αζώτου απελευθερώνεται σε 12-14 εβδομάδες. Έχουν το πλεονέκτημα ότι συμπεριφέρονται κατά τον ίδιο τρόπο ακόμη και όταν η οξύτητα των εδαφών κυμαίνεται από 4.2 μέχρι 8.3. Υπάρχει το ερώτημα εάν τα λιπάσματα βραδείας αποδέσμευσης μπορούν να δώσουν λύση για παράδειγμα στο πρόβλημα της νιτρορύπανσης. Θεωρητικά μπορεί να ισχύει, αλλά στην Ελλάδα δεν έχουν διεξαχθεί με συστηματικό τρόπο μακροχρόνια πειράματα σχετικά με τη δράση και συμπεριφορά των παραπάνω λιπασμάτων. Επειδή το κόστος είναι υψηλό, ίσως αρχίσουν να χρησιμοποιούνται κάποια μίγματα όπου ένα ποσοστό του λιπάσματος είναι βραδείας απελευθέρωσης. Λόγω της έλλειψης επαρκών στοιχείων για τη χώρα μας, μπορούν με κάποιες επιφυλάξεις να χρησιμοποιηθούν τα μίγματα αυτά (10-20 % βραδείας αποδέσμευσης) στις παρακάτω περιπτώσεις, εφόσον το κόστος δεν είναι απαγορευτικό:

- στις καλλιεργούμενες επικλινείς εκτάσεις
- στις υγρότερες και ψυχρότερες περιοχές της χώρας
- στις καλλιέργειες με μεγάλο καθαρό κέρδος ανά στρέμμα (π.χ. πρώιμα κηπευτικά).

Μία δεύτερη κατηγορία λιπασμάτων είναι τα RCF (Rhizosphere-Controlled Fertilizer). Περιέχουν οργανομεταλλικά στοιχεία και συνήθως κυριαρχούν το άζωτο, ο φώσφορος (δεσμευμένος οργανικά), το μαγνήσιο, ο σίδηρος ή ο ψευδάργυρος (Erro et al., 2007). Έχουν μεγάλη διάρκεια δράσης επειδή τα θρεπτικά στοιχεία υπάρχουν σε δυο κλάσματα: (1) ένα υδατοδιαλυτό που μπορεί εύκολα και γρήγορα να προσληφθεί από το φυτό και (2) ένα ποσοστό που “ελέγχεται” από τη ριζόσφαιρα, είναι αδιάλυτο στο νερό αλλά μπορεί να διαλυθεί από τη δράση των οξέων της ριζόσφαιρας που απελευθερώνονται από τα φυτά και τους μικροοργανισμούς. Έχουν την ικανότητα αργής απελευθέρωσης του φωσφόρου και του αζώτου. Επίσης, έχει αποδειχθεί ότι η εκπομπή αμμωνίας προς την ατμόσφαιρα ήταν μικρή, όπως χαμηλός ήταν και ο ρυθμός έκπλυσης των νιτρικών. Η εφαρμογή τους μπορεί να γίνει με υδρολίπανση, εφόσον υπάρχει το αντίστοιχο σύστημα άρδευσης. Χρησιμοποιούνται και σε ξηρικές καλλιέργειες (σε δόσεις) με μικρότερη όμως αποτελεσματικότητα που εξαρτάται κυρίως από την εδαφική υγρασία και θερμοκρασία, ενώ έχουν μεγαλύτερο κόστος. Η συμπεριφορά των λιπασμάτων αυτής της κατηγορίας εξαρτάται σε σημαντικά από την οξύτητα του εδάφους.

Σε ορισμένες χώρες χρησιμοποιούνται λιπάσματα που προέρχονται από την κατεργασία των θαλασσιών φυκών. Η αξία των λιπασμάτων αυτής της κατηγορίας διαφέρει σημαντικά και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το είδος και την προέλευση του υλικού. Πειράματα του ΕΘΙΑΓΕ (Karyotis et al., 2006) έδειξαν ότι η απελευθέρωση αζώτου με τη διαδικασία της ανοργανοποίησης ήταν χαμηλή για ορισμένα είδη θαλασσιών φυκών. Μόνον σε μία περίπτωση ήταν ικανοποιητική. Πρέπει επίσης να λαμβάνεται πάντοτε υπόψη το κόστος ανά θρεπτική μονάδα λιπάσματος ενώ πρέπει να αποφεύγονται εκείνα στα οποία η περιεκτικότητα σε ανταλλάξιμο νάτριο είναι υψηλή.

Γενικά, στο μέλλον η λιπαντική αγωγή δεν θα καθορίζεται με βάση τα επιστημονικά κριτήρια ή τα αναμενόμενα οικονομικά οφέλη, αλλά θα εξαρτώνται πρωτίστως από τη συμπεριφορά τους στο περιβάλλον (εκπομπές στην ατμόσφαιρα, νιτροϋπανση κ.λ.π.), δηλαδή από την εφαρμογή των νομικών πλαισίων της Ευρωπαϊκής Ένωσης και των διαφόρων Πρωτοκόλλων που σχετίζονται με την προστασία του περιβάλλοντος.

Είναι γνωστό ότι στο άμεσο μέλλον πρέπει να αντιμετωπισθεί το πρόβλημα της εξαέρωσης της αμμωνίας που προέρχεται από τη γεωργία (λιπάνσεις) ή την κτηνοτροφία (εκρίμματα ζώων, αυξημένη χρήση κοπριάς). Η εξαέρωση και ο εμπλουτισμός της ατμόσφαιρας με αμμωνία ( $\text{NH}_3$ ) δημιουργεί τις παρακάτω αρνητικές επιπτώσεις:

- *Οξίνιση του εδάφους κατά την επαναφορά και απόθεση της αμμωνίας με τις βροχοπτώσεις και νιτροποίηση του αμμωνιακού αζώτου στο έδαφος.*
- *Δημιουργία όξινης βροχής με την αντίδραση της αμμωνίας στην ατμόσφαιρα με οξείδια του θείου και την παραγωγή θειϊκής αμμωνίας.*
- *Αυξημένη περιεκτικότητα με  $\text{NO}_3\text{-N}$  συνήθως στα δέλτα των εκβολών με αποτέλεσμα την εμφάνιση ευτροφισμού.*

Οι ερευνητές Schlesiger και Hartley (1992), υποστηρίζουν ότι για το σύνολο της γήινης ατμόσφαιρας οι εκπομπές  $\text{NH}_3$  ανέρχονται σε  $62 \times 10^6$  t το χρόνο, εκ των οποίων, οι εκπομπές προερχόμενες από ανθρωπογενείς δράσεις ανέρχονται σε  $43 \times 10^6$  t. Υπολογίζεται ότι η απόθεση  $\text{NH}_3$  ανέρχεται στο 40-60% των εισροών N από αζωτούχα λιπάσματα.

Το Ευρωπαϊκό κέντρο Οικο-τοξικολογίας και Τοξικολογίας χημικών ουσιών (ECETOC, 1988, 1994) υποστηρίζει ότι μόνον 13% εκπομπών  $\text{NH}_3$  στη Δ.Ευρώπη οφείλεται στα αζωτούχα λιπάσματα (συμπεριλαμβάνονται και τα σύνθετα) ενώ το 74% προέρχεται από την κτηνοτροφία.

Η συγκέντρωση του  $\text{N}_2\text{O}$  στην ατμόσφαιρα αυξάνει με αργούς ρυθμούς, από 288 ppbv το 1900 σε 290 ppbv το 1950 και στα 310 ppbv το 1993 (Bockman, 1994). Οι συνολικές ετήσιες εκπομπές εκτιμώνται σε  $14 \times 10^4$  t  $\text{N}_2\text{O}$  το χρόνο εκ των οποίων  $9,5 \times 10^4$  t  $\text{N}_2\text{O}$  το χρόνο

οφείλονται σε φυσικές πηγές και το υπόλοιπο  $4,5 \times 10^4$  t  $N_2O$  το χρόνο προέρχεται από πρόσφατες ανθρωπογενείς δράσεις.

Οι Prather et al. (1995) υποστηρίζουν ότι η αυξημένη ατμοσφαιρική συγκέντρωση του  $N_2O$  συμβάλλει στο **φαινόμενο του θερμοκηπίου** καθώς και στην καταστροφή του όζοντος της ατμόσφαιρας.

Η ατμοσφαιρική συγκέντρωση του  $N_2O$  είναι μικρή, η συμβολή του όμως στην θέρμανση της ατμόσφαιρας είναι σημαντική εξαιτίας της μεγάλης διάρκειας ζωής του στην ατμόσφαιρα που φθάνει τα 150 χρόνια. Οι ετήσιες εκπομπές  $N_2O$  από τα καλλιεργούμενα εδάφη ανέρχονται σε  $3,5 \times 10^6$  N t, το δε 1/3 της ποσότητας αυτής προέρχεται ευθέως από τα αζωτούχα λιπάσματα (Smith et al., 1997).

Το  $NO$  είναι πολύ δραστικό αέριο με μικρή διάρκεια ατμοσφαιρικής ζωής (μερικές ώρες ή ημέρες). Είναι από τους κύριους παράγοντες της όξινης βροχής.

Το ποσοστό των εκπομπών του  $N_2O$  είναι δυνατόν να μειωθεί σημαντικά όταν τηρούνται κανόνες σωστής καλλιεργητικής πρακτικής και ορθής διαχείρισης των λιπασμάτων. Οι κανόνες αυτοί είναι:

- Βελτιστοποίηση των φυσικών συνθηκών του εδάφους κατά την εφαρμογή του λιπάσματος.
- Εποχή και μέθοδος προσθήκης του λιπάσματος.
- Η δόση του λιπάσματος να μη υπερβαίνει τις ανάγκες της καλλιέργειας.
- Η χρησιμοποίηση αναστολέων νιτροποίησης (nitrification inhibitors) καθώς και λιπάσματα ελεγχόμενης απόδοσης (Cole et al., 1996 and Smith et al., 1997).

#### 1.7.4. Μοντέλα Εκπλυσης Αζώτου

Τα τελευταία χρόνια γίνεται μια συστηματική προσπάθεια εξεύρεσης και εφαρμογής διαφόρων "Μοντέλων Αζώτου". Την προηγούμενη δεκαετία ολοκληρώθηκε η δοκιμή των μοντέλων ERIC, RENLEM, ANIMO, LONFAS, NMIN, DAISY και SWATNIT. Σκοπός τους ήταν κυρίως η μελέτη της έκπλυσης του αζώτου, της νιτροποίησης, απονιτροποίησης καθώς και σε ορισμένα η μελέτη της εξαέρωσης της αμμωνίας (RENLEM, ANIMO, SWATNIT). Για τον σκοπό αυτό απαιτούνται κλιματολογικά δεδομένα, μετρήσεις φυσικών σταθερών και χημικές αναλύσεις εδαφών. Χρειάζονται επίσης διάφορα καλλιεργητικά δεδομένα και επί πλέον μετρήσεις που έχουν σχέση με το στάδιο ανάπτυξης των φυτών π.χ. δείκτης φυλλικής επιφανείας, βάθος ριζοστρώματος, ποσότητα αζώτου που προσλαμβάνουν τα φυτά στις διάφορες φάσεις ανάπτυξης κ.λ.π. Γενικά είναι μοντέλα αρκετά πολύπλοκα και η λεπτομερέστερη αναφορά θα ξέφευγε του σκοπού της παρούσας εργασίας. Πρόσφατα, τα Κράτη-Μέλη της ΕΕ (EU-27) δίδουν έμφαση σε μοντέλα (π.χ. MITERRA-EUROPE) που

ταυτόχρονα εκτιμούν (Velthof et al., 2009) την έκλυση του αζώτου, τις εκπομπές της αέριας αμμωνίας καθώς και τις εκπομπές αερίων μορφών αζώτου προς την ατμόσφαιρα (N<sub>2</sub>O, NO και N<sub>2</sub>).

Επίσης, από τα πλέον γνωστά μοντέλα είναι το CAPRI (Common Agricultural Policy Regionalised Impact) που χρησιμοποιείται ταυτόχρονα από τις 27 χώρες της EU, τη Νορβηγία και τις χώρες των Βαλκανίων που δεν έχουν ενταχθεί στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η εφαρμογή του άρχισε το 1997 με χρηματοδότηση της EU και προβλέπεται να συνεχισθεί τουλάχιστον μέχρι το 2013. Στα ισοζύγια αζώτου του CAPRI λαμβάνονται υπόψη οι διαφορές των εισροών που αφορούν (Britz W. 2008): το άζωτο των λιπάνσεων, της ζωϊκής κοπριάς, των φυτικών υπολειμμάτων, της βιολογικής δέσμευσης του αζώτου και της ποσότητας που προέρχεται από ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα.

.Γενικά, η αντιμετώπιση των κινδύνων του περιβάλλοντος από τις αζωτούχες ενώσεις πρέπει να καταπολεμηθεί με συντονισμένες δράσεις. Σε αρκετές περιπτώσεις χρειάζεται να εφαρμοστούν μέτρα σε διεθνές επίπεδο. Οι μελλοντικές δράσεις σε Ευρωπαϊκό επίπεδο θα πρέπει ίσως να επικεντρωθούν:

- 1: Στην ανάπτυξη νέων μεθοδολογιών για την ποσοτικοποίηση και ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων της εναπόθεσης του ατμοσφαιρικού αζώτου στα οικοσυστήματα
2. Ολοκληρωμένη πρόταση αντιμετώπισης της ροής αζώτου σε λεκάνες απορροής και παράκτιες περιοχές για την αντιμετώπιση προβλημάτων ευτροφισμού.
- 5: Ολοκλήρωση των επιπτώσεων της πολιτικής της EU σε προβλήματα που συνδέονται με το άζωτο και τις επιδράσεις στα αγροτικά τοπία..
- 6: Κατανόηση των εισροών και εκπομπών του αζώτου στο ρόλο της παραγωγής τροφίμων και κατανάλωσης σε Ευρωπαϊκό επίπεδο.
- 7: Διαχείριση του κύκλου του αζώτου σε Ευρωπαϊκό επίπεδο ώστε να αυξηθεί η αποτελεσματικότητά του (nitrogen use efficiency) κατά 50%.



## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>

### ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

## 2. Περιγραφή της περιοχής

### 2.1. Θέση-έκταση

Ο τυρφώνας των Φιλίππων κατέχει το ΝΑ άκρο της πεδιάδας της Δράμας, βρίσκεται 7 χιλιόμετρα Δ και ΒΔ της Καβάλας με κατεύθυνση ΒΔ, δεξιά της κεντρικής οδού Δράμας - Καβάλας και εκτείνεται από Κρηνίδες μέχρι 8 χιλιόμετρα περίπου νότια της πόλης Δράμας. Η ευρύτερη Λεκάνη ελλειπτικού σχήματος περιβάλλεται από ορεινούς σχηματισμούς σχεδόν απ' όλες τις πλευρές, εκτός από ένα μικρό άνοιγμα στο νότιο τμήμα προς την πλευρά των Σερρών. Από Βορά βρίσκεται το όρος Φαλακρό με υψόμετρο 2229 m, ΒΑ τα όρη της Λεκάνης (Τσαλ Ντάλ) με 1301 m υψόμετρο, το όρος Παγγαίο και Σύμβολο από Ν -ΝΑ με υψόμετρο 1956 και 693m αντίστοιχα και τέλος το Μενοίκιο από Δ. με υψόμετρο 1963 m .

Ως μέσο ύψος αναφέρονται τα 44μ που θεωρείται το χαμηλότερο τμήμα της μείζονος περιοχής των γεωγραφικών ορίων των νομών Καβάλας, Δράμας και Σερρών. Τα όρη και λοφώδεις περιοχές που την περιβάλλουν είναι κυρίως ασβεστολιθικής σύστασης και αποτελεί μέρος ευρύτερης υδρολογικής λεκάνης που σχηματίστηκε την περίοδο του Πλειόκαινου καθώς και του Πλειστόκαινου, μετά από τεκτονικές διεργασίες (Grontmig J.,1961).

Ο τυρφώνας έχει απιοειδές σχήμα με κύριο άξονα διεύθυνσης Α-ΝΑ προς Δ-ΒΔ, μήκους 29 km. Το δε κοίτασμα έχει ακανόνιστη σκαφοειδή διατομή με μεγαλύτερο πάχος στο κέντρο 300 περίπου μέτρα, που διαιρείται σε δύο τμήματα: α) στο ανώτερο τμήμα, βάθους 60m με παρουσία ανόργανων υλικών με διαδοχικές στρωματώσεις τύρφης.(ανόργανα παρατηρούνται και στις παρυφές της σκαφοειδούς λεκάνης ) και β) στο κατώτερο τμήμα με σχηματισμούς λιγνίτη .Το απόθεμα υπολογίστηκε για το ανώτερο τμήμα σε  $2056 \times 10^6 \text{ m}^3$  και  $1909 \times 10^6 \text{ m}^3$  για το κατώτερο.

### 2.2. Κλίμα

Για το χαρακτηρισμό των κλιματικών συνθηκών χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία του Μετεωρολογικού Σταθμού Δράμας Πίνακας 1 και Καβάλας Πίνακας 4.

**Πίνακας 1. Μετεωρολογικά Στοιχεία Σταθμού ΔΡΑΜΑΣ Περίοδος: 1975-1997**

**Γ.Π.:41° 09' Β, Γ.Μ.:24° 09' Α Υψόμετρο σταθμού:104,2m**

ΜΗΝΑΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (T) °C					Σχετική υγρασία (%)	Βροχ. (P) mm	Αριθ. ημερ. Παγετ.	Μέσος αριθ. ημερ. με T <sub>min</sub> < 0°C	Επικρατ Διεύθ. ανέμου
	Μέση	Μέση		Απολύτως						
		Max	Min	Max	Min					
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	4,7	8,2	0,4	17,0	-13,8	78,7	33,1	5,2	14,2	B
ΦΕΒΡΟΥΑΡ.	6,5	10,5	1,5	22,8	-13,0	73,2	43,8	2,2	9,9	B
ΜΑΡΤΙΟΣ	10,0	14,5	4,2	27,3	-8,8	69,0	32,1	0,2	3,9	B
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	14,7	19,6	8,0	29,8	0,4	63,7	42,0	0,0	0,0	B
ΜΑΙΟΣ	20,2	25,2	12,8	34,4	4,0	60,7	56,6	0,0	0,0	B
ΙΟΥΝΙΟΣ	24,7	29,9	16,9	38,7	9,0	55,3	44,6	0,0	0,0	B
ΙΟΥΛΙΟΣ	26,7	31,9	19,0	41,6	11,0	52,6	41,0	0,0	0,0	B
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	25,9	31,1	17,6	39,8	10,0	55,0	25,9	0,0	0,0	B
ΣΕΠΤΕΜΒΡ.	22,3	28,0	15,0	37,4	3,8	59,3	21,9	0,0	0,0	B
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	16,4	21,3	10,4	34,4	-2,8	69,0	40,6	0,0	0,1	B
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	9,9	13,6	5,5	27,4	-4,0	77,7	63,5	1,7	4,1	B
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	6,0	9,0	2,0	18,0	-8,4	81,0	63,5	4,0	10,3	B
ΕΤΟΣ	15,6	20,2	9,4	41,6	-13,8	66,2	508,6	13,3	42,5	

### α. Βροχοπτώσεις

Η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι **508,6** mm, τους καλοκαιρινούς μήνες τα κατακρημνίσματα φθάνουν στα **111,5** mm , ποσοστό **21,9** % της ετήσιας βροχής. Η μέγιστη βροχόπτωση παρατηρείται κατά τους μήνες Νοέμβριο και Δεκέμβριο με μέση τιμή **63,5** mm και η ελάχιστη τους μήνες Αύγουστο και Σεπτέμβριο με μέση τιμή **21,9** και **25,9** mm αντίστοιχα. Κατά την διάρκεια του έτους οι βροχές κατανέμονται μάλλον ικανοποιητικά και ο συνολικός αριθμός των ημερών με βροχή ανέρχεται σε **88,7** ημέρες (1/4 των ημερών του έτους).

## **β. Θερμοκρασία**

Η μέση ετήσια θερμοκρασία της περιοχής είναι 15,6 °C, η μέση θερμοκρασία του χειμώνα είναι 5,7 °C και η μέση θερμοκρασία των καλοκαιρινών μηνών 25,7 °C. Η μέση μέγιστη θερμοκρασία παρατηρείται ως συνήθως τον μήνα Ιούλιο, όπου φτάνει τους 31,9 °C.

Η μέση σχετική υγρασία ακολουθεί ομαλή και ομοιόμορφη διακύμανση με μέγιστο ποσοστό 66,2 % τον Δεκέμβριο και ελάχιστο 52,6 % τον Ιούλιο.

## **γ. Χαρακτηρισμός του κλίματος**

Σύμφωνα με την κατάταξη του κλίματος κατά KOEPPEN και GEIGER, (1931), η οποία βασίζεται στη θερμοκρασία, βροχοπτώσεις και εποχιακά χαρακτηριστικά, η περιοχή ανήκει στον κλιματικό τύπο **Csa**, δηλαδή θερμό μεσογειακό, όπου:

C:	Αναφέρεται στο θερμό, εύκρατο και βροχερό κλίμα (μέση θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα μεταξύ -3 °C και +18 °C, διάρκεια ξηράς περιόδου από 1 έως και 8 μήνες).
s:	Παρουσία ξηράς περιόδου κατά την διάρκεια του καλοκαιριού.
a:	Θερμό καλοκαίρι (μέση θερμοκρασία >22 °C).

Στο ομβροθερμικό διάγραμμα CAUSSEN (σχήμα 1.) φαίνεται η περίοδος ξηροθερμικών συνθηκών, που επικρατούν στη περιοχή.

Επίσης από τα μετεωρολογικά στοιχεία του πίνακα 1 και σύμφωνα με τον συντελεστή Lang\Gracani, υπολογίζεται ο βαθμός ξηρασίας για ένα δεδομένο μήνα δηλαδή ο αριθμός των συνεχών ημερών που θεωρούνται ξηροί από βιολογικής άποψης. Έτσι διακρίνουμε, μια περίοδο ύφυγρη έως υγρή από το Νοέμβριο μέχρι το Φεβρουάριο, την οποία ακολουθεί μία περίοδος ξηρή έως υπέρξηρη από τον Μάρτιο έως τον Οκτώβριο.

i) Ο δείκτης ξηρότητας (Ia) κατά De Martonne (1940), υπολογίστηκε από την σχέση:

$$Ia = \frac{P}{T + 10}$$

όπου: P = μέση ετήσια βροχόπτωση (mm)

T = μέση ετήσια θερμοκρασία (°C)

$$\text{επομένως} \Rightarrow Ia = \frac{508,6}{15,6 + 10} = 19,8$$

με τιμή **19,8** χαρακτηρίζει το κλίμα της περιοχής σύμφωνα με τα στοιχεία του Πίνακα 2 ως **Ημί-ξηρο**

**Πίνακας 2. Ο Υγρομετρικός Χαρακτήρας του Κλίματος κατά de Martonne**

<b>Ονομασία ή τύπος κλίματος</b>	<b>Δείκτης ξηρότητας Ia</b>
Ξηρό	< 10
Ημί-ξηρο	10-20
Μεσογειακό	20 – 24
Ημί-υγρο	24 – 28
Υγρό	28 – 35
Πολύ υγρό	>35

ii) Ταξινόμηση κλίματος κατά Gracani (1950)

Στο πίνακα 3 δίνεται ο χαρακτηρισμός των μηνών και του έτους σύμφωνα με τον συντελεστή Lang-Gracani, ο οποίος ισούται με το λόγο P/T όπου:

P: η μέση ετήσια βροχόπτωση και

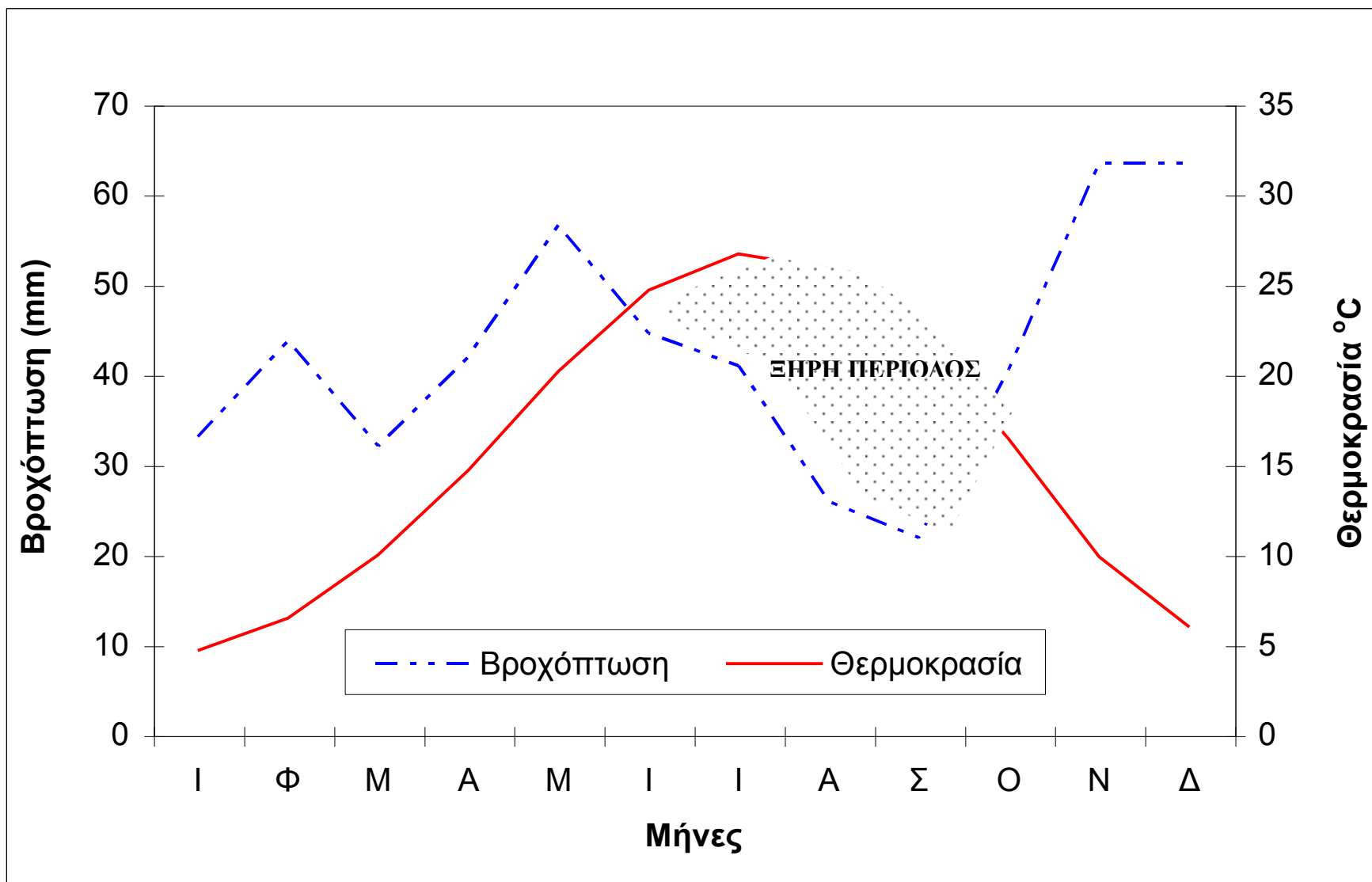
T: Μέση ετήσια θερμοκρασία

Ως εκ τούτου ο συντελεστής Lang-Gracani για το έτος είναι **32,6** και χαρακτηρίζει το κλίμα Υπέρξηρο έως ξηρό

**Πίνακας 3. Ταξινόμηση κλίματος κατά Lang-Gracanic.**

<b>ΜΗΝΑΣ</b>	<b>Μέση ετήσια Θερμοκρασία T °C</b>	<b>Μέση ετήσια Βροχόπτωση (P) mm</b>	<b>Lang- Gracanic P/T</b>	<b>Χαρακτηρισμός</b>
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	4,7	33,1	7,04	Ύφυγρος
ΦΕΒΡΟΥΑΡ.	6,5	43,8	6,74	Ύφυγρος
ΜΑΡΤΙΟΣ	10,0	32,1	3,21	ξηρός
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	14,7	42,0	2,86	ξηρός
ΜΑΙΟΣ	20,2	56,6	2,80	ξηρός
ΙΟΥΝΙΟΣ	24,7	44,6	1,80	ξηρός
ΙΟΥΛΙΟΣ	26,7	41,0	1,53	υπέρ-ξηρος
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	25,9	25,9	1,00	υπέρ-ξηρος
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟ	22,3	21,9	0,98	υπέρ-ξηρος
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	16,4	40,6	2,47	ξηρός
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	9,9	63,5	6,41	ύφυγρος
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	6,0	63,5	10,58	υγρός
<b>ΕΤΟΣ</b>	<b>15,6</b>	<b>508,6</b>	<b>32,6</b>	Υπέρξηρο- ξηρό

Σχήμα 1. Ομβροθερμικό διάγραμμα



**Πίνακας 4. ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΤΑΘΜΟΥ ΚΑΒΑΛΑΣ**

Γ.Π.:40<sup>0</sup> 56' Β, Γ.Μ.:24<sup>0</sup> 21' Α Υψόμετρο σταθμού:64,8m Περίοδος: 1956-1984

ΜΗΝΑΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(T) °C					Σχετικ Υγρασ %	Βροχ. (P) mm	Αριθ. ημερ. Παγετ.	Μέσος αριθ. ημερ.με Tmin < 0°C	Επικ. διεύθ Ανέμ	Δείκτης Lang P / T	Χαρακ/σμός Κλίματος κατά Lang-Gracani
	Μέση	Μέση		Απολύτως								
		Max	Min	Max	Min							
ΙΑΝΟΥΑΡ.	3,9	7,9	-0,5	18,4	-23,6	78,3	59,0	4,6	17,3	NA	15,1	Υπέρυγρος
ΦΕΒΡΟΥΑΡ.	5,8	10,0	0,7	20,8	-23,5	75,8	52,9	3,9	12,4	NA	9,1	Υγρός
ΜΑΡΤΙΟΣ	8,5	12,7	2,8	26,0	-6,7	72,3	51,1	1,6	6,8	NA	6,0	Υφυγρος
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	13,1	17,4	6,2	28,0	-3,0	70,7	38,7	0,2	1,1	NA	2,9	Ξηρός
ΜΑΙΟΣ	18,3	22,5	6,7	33,2	1,2	68,3	41,0	0,0	0,0	NA	2,2	Ξηρός
ΙΟΥΝΙΟΣ	22,4	26,7	14,2	35,2	6,2	62,9	41,2	0,0	0,0	NA	1,8	Ξηρός
ΙΟΥΛΙΟΣ	24,7	29,1	16,3	37,0	7,5	59,8	38,5	0,0	0,0	NA	1,5	Υπέρξηρος
ΑΥΓΟΥΣΤ.	24,4	29,2	15,7	38,1	7,5	58,9	18,2	0,0	0,0	NA	0,7	Υπέρξηρος
ΣΕΠΤΕΜΒΡ.	20,5	25,8	12,3	33,0	0,4	64,0	25,4	0,0	0,0	NA	1,2	Υπέρξηρος
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	15,1	20,6	8,0	33,2	-3,0	70,8	48,6	0,1	0,9	NA	3,2	Ξηρός
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	10,1	14,9	4,6	24,0	-7,0	77,5	71,2	3,4	5,8	NA	7,0	Υφυγρος
ΔΕΚΕΜΒΡ.	5,6	9,8	1,1	19,5	-14,0	80,9	90,0	6,8	13,8	NA	16,0	Υπέρυγρος
ΕΤΟΣ	14,3	18,8	7,6	38,1	-23,6	70,0	575,8	20,6	58,1		40,2	Υπόξηρο έως ύφυγρο

#### δ. Λοιπά κλιματολογικά φαινόμενα

- **Χιόνι (Snow):** Εμφανίζεται από Νοέμβριο έως και Μάρτιο με σύνολο μερών **3,9** ετησίως κατά Μ.Ο. και χαρακτηρίζεται από μικρό πάχος και διάρκεια.
- **Παγετοί (Frost):** Είναι συνηθισμένοι στη χειμερινή περίοδο με σύνολο μερών **13,3** ετησίως με συχνότητα από Νοέμβριο-Μάρτιο (1,7/4,0/5,2/2,2/0,2 ημέρες αντίστοιχα). Δεν παρατηρούνται όψιμοι παγετοί που μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα στις καλλιέργειες.
- **Χαλάζι (Hail):** Η περιοχή δεν χαρακτηρίζεται ιδιαίτερα χαλαζόπληκτη, με σύνολο ημερών **0,7** ετησίως. Εμφανίζεται όμως σε περιόδους κρίσιμες, όπως από Απρίλιο έως Ιούνιο τον Σεπτέμβριο και τον Νοέμβριο
- **Καταιγίδα (Thund):** Στην περιοχή παρατηρούνται συχνές καταιγίδες σ'όλη τη διάρκεια του έτους με συνολικό αριθμό ημερών **16,8** /έτος και με συχνότητα **3,5** ανά μήνα από Μάιο έως Αύγουστο.
- **Ομίχλη (Fog):** οι μέρες με ομίχλη είναι σχετικά λίγες με αριθμό **3,8** ημέρες /έτος και εμφανίζονται από Οκτώβριο έως Απρίλιο.
- **Άνεμοι (Wind):** Επικρατούν οι Βόρειοι άνεμοι καθ'όλη τη διάρκεια του έτους.

#### ε. Το καθεστώς εδαφικής θερμοκρασίας

Η θερμοκρασία του εδάφους έχει σημαντική επίδραση στη βιολογική και φυσιολογική σύνθεση και εξέλιξη των εδαφών καθώς και στην ανάπτυξη των καλλιεργούμενων και αυτοφυών φυτών, και χρησιμοποιείται στην ταξινόμηση των εδαφών, ως κριτήριο με ιδιαίτερη σημασία. Αυτό καθορίζεται από τη μέση ετήσια θερμοκρασία, του εδάφους και τη μέση θερινή θερμοκρασία του εδάφους σε βάθος 50 cm από την επιφάνεια. Σε περίπτωση που δεν έχει άμεσα μετρηθεί, μπορεί να εκτιμηθεί από την μέση ετήσια θερμοκρασία του αέρα, αν προσθέσουμε 1 °C.

Επομένως στην περίπτωση της υπό μελέτη περιοχής, η μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα είναι περίπου 15,6 °C και η διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στην χειμερινή και καλοκαιρινή περίοδο είναι μεγαλύτερη από 5,0 °C σε βάθος 50 cm επομένως, το καθεστώς της εδαφικής θερμοκρασίας χαρακτηρίζεται σαν **thermic**( Soil Taxonomy,1999).

#### στ. Το καθεστώς εδαφικής υγρασίας

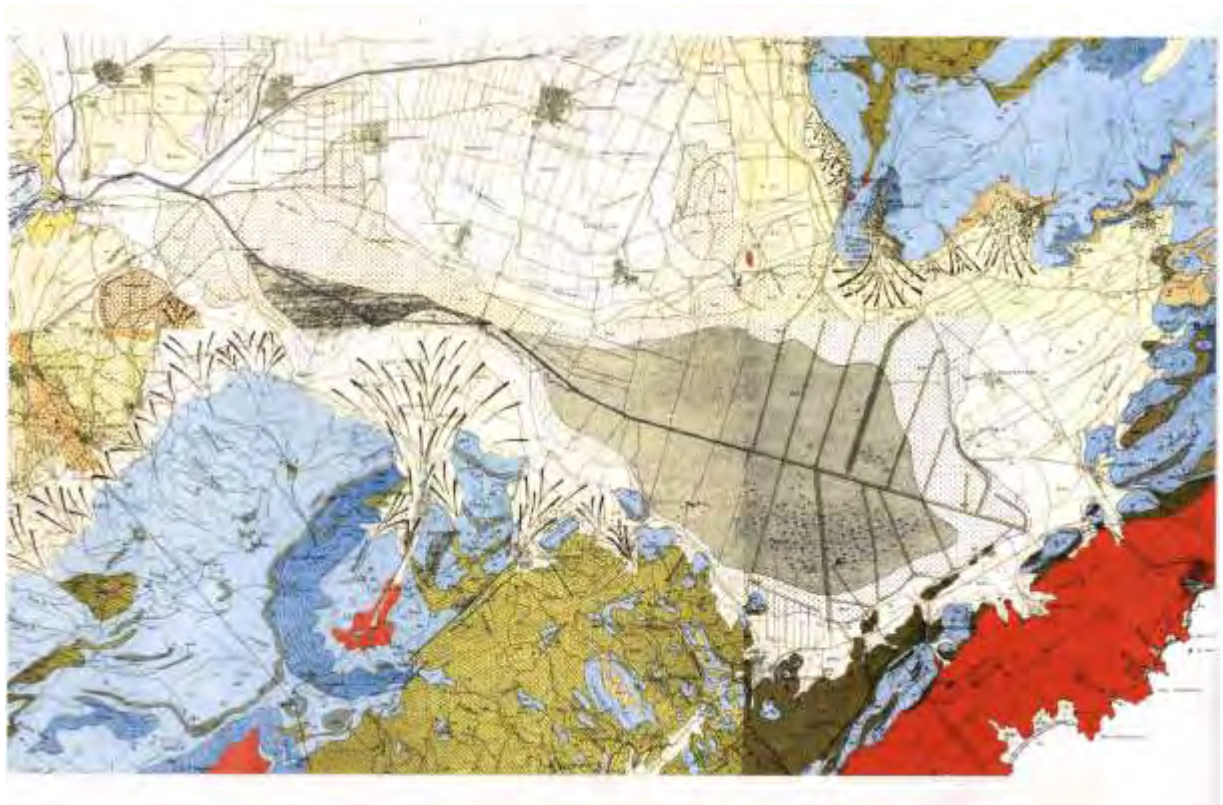


- Το καθεστώς εδαφικής υγρασίας είναι ταξινομικό κριτήριο, που συσχετίζεται άμεσα με το κλίμα, αναφέρεται δε στην παρουσία η απουσία νερού ή νερού που συγκρατείται με ένταση (tension) < 15 bars σε διάφορες εποχές του χρόνου. Το καθεστώς εδαφικής υγρασίας της ευρύτερης περιοχής χαρακτηρίζεται σαν **xeric** (Soil Taxonomy, 1999).
- Η μέση ετήσια θερμοκρασία εδάφους είναι μικρότερη από 22 °C.
- Η διαφορά μέσης θερμοκρασίας εδάφους μεταξύ χειμώνα και θέρους είναι μεγαλύτερη από 5 °C σε βάθος 50 cm από την επιφάνεια.

### 2.3. Γεωλογία της ευρύτερης περιοχής

Σύμφωνα με τα στοιχεία του Γεωλογικού Χάρτη κλίμακας 1:50000 (ΙΓΜΕ 1969/70) Παράρτημα III, η ευρύτερη περιοχή γεωτεκτονικά ανήκει στην κρυσταλλοσχιστώδη μάζα γνωστή σαν Μάζα Ροδόπης. Το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής και ειδικότερα οι ορεινή όγκοι της δομούνται κυρίως από κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα όπως μάρμαρα, μαρμαρυγικούς σχιστόλιθους, πρασινοσχιστόλιθους και γνευσιακούς σχιστόλιθους. Πρόκειται για μεταμορφωμένα πετρώματα που έχουν προέλθει από ιζηματογενή. Ειδικότερα στην περιοχή του λεκανοπεδίου της Δράμας απαντώνται οι παρακάτω γεωλογικοί σχηματισμοί-πετρώματα.

Γεωλογικός χάρτης της περιοχής



### 2.3.1. Γεωλογικοί σχηματισμοί- πετρώματα

#### 2.3.1.1. Κρυσταλικά πετρώματα

\* m: Μάρμαρα φτωχά στρωματωμένα ή συμπαγή λευκά μάρμαρα που προήλθαν από υφαλογενής ασβεστόλιθους. Επίσης μάρμαρα από καλά ή λεπτά στρωματομένα υλικά, ανοικτόχρωμα ή και σκοτεινόχρωμα,. Συχνά απαντώνται τεφρά ταινιωτά μάρμαρα σε στρώματα και φακούς στην μεταβατική ζώνη των μαρμάρων προς τους μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους και γνεύσιους, με χαλαζία, μαρμαρυγία, αλβίτη σε ποσοστό που ποικίλει.

\* mr.sch: μάρμαρα και μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι: Εναλλαγές στρωμάτων μαρμάρων και μαρμαρυγιακών σχιστόλιθων και αντίστροφα δηλ εναλλαγές στρωμάτων από

\* sch.mr: μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους και μάρμαρα με επικράτηση των μαρμαρυγιακών σχιστόλιθων κατά θέσεις πλευρικές μεταβάσεις των μεν προς τα δε.

\* gsch: πρασινοσχιστόλιθοι και αμφιβολίτες που απαντώνται ως φακοί, ενστρώσεις ή εκτεταμένα στρώματα στο κατώτερο μέρος της σειράς των μαρμάρων με πλευρικές μεταβάσεις προς τα τεφρά μάρμαρα, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους, γνεύσιους. Οι αμφιβολίτες θεωρούνται ότι προήλθαν από μάργες .

\* msch: μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι επικρατούν οι μοσχοβιτικοί σχιστόλιθοι με ποικίλο ποσοστό χαλαζία και ανθρακικά ορυκτά (ασβεστίτη) και απαντώνται κατά την μετάβαση από γνεύσιους προς μάρμαρα

\* gn: γνεύσιοι και γνευσιακοί σχιστόλιθοι με λεπτό έως μεσοκοκκώδη υφή ανάλογα των ορυκτών που επικρατούν . Κυρίως ορυκτά είναι ο χαλαζίας, αλβίτης, μοσχοβίτης, βιοτίτης, επίδοτο.

\* γι: γρανίτες, γρανιοδιορίτες υποκείμενοι των βουνών Παγγαίου και Συμβόλου. Διακρίνονται ως γρανίτης “Παγγαίου” και “Συμβόλου” ή Καβάλας με κύρια ορυκτά καλιούχους άστριους, πλαγιόκλαστα, χαλαζία, βιοτίτη, κερροστόλβη,

#### 2.3.1.2. Τριτογενές

##### α..Πλειόκαινο

\* Λιμνιαίες και χερσαίες αποθέσεις κυρίως μάργες(m), κροκαλοπαγή, ιλύς, αμμοι, χαλίκια

\* Θαλάσσιες και υφάλμυρες αποθέσεις στην περιοχή, ψαμμίτες, μάργες ασβεστόλιθους και γύψος

#### 2.3.1.3. Τεταρτογενές

#### *α. Ολόκαινο*

\* χερσαίες αποθέσεις: σύγχρονες προσχώσεις και υλικά χωρίς κανένα ειδικό χαρακτηριστικό. Ογκόλιθοι, χαλαρά κροκαλοπαγή, κροκάλες, λεπτόκοκκα υλικά και ερυθροί άργιλοι

\* πλευρικά κορήματα: με ή χωρίς άργιλο

\* αλλουβιακά ριπίδια: υλικά αποσάθρωσης γενέσιων, μαρμάρων και γρανιτών,

\* ερυθρογή: με ή χωρίς από μάρμαρα και σχιστόλιθους προερχόμενες κροκάλες

\* Λιμνιαίες αποθέσεις λεκάνης Φιλίππων: άργιλοι. εναλλασσόμενοι από σχηματισμούς διαφόρων φάσεων (λιμνιαίας, χερσαίας, ποταμίας φάσης) καθώς χουμώδεις άργιλοι στην μεταξύ άργιλου και τύρφης μεταβατική ζώνη.

\* Τύρφη : των Τεναγών Φιλίππων

#### *β. Πλειστόκαινο*

\* Χερσαία αναβαθμίδα : Κροκαλολατυπαγή και κώνοι που διακρίνονται σε

Pl.cs2: Συνεκτικά κροκαλολατυπαγή και κώνοι κορημάτων. Οι κροκάλες και λατύπες αποτελούνται από μάρμαρα με συνδετικό υλικό ασβεστιτικό και κατά θέσεις αργιλικό με λεπτόκοκκη άμμο.

Pl.cs1: εναλλαγές κροκαλοπαγών με ερυθρές ψαμούχες αργίλους και κώνοι κορημάτων. Οι κροκάλες και λατύπες αποτελούνται από γενέσιο, μαρμαρυγιακό σχιστόλιθο και μάρμαρο.

\* Στα χαμηλότερα μέρη σε ποταμιαίες αποθέσεις

Pl.1m: Καστανοκόκκινοι πηλοί με διάσπαρτες κροκάλες, με υλικά από κόκκινους ψαμμίτες, αργίλους έως πηλούς, με διάσπαρτες κροκάλες από μαρμαρο, μερικώς από χαλαζία και γενέσιο .

### **2.4. Γεωμορφολογία**

Με βάση το είδος των γεωλογικών σχηματισμών που περιγράφηκαν παραπάνω και της τεκτονικής της περιοχής είναι δυνατό να διακριθεί η ευρύτερη έκταση στις εξής γεωμορφολογικές ενότητες:

Α. Ορεινοί όγκοι του λεκανοπεδίου της Δράμας: Αποτελούνται κυρίως από λευκό μάρμαρο και σε μερικές περιπτώσεις μπλέ (δολομικιτό μάρμαρα). Κατά θέσεις, βόρεια της πόλης Δράμας εισχωρεί μέσα στο μάρμαρο ο μαρμαρυγίας. Υπάρχουν επίσης οι σειρές: μάρμαρο-σχιστόλιθος με μαρμαρυγία, ασβεστούχος ή καθαρός μαρμαρυγιακός σχιστόλιθος. Τα μαρμαρυγιακά πετρώματα κατέχουν μεγάλη έκταση και παρουσιάζονται μέχρι τα ανατολικά του Παγγαίου, σε

μικρό τμήμα του Μενοικίου καθώς και του Τσάλ-Ντάν. Στα διάφορα μέρη του ευρύτερης περιοχής διακόπτονται τα μεταμορφωμένα πετρώματα από όξινους μαγματίτες που είναι γρανίτες τύπου Συμβόλου (ορθόκλαστος χαλαζίας, βιοτίτη, μοσχοβίτη) στα νότια -στο όρος Σύμβολο- και Αλή Μπαμπά.(πλαγιοκλαστα, κεροστίλβη) στα ανατολικά -στο Παρανέστι..

Β.Περιμετρικά του λεκανοπεδίου και σε ελαφρά επικλινή τμήματα απαντώνται τα κροκαλοπαγή που κατά θέσεις συνδέονται με μάρμαρο ή διακόπτονται και από κώνους προσχώσεων. Επιπλέον ανατολικά ΒΑ των Τεναγών (στο νότια της Δράμα και προς Καλλίφυτο, Αγ Αθανάσιο, Καλαμπάκι, Κουδούνια ) εμφανίζεται κόκκινο αποσαθρωμένο υλικό πλούσιο σε άργιλο με πολύ λίγο  $\text{CaCO}_3$  και θραύσματα από πυριτικά πετρώματα (πυριτόλιθοι). Γ. Τα πεδινά τμήματα του λεκανοπεδίου. Τα τμήματα που βρίσκονται σε υψόμετρο 60περίπου και χαμηλότερα αποτελούνται από ιζήματα λιμνών και ποταμών και κατά θέσεις πλευρικά κορήματα που έχουν καθιζάνει κατά το νεότερο τριτογενές και τεταρτογενές επάνω στα μεταμορφωμένα πετρώματα δηλ μάρμαρα που εναλλάσσονται με μαρμαρυγιακό και γνευσιακό σχιστόλιθο όπως έχει αναλυθεί παραπάνω.Στην κατηγορία αυτή ανήκουν και τα οργανικά αποθέματα των τεναγών των Φιλιππων.

## 2.5. Φυσιογραφία - Ανάγλυφο

Στην ευρύτερη γεωργική περιοχή της Δράμας που σχηματίστηκε την τριτογενή περίοδο μετά την φάση των αλπικών πτυχώσεων, αφού προηγήθηκαν πολλές διαρρήξεις με συνιζήσεις ή εξάρξεις του φλοιού της γής, σχηματίστηκαν σκαφοειδείς ή ταφροειδείς λεκάνες στις οποίες εναποτέθηκαν κατά την τριτογενή και τεταρτογενή περίοδο διάφορα κλαστικά υλικά πηλοί και άργιλοι.Στις λεκάνες αυτές βρίσκονται οι κύριες γεωργικές εκτάσεις, χαρακτηρίζονται από σχετικά ομαλό ανάγλυφο, με επίπεδα έως ελαφρά κεκλιμένα εδάφη.

Την πεδινή έκταση την διασχίζουν διάφοροι μικροί και μεγάλοι χείμαρροι , ρέματα, τα περισσότερα από τα οποία προέρχονται τους ορεινούς όγκους του Φαλακρού και της Λεκάνης, βόρεια και ανατολικά της περιοχής και κατευθύνονται δυτικά η και νότια. Η ροή τους συνήθως είναι χαμηλή και όχι κανονική και έτσι μόνο λίγα καταλήγουν σε μεγαλύτερο ποτάμι πχ, Αγγίτη ή στην τάφρο του Δοξάτου. Τα περισσότερα καταλήγουν στα χαμηλότερα τμήμα της λεκάνης αποροής στο Νότιο και ανατολικό τμήμα της, εκεί που υπάρχει το βύθισμα των Τεναγών που λόγω έλλειψης εξόδου έχουν δημιουργηθεί βαλτώδεις εκτάσεις. Στα ψηλότερα

σημεία του αναγλύφου που εκτείνεται μέχρι την ισουψή των 200 m έχουν διαμορφωθεί ανάγλυφα με μέτρια έως ισχυρή κλίση. Στις περιοχές αυτές, το μητρικό πέτρωμα σε ορισμένες θέσεις εμφανίζεται στην επιφάνεια του εδάφους. Όπου δεν έχει εγκαταλειφθεί κάθε μορφή η γεωργικής εκμετάλλευσης, καλλιεργούνται καπνά, σιτηρά, ή αμπέλια

## 2.6. Υδρολογικές συνθήκες

Στο υδάτινο δυναμικό της περιοχής Δράμας, η οποία αποτελεί μία κλειστή λεκάνη απορροής, συμβάλλει η παρουσία διαφόρων ρεμάτων και χειμάρρων που τη διασχίζουν κύρια από τα Βόρεια και Βόρειοανατολικά προς τα δυτικά,. Οι παροχές των περισσότερων ρεμάτων είναι ακανόνιστες και κυμαίνονται ανάλογα με την εποχή του έτους, συνήθως δε περιορίζονται την περίοδο των βροχών. Σημαντικότερος και με μόνιμη παροχή είναι ο παραπόταμος του Στρυμόνα Αγγίτης, που έχει τις πηγές του μέσα στο Σπήλαιο Αγγίτη στου πρόποδες του Φαλακρού , στο χωριό Πηγές του Δήμου Προσοτσάνης..

Επίσης και τα νερά της Αγίας Βαρβάρας που πηγάζουν μέσα από τη πόλη της Δράμας έχουν μόνιμη παροχή και εκβάλουν στη τάφρο του Δοξάτου.

Μικρότερης σημασίας από πλευρά παροχής είναι και ο Βοιράνης ποταμός με πηγές στο Κεφαλάρι δηλαδή ανατολικά της Δράμας προς Δοξάτο Αγ.Αθανάσιος που εκβάλλει στη λεκάνη των Φιλίππων.

Επίσης στο υδάτινο δυναμικό της περιοχής συμβάλλει και ένα μέρος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που κατεισδύει στο έδαφος και τροφοδοτεί τους υπόγειους υδροφορείς.

Στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης η εξασφάλιση του αρδευτικού νερού αν εξαιρέσουμε τις εκτάσεις που βρίσκονται κατά μήκος των ποταμών ή πηγών, γίνεται από σχετικά αβαθείς γεωτρήσεις που έχουν ανοιχθεί κύρια στην πεδινή περιοχή. Τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί σημαντικά η εκμετάλλευση των υπογείων νερών σε μια προσπάθεια αντιμετώπισης των σχετικών αναγκών των καλλιεργειών και εντατικοποίησης της παραγωγής. Ωστόσο τα προβλήματα παραμένουν καθώς μόνο δεν καλύπτονται οι ανάγκες.

Οι εκτάσεις στην περιοχή μελέτης μετά την αποξήρανση των Τεναγών αντιμετωπίζουν έντονα προβλήματα λόγω έλλειψης νερού και εξαιτίας της ποιότητας των στραγγιστικών νερών Επιπλέον η περιοχή αντιμετωπίζει συχνά προβλήματα από πλημμύρες των ρεμάτων.

## 2.7. Καλλιέργειες

Σύμφωνα με τα στοιχεία των Δ/νσεων Γεωργίας των Νομών Δράμας, Καβάλας και Σερρών και όπως έχουν παρουσιασθεί στη ετήσια έκθεση του 2001, κύρια καλλιέργεια στην περιοχή των Τεναγών Φιλίππων είναι ο αραβόσιτος με 65% της καλλιεργούμενης έκτασης. Ακολουθεί με 25% η καλλιέργεια ζαχαρότευτλων και 10% με λοιπές καλλιέργειες όπως βιομηχανική τομάτα, βαμβάκι καπνός και σιτάρι. Η κατανομή εκτάσεων και καλλιεργειών φαίνεται στους πίνακες που ακολουθούν:

Εκτάσεις Τεναγείων περιοχών Νομού Δράμας: **29230 στρ. Πίνακας 5**

Εκτάσεις Τεναγείων περιοχών Νομού Καβάλας: **62330 στρ. Πίνακας 6**

Εκτάσεις Τεναγείων περιοχών Νομού Σερρών : **7525 στρ. Πίνακας 7**

**Πίνακας 5. Κατανομή καλλιεργειών στην τενάγια περιοχή του Ν. Δράμας**

<b>Καλλιέργεια</b>	<b>Έκταση στρέμματα</b>	<b>Ποσοστό %</b>
Βαμβάκι	13.500	46
Αραβόσιτος	12.500	42
Ζαχαρότευτλα	1.660	6
Μηδική	2.570	9
<b>Σύνολο</b>	<b>29.230</b>	<b>100</b>

Δ.Ε.Β. Ν. Δράμας

**Πίνακας 6. Κατανομή καλλιεργειών στην Τενάγια περιοχή του Ν. Καβάλας**

<b>Καλλιέργεια</b>	<b>Εκταση Στρέμματα</b>	<b>Ποσοστό %</b>
Αραβόσιτος	40.515	65
Ζαχαρότευτλα	15.583	25
Λοιπές καλλιέργειες	6.232	10
<b>Σύνολο</b>	<b>62.330</b>	<b>100</b>

Δ.Ε.Β. Ν. Καβάλας

**Πίνακας 7. Κατανομή καλλιεργειών στην Τενάγια περιοχή του Ν. Σερρών**

<b>Καλλιέργεια</b>	<b>Εκταση στρέμματα</b>	<b>Ποσοστό %</b>
Αραβόσιτος	6.396	85
Λοιπές καλλιέργειες	1.129	15
<b>Σύνολο</b>	<b>7.525</b>	<b>100</b>

Δ.Ε.Β. Ν. Σερρών

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>

### ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

#### 3.1. Μέθοδοι Εργασίας

##### 3.1.1. Προκαταρκτικές εργασίες

Στην αρχή συγκεντρώθηκαν τα ιστορικά στοιχεία και οι μελέτες σχετικές με την εξέλιξη της ευρύτερης περιοχής καθώς και η συλλογή υλικού και Χαρτών για την γεωλογία, κλίμα, χρήση γης, καλλιεργητικές τεχνικές κ.ά.

##### 3.1.2. Εργασίες υπαίθρου

Αρχικά έγινε αναγνωριστική επίσκεψη στην ευρύτερη περιοχή των Τεναγών και συζητήθηκαν τα ειδικότερα προβλήματα. Σε δεύτερη φάση ακολούθησε μακροσκοπική εξέταση όλης της περιοχής.

Η χαρτογράφηση των Τεναγών έγινε λαμβάνοντας υπόψη όλα τα δεδομένα από προηγούμενες δράσεις, εγχειοβελτιωτικά έργα, μελέτες, δημοσιεύσεις και χάρτες. Αρχικά χρησιμοποιήθηκε ειδικός δειγματολήπτης για την αναγνώριση των στρώσεων κατά μήκος και κάθετα της Κεντρικής Τάφρου. Σε πρώτη προσέγγιση, μελετήθηκαν ορισμένες εδαφικές ιδιότητες όπως: μηχανική σύσταση στα ανόργανα ή θαμμένα οργανικά, βαθμός αποσύνθεσης των ινών (fibers), στράγγιση, ανθρακικό ασβέστιο κλπ.

Με βάση τα παραπάνω, λαμβάνοντας υπόψη το βαθμό ανομοιομορφίας, ορίστηκαν οι θέσεις διάνοιξης των εδαφοτομών (profiles), θέσεις οι οποίες κρίθηκαν αντιπροσωπευτικές για το σύνολο της περιοχής.

Στη συνέχεια έγινε διάνοιξη 17 αντιπροσωπευτικών εδαφοτομών, πραγματοποιήθηκε αναλυτική περιγραφή των μακροσκοπικών και μορφολογικών χαρακτηριστικών της εδαφικής κατατομής με σκοπό την ταξινόμησή τους, πάρθηκαν δείγματα κατά οριζόντες για εργαστηριακές αναλύσεις.

Η χαρτογράφηση των εδαφών και γενικά όλες οι εργασίες υπαίθρου έγιναν με τη βοήθεια τοπογραφικών χαρτών κλίμακας 1:5.000 ενώ η τελική έκδοση του χάρτη έγινε σε κλίμακα 1:25.000.

Η δε ταξινόμηση έγινε σύμφωνα με το διεθνές σύστημα Soil Taxonomy (USDA, 1999). Διακρίθηκαν 9 χαρτογραφικές μονάδες βάση το βαθμό αποσύνθεσης των οργανικών υλικών.

Η εκτίμηση του βαθμού αποσύνθεσης (χουμοποίησης) της τύρφης στο αγρό έγινε με βάση την συμπεριφορά αυτής μετά την πίεση της μέσα στην παλάμη.

Ετσι η τύρφη χαρακτηρίζεται ως



I. μη χουμοποιημένη δηλ FIBRIC ( ορίζοντας Oi ): Πιέζοντας την τύρφη μέσα στο χέρι, φεύγει άχρωμο διαυγές νερό και διακρίνεται η δομή των φυτών , επομένως η προέλευση της .

II. χουμοποιημένη σε μεγάλο βαθμό δηλ HEMIC (ορίζοντας Oe:) Πιέζοντας την τύρφη μέσα στο χέρι, το νερό που φεύγει είναι ελαφρά σκουρόχρωμο και διακρίνεται η δομή των μονο των φυτικών ιστών.

III. πλήρως χουμοποιημένη, δηλ SAPRIC (ορίζοντας Oa): Πιέζοντας την τύρφη μέσα στα χέρια το νερό είναι σκούρο και με γλοιώδη υφή, χωρίς να διακρίνεται η δομή των φυτικών υπολειμμάτων.

Ολες οι εργασίες υπαίθρου, η περιγραφή και ο συμβολισμός των στοιχείων που συγκεντρώθηκαν, έγιναν βάσει των προδιαγραφών και των κριτηρίων που αναφέρονται στο Soil Survey Manual (1981).

Τέλος, στα πλαίσια της παρούσης μελέτης στα ανόργανα εδάφη που βρίσκονται περιμετρικά των Τεναγών εκτός δηλ της κυρίας περιοχής μελέτης, δεν έγινε περαιτέρω διάκριση σε επιμέρους χαρτογραφικές μονάδες καθώς η παρατενάγεια περιοχή εκτείνεται σε μεγάλη έκταση.

Τα ανόργανα εδάφη που βρίσκονται περιμετρικά, αναφέρονται ως μια Χ.Μ 10 δηλ ως ανόργανα αλλά για κάθε σημείο παρατήρησης , αναφέρονται όλα τα στοιχεία που αφορούν τόσο το χαρτογραφικό σύμβολο όσο και αυτών των αναλύσεων που παρουσιάζονται στο Παράρτημα I.

Θα πρέπει να τονισθεί ότι για το χαρακτηρισμό των κλάσεων υδρομορφίας των εδαφών που βασίζεται στο χρώμα του εδαφικού υλικού, στην παρουσία ή όχι εξανθήσεων σιδήρου και μαγγανίου και στην ύπαρξη ή όχι οριζόντων gley στα διάφορα βάρη της εδαφοτομής, ελήφθησαν υπόψη οι κλάσεις υδρομορφίας του παρακάτω πίνακα 8.

**Πίνακας 8. Κλάσεις υδρομορφίας (στράγγιση)**

Σύμβολο	Περιγραφή
A	Πολύ καλά αποστραγγιζόμενα εδάφη σε όλο το βάθος της κατατομής
B	Καλά αποστραγγιζόμενα εδάφη στα οποία η υπόγεια στάθμη τους υγρούς μήνες, βρίσκεται σε βάθος 100-150 cm από την επιφάνεια
C	Μέτρια αποστραγγιζόμενα εδάφη στα οποία η υπόγεια στάθμη τους υγρούς μήνες, βρίσκεται σε βάθος 50-100 cm από την επιφάνεια
D	Ατελώς αποστραγγιζόμενα εδάφη στα οποία η υπόγεια στάθμη τους υγρούς μήνες, βρίσκεται σε βάθος 25-50 cm από την επιφάνεια
E	Κακώς αποστραγγιζόμενα εδάφη στα οποία η υπόγεια στάθμη τους υγρούς μήνες φθάνει σε βάθος μικρότερο των 25cm από την επιφάνεια.
F	Εδάφη μόνιμη υπόγεια στάθμη νερού

### 3.1.3. Εργαστηριακές Αναλύσεις

Τα εδαφικά δείγματα, μετά την κατάλληλη προετοιμασία τους που περιελάμβανε αεροζήρανση και κοσκίνισμα με κόσκινα των 2 mm, υποβλήθηκαν στις παρακάτω εργαστηριακές αναλύσεις :

**Μηχανική ανάλυση:** Έγινε με τη μέθοδο του υδρομέτρου (Gee and Bauder, 1986) που στηρίζεται στην αρχή της καθίζησης της ύλης και της αργίλου, σύμφωνα με το νόμο του Stokes και μόνο στα ανόργανα εδαφικά δείγματα .

**pH:**Μετρήθηκε για τα ανόργανα σε πάστα κορεσμού, ενώ τα οργανικά σε υδατικό αιώρημα με σχέση εδάφους – ύδατος 1:3 με pH-μέτρο Schott το οποίο φέρει πλαστικό ηλεκτρόδιο “gel filling” (KCl gel 0.3 mol/l). με pH-μέτρο (McLean, 1982).

**Ηλεκτρική αγωγιμότητα:** Υπολογίστηκε από την ηλεκτρική αντίσταση η οποία μετρήθηκε με γέφυρα αγωγιμότητας σε πάστα κορεσμού (Αλεξιάδης 1976,σελ176-184)

**Περιεκτικότητα αλάτων:** Βρέθηκε υπολογιστικά από την ηλεκτρική αγωγιμότητα και το νερό κορεσμού (SP) (Αλεξιάδης 1976,σελ 177,187)

**Βαθμός αλκαλίωσης (ESP):** Είναι η εκατοστιαία αναλογία του ανταλλάξιμου Na του εδάφους προς την ολική σε κατιόντα εναλλακτική ικανότητα (C.E.C ).Υπολογίστηκε από τη σχέση:

$$ESP = \frac{Na^+}{C.E.C.} \times 100$$

**Περιεκτικότητα σε ολικό CaCO<sub>3</sub>:** Προσδιορίστηκε με τη χρήση ασβεστόμετρου Bernard, η οποία βασίζεται στην ογκομέτρηση του CO<sub>2</sub> που εκλύεται με την επίδραση διαλύματος αραιού HCl στα ανθρακικά άλατα του εδάφους (Allison, and Moodie, 1965)

#### Οργανική ουσία

Έγινε με τροποποιημένη μέθοδο Walkley- Black στους ανόργανους ορίζοντες (Nelson and Sommers, 1982) ενώ στους οργανικούς ορίζοντες προσδιορίστηκε ο ολικός άνθρακας με το LECO CNS-2000. Το LECO είναι ένας αναλυτής άνθρακα, αζώτου και θείου και λειτουργεί σε μεγάλο εύρος οργανικών ενώσεων, με τη βοήθεια ενός μικροκομπιούτερ στο υπέρυθρο χωρίς διασπορά. Τα δείγματα προωθούνταν σε ειδικό τμήμα όπου γίνεται η πέψη με τη ροή οξυγόνου. Με την πέψη ο στοιχειακός C, το S και το N, μετατρέπονται σε CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> και NO<sub>x</sub>. Τα παραπάνω αέρια περνούν μέσα από την IR κυψελίδα και προσδιορίζονται ο άνθρακας, το θείο και με θερμική αγωγιμότητα το N<sub>2</sub>.

**Ολικό Αζωτο (mg/100g).** Προσδιορίστηκε με την μέθοδο κατά Kjeldahl υγρή καύση και LECO CNS-2000

**Λόγος C/N** υπολογίστηκε από τις τιμές του C και N κατά LECO. Επιπλέον στο συνοπτικό πίνακα των προφίλ Παράρτημα 1. ο λόγος C/N δίνεται και από τις τιμές του άνθρακα της οργανικής της οργανικής με την απώλεια καύση ή κατά Walkley and Black ανάλογα του υλικού και το ολικό άζωτο (N) κατά Kjeldahl.

#### **Ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (ΙΑΚ):**

- στα ανόργανα εδάφη προσδιορίστηκε με τη μέθοδο του κορεσμού των εδαφικών κολλοειδών με νάτριο και στη συνέχεια αντικατάσταση του νατρίου με αμμώνιο (Rhoades, 1982). Τα βασικά αντιδραστήρια ήταν 1 N  $\text{CH}_3\text{COONa}$  με pH 8.2 και 1 N  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  με pH 7.0. Μετά από εκχύλιση τα ελεύθερα ιόντα νατρίου μετρήθηκαν με φλογοφωτόμετρο.
- στα οργανικά αλλά και πολύ πλούσια σε οργανική ουσία (15%) ανόργανα εδάφη προσδιορίστηκε με τη μέθοδο του κορεσμού των εδαφικών κολλοειδών με νάτριο και στη συνέχεια αντικατάσταση του νατρίου με αμμώνιο. Εξαιτίας του σχετικά μικρού ΦΕΒ (<1) το υλικό επιπλέει στην επιφάνεια του νερού κατά την φυγοκέντριση του διαλύματος με συνέπεια να “χάνεται” ένα μεγάλο μέρος από αυτό και έτσι οι μετρήσεις εμπεριέχουν μεγάλο σφάλμα για τον λόγο αυτό εκτός από την πρώτη ανακίνηση των δειγμάτων με 100 ml 1 N  $\text{CH}_3\text{COONa}$  και διήθηση, οι υπόλοιπες προσθήκες (δηλ η έκπλυση με 100 ml αιθιλικής αλκοόλης 96% των επιπλέον υπαρχόντων ιόντων Na από την προσθήκη του  $\text{CH}_3\text{COONa}$  και κατόπιν η προσθήκη του  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ), έγιναν με αργό ρυθμό δια μέσου του φίλτρου όπου είχε γίνει η πρώτη διήθηση και στο διήθημα μετά την προσθήκη του  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  μετρήθηκαν τα ελεύθερα ιόντα νατρίου με φλογοφωτόμετρο.

#### **Κατιόντα.**

**Υδατοδιαλυτά κατιόντα νάτριο (Na), κάλιο (K), ασβέστιο (Ca), μαγνήσιο (Mg):** Προσδιορίστηκαν σε διάλυμα αραίωσης διηθήματος πάστας κορεσμού και ο προσδιορισμός K, Na έγινε με φλογοφωτόμετρο και για τα Ca, Mg μετά από τιτλοδότηση με EDTA.

**Εκχυλίσμα κατιόντα νάτριο, κάλιο, ασβέστιο, μαγνήσιο:** Για τον προσδιορισμό τους χρησιμοποιήθηκε ως εκχυλιστικό διάλυμα  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  1N με pH 7,0. (Αλεξιάδης 1976, σελ282). Ο προσδιορισμός K, Na έγινε με φλογοφωτόμετρο Corning και των Ca, Mg με ατομική απορρόφηση. Ενώ σε περιπτώσεις με pH>7 και παρουσία  $\text{CaCO}_3$ , χρησιμοποιήθηκε ως εκχυλιστικό η μεθυλική αλκοόλη 90% και κατόπιν κορεσμός με  $\text{NH}_4\text{OH-NH}_4\text{Cl}$ - pH 8,2 και προσδιορισμός των Ca και Mg με ατομική απορρόφηση (Αλεξιάδης 310 σελίδα).

**Ανταλλάξιμα κατιόντα ( $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ):** Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Thomas (1982). Υπολογίζονται σαν διαφορά της τιμής της εκχυλίσιμης μορφής τους μείον την υδατοδιαλυτή τους μορφή. Στις περισσότερες περιπτώσεις η υδατοδιαλυτή μορφή των κατιόντων είναι ασήμαντη οπότε ως ανταλλάξιμα θεωρούμε στην ουσία τα εκχυλίσμα.

Μετρήσιμες τιμές υδατοδιαλυτών κατιόντων και ιδίως νατρίου αναμένονται σε αλατούχα ή αλκαλιωμένα εδάφη. Τα ανταλλάξιμα  $K^+$  και  $Na^+$  προσδιορίστηκαν με φλογοφωτόμετρο, ενώ τα ανταλλάξιμα  $Ca^{2+}$  και  $Mg^{2+}$  μετρήθηκαν σε όργανο ατομικής απορρόφησης (Varian Techtron).

**Αφομοιώσιμος Φώσφορος:** Στα ανόργανα εδάφη για τον προσδιορισμό του διαθέσιμου στο φυτό φώσφορο (αφομοιώσιμου) χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Olsen, (Kuo, 1996). Στα οργανικά εδάφη χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Bingham (εκχύλιση του φωσφόρου από το εδαφικό δείγμα με νερό, Αλεξιάδης σελ .364) και κατόπιν προσδιορισμό της περιεκτικότητας αυτού με το ICP.

**Ιχνοστοιχεία (Fe, Zn, Cu, Mn):** Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Page (1982), έγινε εκχύλιση με διάλυμα DTPA ( διεθυλο-τριαιθανο-λαμίνη) σε pH 7.3 και η μέτρηση πραγματοποιήθηκε με ατομική απορρόφηση.

**Νιτρικά – Αμμωνιακά:** Προσδιορίστηκαν με ιοντική χρωματογραφία στα εδαφικά δείγματα. Χρησιμοποιήθηκε όργανο FIAstar 9000 Analyzer (FOSS TECATOR, Sweden).

**Φαινομενική Πυκνότητα (Φαινόμενο Ειδικό Βάρος).** Ο προσδιορισμός έγινε σε αδιατάρακτα δείγματα εδάφους με κύλινδρο γνωστού όγκου. Τα δείγματα πάρθηκαν στον αγρό και περιείχαν τη φυσική τους υγρασία. Το βάρος προσδιορίστηκε αφού τα δείγματα τοποθετήθηκαν στο φούρνο στους  $104^{\circ} C$  μέχρι απόκτησης σταθερού βάρους. Ο τύπος που εφαρμόστηκε ήταν:

$$\Phi\Pi = V/M.$$

Όπου  $\Phi\Pi$ : Φαινομενική Πυκνότητα σε  $gr/cm^3$

M: μάζα εδάφους στους  $104^{\circ} C$  σε gr

V: όγκος του εδάφους στη φυσική του κατάσταση σε  $cm^3$

Σε ορισμένες περιπτώσεις προσδιορίστηκε με την μέθοδο εμποτισμού αδιατάρακτων τεμαχιδίων με παραφίνη (Blake, 1965).

Όλες οι αναλύσεις παρουσιάζονται στο Παράρτημα I

### 3.2. Πειράματα Ανοργανοποίησης σε συνθήκες εργαστηρίου (εις διπλούν)

Έγινε με την μέθοδο Stanford and Smith (1972). Ζυγίσθηκαν 15 gr από κάθε εδαφικό δείγμα (Σύνολο δειγμάτων 83) και 15 gr χαλαζιακής άμμου, αναμείχθηκαν και μεταφέρθηκαν σε πλαστικούς σωλήνες. Το κάτω μέρος των σωλήνων καλύφθηκε με αραιό ύφασμα, αφ' ενός να συγκρατεί το μίγμα, αφετέρου να μην παρεμποδίζεται η έκπλυση. Η έκπλυση έγινε με 100 ml 0.01M  $CaCl_2$ .

Προστέθηκε σε κάθε δείγμα,θρεπτικό διάλυμα 0,002 M Ca SO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O, 0,002 M Mg SO<sub>4</sub>, 0,005 M Ca (H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> και 0,0025 M K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Οι σωλήνες τοποθετήθηκαν για επώαση σε θερμοκρασίες 35<sup>0</sup> C. Η έκπλυση με 0,01 M CaCl<sub>2</sub> και μέτρηση των νιτρικών και αμμωνιακών ιόντων έγινε σε 2,4,7,10,14,18,24 και 30 εβδομάδες. Κάθε φορά πριν την τοποθέτηση των σωλήνων για επώαση ρίχνονταν το θρεπτικό διάλυμα κατά διαστήματα προστίθενταν 5 ml απιονισμένου H<sub>2</sub>O για τον ομαλό ρυθμό ανοργανοποίησης

### **3.3. Στατιστική επεξεργασία αποτελεσμάτων**

Για τη στατιστική ανάλυση και την τελική παρουσίαση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS 10.0 for windows, το statgrafics και το MS Excel.

Για την εύρεση σχέσης μεταξύ των τιμών δύο η περισσότερων παραμέτρων χρησιμοποιήθηκε η *ευθύγραμμη συμμεταβολή ( Linear Regression )*, καθώς και η *συσχέτιση ( correlation )* σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05-0.01\*,0.01-0.001\*\* και < 0.001\*.

### **3.4. Εδαφολογικός Χάρτης**

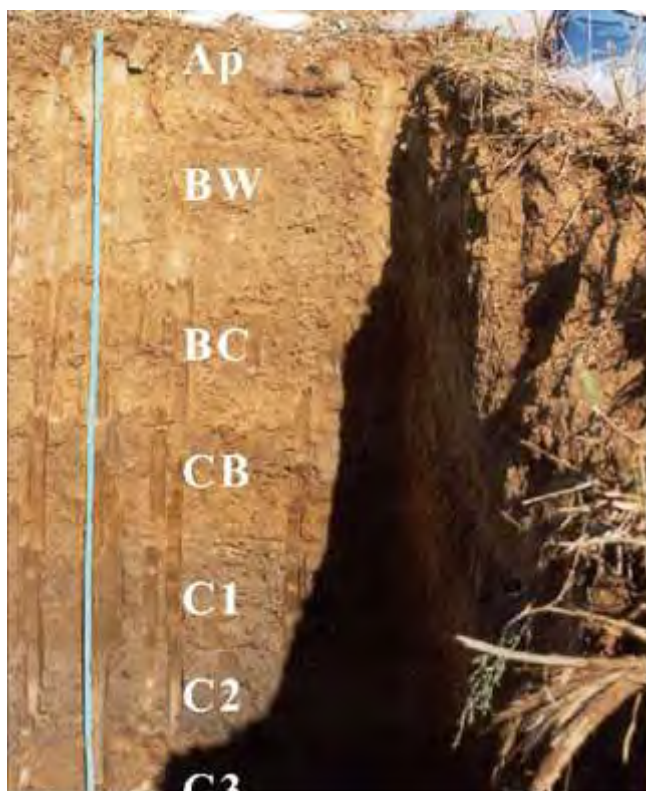
Ο χάρτης της περιοχής έγινε με τη βοήθεια Γεωγραφικού Πληροφορικού Σύστηματος (GIS) ARC-VIEW. Το τοπογραφικό υπόβαθρο προέρχεται από χάρτες της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού κλίμακας 1:5000. Τα τοπογραφικά δεδομένα εισήχθηκαν με διανυσματοποίηση των παραπάνω χαρτών. Μετά τις εργασίες υπαίθρου και την αξιολόγηση των αναλύσεων του εδάφους οριοθετήθηκαν οι χαρτογραφικές μονάδες και συντάχθηκε ο εδαφολογικός χάρτης. ( Παράρτημα ΙΙΙ )

## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

#### 4.1. Φυσικές και Χημικές εδαφικές ιδιότητες

Τα περισσότερα εδάφη της περιοχής Τεναγών είναι πλούσια σε οργανική ουσία, εικόνα 2,3, ενώ στα σημεία που βρίσκονται περιφερειακά των Τεναγών απαντούν ανόργανα εδάφη, εικόνα 1, με σχηματισμένους εδαφογενετικούς ορίζοντες. Οι παράγοντες της εδαφογένεσης όπως η τοπογραφία, ο χρόνος, η υδρολογία και η ανθρώπινη δραστηριότητα επέδρασαν σημαντικά στις εδαφικές ιδιότητες. Ειδικά τα αρδευτικά και στραγγιστικά έργα σε συνδυασμό με το ανάγλυφο σε αρκετές περιπτώσεις είχαν ως αποτέλεσμα (λόγω μη ορθολογικής εφαρμογής των αρδεύσεων) ορισμένες περιοχές να πλημμυρίζουν ενώ εκείνες που βρίσκονται στα ψηλότερα σημεία να παραμένουν ξηρές και να εκτείθενται στις συνέπειες της οξείδωσης. Τα αποτελέσματα των εργαστηριακών αναλύσεων έδειξαν ότι υπάρχει μεγάλη διακύμανση στις τιμές των εδαφικών ιδιοτήτων. Παράμετροι όπως η κοκομετρική σύσταση, η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, η περιεκτικότητα σε θρεπτικά στοιχεία, το φαινόμενο ειδικό βάρος κ.λ.π., εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την προέλευση, το είδος του υλικού, καθώς και το βαθμό αποσάθρωσης των ανόργανων υλικών και της διάσπασης της οργανικής ουσίας των υλικών του κάθε εδαφικού ορίζοντα ή εδαφικής στρώσης.



Εικόνα 1. Εδαφική κατατομή ανόργανου εδάφους στην περιοχή Τεναγών

Στο Παράρτημα I παρουσιάζονται οι αναλύσεις όλων των εδαφοτομών οι οποίες ταξινομήθηκαν και μελετήθηκαν. Έχουν βρεθεί οι κυριότερες πεδοσυναρτήσεις μεταξύ των διαφόρων εδαφικών παραμέτρων των εδαφών της περιοχής Τεναγών Φιλίππων.

Από τις 17 εδαφοτομές που μελετήθηκαν, σύμφωνα με το Soil Taxonomy (1999) οι 13 ανήκουν στην τάξη των Histosols και οι υπόλοιπες 4 στην τάξη των Entisols.

► Η *Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων* (I.A.K) στους επιφανειακούς ορίζοντες είναι αυξημένες ιδιαίτερα στα οργανικά εδάφη οι οποίες κυμαίνονται μεταξύ 70,9 -143,0 cmol/Kg (M.O. 112,58 cmol/Kg και 32,0 – 95,4 cmol/Kg (M.O. 62,17 cmol/Kg στα ανόργανα εδάφη.

► Τα περισσότερα εδάφη της περιοχής είναι αλκαλικά και τούτο οφείλεται στα ασβεστολιθικά πετρώματα που τα περιβάλλουν. Το pH στους επιφανειακούς ορίζοντες κυμαίνεται μεταξύ 6,4 – 7,7 (M.O. 7,35) στα οργανικά και 5,9 – 7,8 (M.O. 7,18) στα ανόργανα.

► Ο *οργανικός άνθρακας* στους επιφανειακούς ορίζοντες κυμαίνεται μεταξύ 117,6 – 307,7 g.Kg<sup>-1</sup> (M.O. 209,75 g.Kg<sup>-1</sup>) στα οργανικά και 14,4 – 104,8 g.Kg<sup>-1</sup> (M.O. 58,46 g.Kg<sup>-1</sup>) στα ανόργανα. Συνήθως η περιεκτικότητα σε οργανικό άνθρακα διαφέρει με το βάθος εξαρτώμενη από τον βαθμό αποσύνθεσης και το είδος του φυτικού υλικού.

► Το *ολικό άζωτο* στους επιφανειακούς ορίζοντες κυμαίνεται μεταξύ 6,60 – 19,20 g.Kg<sup>-1</sup> (M.O. 12,94 g.Kg<sup>-1</sup>) και 1,8 – 8,3 g.Kg<sup>-1</sup> (M.O. 5,12 g.Kg<sup>-1</sup>) αντίστοιχα στα οργανικά και στα ανόργανα εδάφη.

Από την επεξεργασία όλων των οριζόντων, τόσο στα οργανικά όσο και στα ανόργανα εδάφη, βρέθηκε η παρακάτω στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ Ικανότητας Ανταλλαγής Κατιόντων ως εξηρημένης μεταβλητής και του Οργανικού Άνθρακα ως ανεξάρτητης μεταβλητής.

$$Y_{I.A.K} = 58,091 + 0,2435 X_{Oργ. Ανθρ.} \quad (R^2 = 0,7529^{***} \quad n=61, \text{ Οργανικά εδάφη, σχήμα 2})$$

$$Y_{I.A.K} = 40,032 + 4,0103 X_{Oργ. Ανθρ.} \quad (R^2 = 0,7876^{***} \quad n=22, \text{ Ανόργανα εδάφη})$$

Η περιεκτικότητα των εδαφών σε ολικό άζωτο, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, είναι σχετικά χαμηλή και η συγκέντρωσή του διαφέρει σημαντικά στα διάφορα βάθη όπως και η περιεκτικότητα του οργανικού άνθρακα.

Ακολουθούν οι διάφορες συναρτήσεις του ολικού αζώτου με ορισμένες εδαφικές παραμέτρους για όλους τους ορίζοντες των οργανικών και ανόργανων εδαφών.

$$Y_{N \text{ tot}} = 5,1445 + 0,0249 X_{Oργαν.Ανθρ.} \quad (R^2 = 0,6117^{***} \quad n=61, \text{ Οργανικά εδάφη, σχήμα 3})$$

$$Y_{N \text{ tot}} = 1,5911 + 0,5356 X_{Oργαν.Ανθρ.} \quad (R^2 = 0,8397^{***} \quad n=22, \text{ Ανόργανα εδάφη})$$

$$Y_{N \text{ tot}} = 0,6462 + 0,0910 X_{I.A.K} \quad (R^2 = 0,6419^{***} \quad n=61, \text{ Οργανικά εδάφη, σχήμα 4})$$

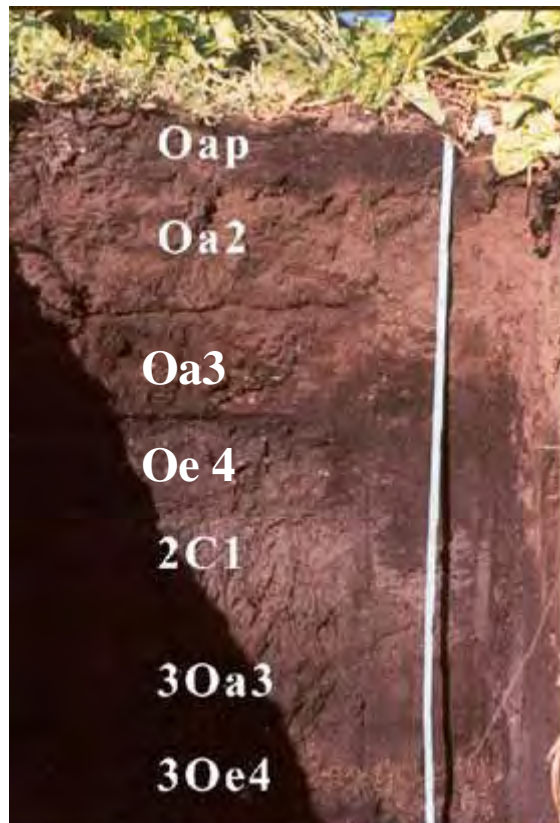
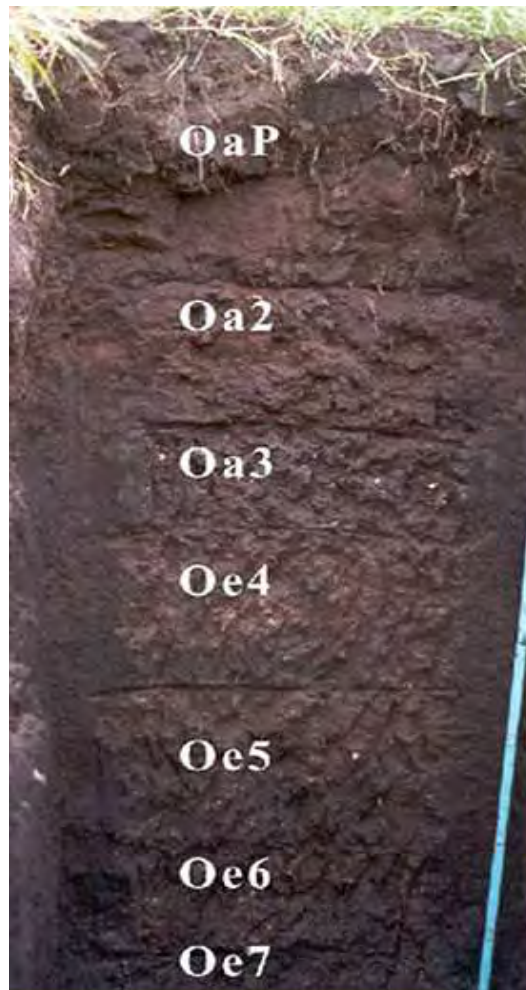
$$Y_{N \text{ tot}} = -2,7424 + 0,1190 X_{I.A.K} \quad (R^2 = 0,8466^{***} \quad n=22, \text{ Ανόργανα εδάφη})$$



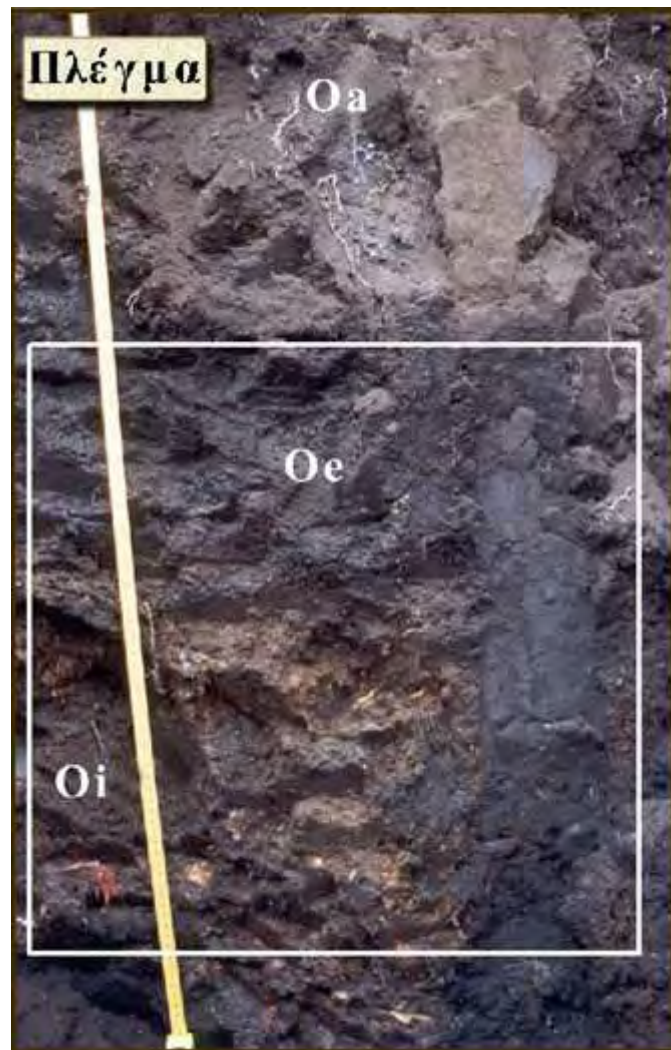


Εικόνα 2. Οργανικά εδάφη της περιοχής Τεναγών





**Εικόνα 3. Οργανικά εδάφη της περιοχής Τεναγών**



**Εικόνα 4. Πλέγμα**

Διαπιστώθηκε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση του ολικού αζώτου με τον οργανικό άνθρακα και την I.A.K., τόσο στα οργανικά όσο και στα ανόργανα εδάφη. Επίσης, από την επεξεργασία των εργαστηριακών αναλύσεων προέκυψε η παρακάτω στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ ολικού αζώτου και οργανικού άνθρακα των επιφανειακών οριζόντων:

$$Y_{N \text{ tot}} = -11,935 + 16,853 X_{\text{Οργαν.Ανθρ.}} \quad (n=17, R^2 = 0,9712^{***})$$

Οι παραπάνω συσχετίσεις υποδηλώνουν ότι το άζωτο είναι κυρίως δεσμευμένο στην οργανική ύλη των εδαφών.

Επίσης, από την πολλαπλή συσχέτιση των εδαφικών δειγμάτων βρέθηκαν οι εξισώσεις:

$$Y_{N \text{ tot}} = 1,87 + 0,0558554 I_{A.K.} + 0,01123 \text{ Οργαν. Ανθρ.} \quad (R^2 = 0,661228^{***} \quad n=61, \text{ Οργανικά εδάφη})$$

$$Y_{N \text{ tot}} = -1,01467 + 0,065091 I_{AK} + 0,274585 \text{ Οργαν. Ανθρ.} \quad (R^2 = 0,890376^{***} \quad n=22, \text{ Ανόργανα εδάφη})$$

► Σχετικά με την περιεκτικότητα των ανταλλαξιμών κατιόντων, βρέθηκε η παρακάτω φθίνουσα σειρά:  $Ca > Mg > K > Na$ . Στα εδάφη με  $pH > 7.0$  τα οποία περιέχουν  $CaCO_3$  από την αποσύνθεση των κελυφών των μικροοργανισμών που υπήρχαν στο εδαφικό σύστημα πριν την αποστράγγιση, εικόνα 5 και 6, η διεύθυνση στο έλος υδάτων πλουσίων σε ασβέστιο είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία αυτόχθονου  $CaCO_3$  (Christanis et al., 1998).



**Εικόνα 5.** Υφές  $CaCO_3$  της αποσύνθεσης των κελυφών



**Εικόνα 6.** Κελύφη οστρακοειδών που βρέθηκαν εντός των εδαφικών οριζόντων

► Το *ανταλλάξιμο κάλιο* στους επιφανειακούς ορίζοντες κυμαίνεται μεταξύ 0,17–1,55 cmol/Kg (M.O. 0,80 cmol/Kg) στα οργανικά εδάφη και 0,35–1,45 cmol/Kg (M.O. 1,08 cmol/Kg) στα ανόργανα και οφείλεται σε κάποιο βαθμό στην αποσάθρωση των αστρίων και μαρμαρυγιών. Η συγκέντρωση είναι πολύ χαμηλή στους βαθύτερους ορίζοντες και φανερώνει ότι οι υψηλότερες συγκεντρώσεις ανταλλαξιμού καλίου στους επιφανειακούς ορίζοντες οφείλονται στις καλιούχες λιπάνσεις των καλλιεργειών.

► Το *ανταλλάξιμο νάτριο* στους επιφανειακούς ορίζοντες κυμαίνεται μεταξύ 0,24–0,81 cmol/Kg (M.O. 0,44 cmol/Kg) στα οργανικά εδάφη και 0,15 – 0,33 cmol/Kg (M.O. 0,24 cmol/Kg) στα ανόργανα, χωρίς να έχει παρατηρηθεί σχετικό πρόβλημα στις καλλιέργειες.

► Το *ανταλλάξιμο μαγνήσιο* στους επιφανειακούς ορίζοντες βρίσκεται σε αυξημένα επίπεδα. Η συγκέντρωση στα οργανικά εδάφη κυμαίνεται μεταξύ 1,0–6,95 cmol/Kg (M.O. 4,24 cmol/Kg) και 1,2–3,35 cmol/Kg (M.O. 1,94 cmol/Kg) στα ανόργανα εδάφη, με αποτέλεσμα να μην εμφανίζονται στις καλλιέργειες συμπτώματα έλλειψης μαγνησίου.

► Ο *αφομοιώσιμος φώσφορος* στους επιφανειακούς ορίζοντες κυμαίνεται μεταξύ 8 – 27 ppm (M.O. 5,5 ppm) στα οργανικά εδάφη, που είναι σε χαμηλά έως μέτρια επίπεδα και 14 – 25 ppm (M.O. 20,25 ppm) στα ανόργανα, που είναι σε μέτρια επίπεδα. Η συγκέντρωση είναι πού χαμηλή στους υποεπιφανειακούς ορίζοντες, όπως και στην περίπτωση του ανταλλαξιμού καλίου και η μεγαλύτερη συγκέντρωση των οριζόντων άροσης αποδίδεται κυρίως στις φωσφορικές λιπάνσεις.

► Ο *αφομοιώσιμος σίδηρος* στους επιφανειακούς ορίζοντες των οργανικών εδαφών κυμαίνεται μεταξύ 97,5–330,9 mg/Kg (M.O. 200,33 mg/Kg) και 20,62–195,45 mg/Kg (M.O. 88,63 mg/Kg) στα ανόργανα. Οι συγκεντρώσεις του σιδήρου ειδικά στα οργανικά εδάφη είναι αυξημένες και οφείλονται στην κληρονομικότητα του μητρικού υλικού σε συνδυασμό με τις συνθήκες οξειδοαναγωγής οι οποίες ευνοούν την απελευθέρωση του διαθέσιμου (plant available) στοιχείου στα καλλιεργούμενα είδη. Επίσης, η αποσάθρωση του πυρίτη, των αστρίων, των ανθρακικών και των αργλικών ορυκτών μάλλον επιδρούν στην οριζόντια διακύμανση και έχουν επίπτωση στην κινητικότητα των ιχνοστοιχείων (Kalaitzidis et al., 2002). Τα συμπτώματα τροφοπενιών που παρατηρήθηκαν στα ελαφρώς αλκαλικά εδάφη είναι περιορισμένης έκτασης και βρίσκονται σε περιοχές με αυξημένη συγκέντρωση CaCO<sub>3</sub>.

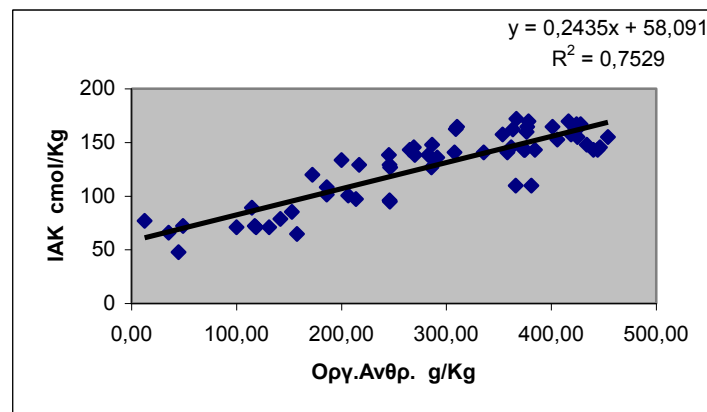
► Ο *αφομοιώσιμος χαλκός* στους επιφανειακούς ορίζοντες κυμαίνεται μεταξύ 0,24 – 5,65 mg/Kg (M.O. 1,17 mg/Kg) στα οργανικά εδάφη και 0,46 – 2,34 mg/Kg (M.O. 2,01 mg/Kg) στα ανόργανα. Ορισμένες τιμές θεωρούνται χαμηλές (όσες είναι <0,8 mg/kg) και σε αρκετά αγροκτήματα παρατηρήθηκαν συμπτώματα τροφοπενίας, ειδικά στο καλαμπόκι.

► Ο *αφομοιώσιμος ψευδάργυρος* στους περισσότερους επιφανειακούς ορίζοντες βρίσκεται σε ικανοποιητικά επίπεδα και κυμαίνεται μεταξύ 1,47 – 12,95 mg/Kg (M.O. 5,97 mg/Kg) στα

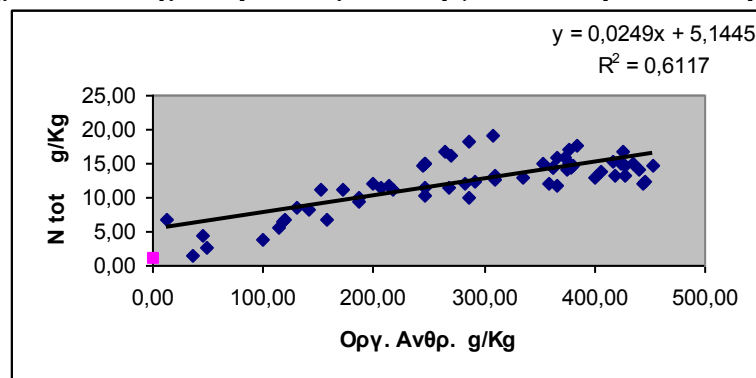


οργανικά εδάφη και 1,75 – 2,56 mg/Kg (M.O. 2,15 mg/Kg) στα ανόργανα. Συνήθως προβλήματα τροφοπενιών εμφανίζονται όταν η συγκέντρωση είναι μικρότερη από 3,0 mg/Kg.

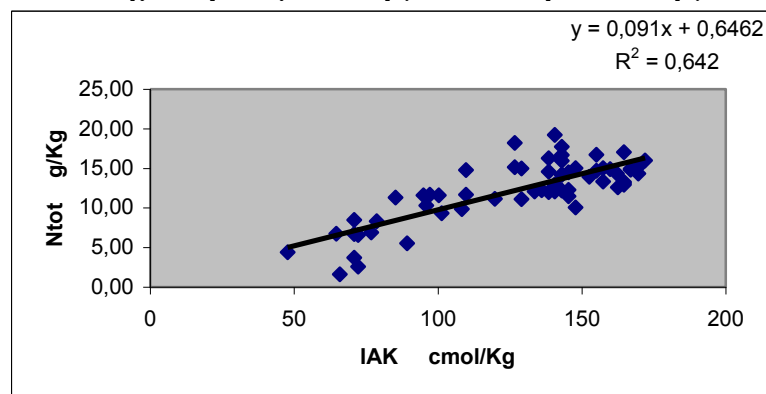
► Η συγκέντρωση του *αφομοιώσιμου μαγνηίου* στους περισσότερους επιφανειακούς ορίζοντες των ανοργάνων εδαφών είναι ικανοποιητική και κυμαίνεται από 3,42 – 13,75 mg/Kg (M.O. 7,63 mg/Kg). Παρόμοια εικόνα παρουσιάζεται στα οργανικά εδάφη η οποία βρίσκεται σε επίπεδα μεταξύ 3,78 – 29,2 mg/Kg (M.O. 12,69 mg/Kg). Ορισμένες συγκεντρώσεις θεωρούνται χαμηλές για τις κύριες καλλιέργειες της περιοχής οι οποίες εμφανίζουν συμπτώματα έλλειψης μαγνηίου.



Σχήμα 2. Συσχέτιση ΙΑΚ με τον οργανικό άνθρακα σε οργανικά εδάφη.



Σχήμα 3. Συσχέτιση  $N_{tot}$  με τον οργανικό άνθρακα σε οργανικά εδάφη



Σχήμα 4. Συσχέτιση  $N_{tot}$  με την ΙΑΚ σε οργανικά εδάφη.

► Οι διαθέσιμες στα φυτά συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων αντιπροσωπεύουν ένα μικρό κλάσμα των ολικών συγκεντρώσεων και με βάση το ΜΟ ακολουθούν την παρακάτω φθίνουσα σειρά: Fe>Mn>Zn>Cu. Η ίδια σειρά βρέθηκε για τα παραπάνω ιχνοστοιχεία που

αφορούν την ολική μορφή. Από τα παραπάνω φαίνεται ότι η κύρια προέλευσή τους σχετίζεται με την απελευθέρωσή τους μέσω της αποσάθρωσης και διαλυτοποίησης από τη δράση του νερού. Οι ολικές συγκεντρώσεις Fe και Mn που εκχυλίσθηκαν με HNO<sub>3</sub> γενικά θεωρούνται αυξημένες. Οι ασυνέχειες που παρατηρήθηκαν κυρίως οφείλονται στη στρωσιγένεια καθώς και στις πρακτικές που αφορούν την κατεργασία των καλλιεργούμενων εδαφών και ειδικά στις ισοπεδώσεις. Οι τιμές των ιχνοστοιχείων Cu και Zn (DTPA) κυρίως οφείλονται στην κληρονομικότητα του μητρικού υλικού, ενώ ένα μικρό ποσοστό του Cu των επιφανειακών στρώσεων μπορεί να οφείλεται στα μηκυτοκτόνα που χρησιμοποιούν οι παραγωγοί.

## **4.2. Αναοργανοποίηση**

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η ανοργανοποίηση του αζώτου των οργανικών και ανόργανων εδαφών με οργανικές στρώσεις, σε αερόβιες συνθήκες εργαστηρίου, στις παρακάτω περιπτώσεις:

**α.** Επώαση στους 35 °C σε όλους τους εδαφικούς ορίζοντες των οργανικών και ανόργανων εδαφών

**β.** Επώαση στους 25 °C σε όλους τους εδαφικούς ορίζοντες των οργανικών και ανόργανων εδαφών

**γ.** Επώαση στους 35 °C σε όλους τους εδαφικούς επιφανειακούς ορίζοντες των οργανικών και ανόργανων εδαφών με την επίδραση φυτικών υπολειμμάτων σακχαρότευτων, βιομηχανικής ντομάτας, καλαμποκιού και σιταριού.

Πρέπει να τονισθεί ότι η ανοργανοποίηση του αζώτου επηρεάζεται από τη διατάραξη (π.χ. κοσκίνισμα) που απαιτείται για την εγκατάσταση των πειραμάτων επώασης, όπως στην παρούσα διατριβή. Οι συνθήκες πειραματισμού είναι ελεγχόμενες και τα φυτικά υπολείμματα που ενσωματώθηκαν πριν την ενσωμάτωση στους σωλήνες επώασης, είχαν αλεσθεί.

Οι συνθήκες αγρού διαφέρουν (π.χ. ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας) και οι τιμές διάσπασης της οργανικής ύλης διαφέρουν, επειδή η δραστηριότητα των μικροβιακών μικροοργανισμών εξαρτάται από το περιβάλλον. Επομένως στα πειράματα επώασης στον αγρό υπάρχουν προβλήματα με την ακρίβεια της εκτίμησης των δυναμικών ανοργανοποίησης.

Όλα τα δείγματα των πειραμάτων ανοργανοποίησης ήταν διπλά και ο χρόνος επώασης για την κάθε επέμβαση ήταν 30 εβδομάδες. Οι Stanford and Smith (1972) υπολόγισαν το δυναμικό ανοργανοποίησης αζώτου σε χρόνο επώασης  $t$  από την σχέση:

$$N_t = N_0 (1 - e^{-k_1 t}) \quad (1)$$

Όπου:

$N_0$  - δυναμικό ανοργανοποίησης αζώτου

$N_t$  - το άζωτο που ανοργανοποιήθηκε σε χρόνο  $t$

$k_1$  - σταθερά ανοργανοποίησης

Οι παράμετροι  $N_0$  και  $k_1$  υπολογίσθηκαν από τις τιμές του  $N_0$  που βρέθηκαν από τη συσχέτιση  $\ln(N_0 - N_t)$  σε χρόνο  $t$ .

Από τη γενίκευση και μετατροπή του μαθηματικού όρου  $e^{-k_1 t}$  σε μία δυναμοσειρά (Addiscott, 1983), η εξίσωση (1) μετατράπηκε στη σχέση:

$$N_t = N_0 (k_1 t - \frac{k_1^2 t^2}{2!} + \frac{k_1^3 t^3}{3!} \dots) \quad (2)$$

Με αφαίρεση όλων των παραγόντων οι οποίοι είναι τρίτης ή μεγαλύτερης τάξης, η εξίσωση (2) πήρε τη μορφή:

$$\frac{N_t}{t} = N_0 k_1 - \frac{N_0 k_1^2}{2} t \quad (3)$$

η οποία μετατρέπεται σε σχέση της

$$Y = a + bX$$

αν γίνουν οι αντικαταστάσεις:  $\frac{N_t}{t} = Y$ ,  $t = X$ ,  $N_0 k_1 = a$  και  $\frac{N_0 k_1^2}{2} = b$ .

Βρέθηκαν οι τιμές  $N_t/t$  (Πίν. 9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20 ) οι οποίες συσχετίστηκαν με το χρόνο  $t$ . Από τις παραπάνω εξισώσεις (linear regression), όπου ως εξηγημένη μεταβλητή θεωρήθηκε ο λόγος  $N_t/t$  και ως ανεξάρτητη ο χρόνος  $t$ , βρέθηκαν οι τιμές  $a$  και  $b$ , οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των  $k_1$  και  $N_0$ .

Από τη σχέση  $\frac{N_0 k_1^2}{2} = b$ , όπου  $N_0 = \frac{a}{k_1}$  έχουμε  $k_1 = \frac{2b}{a}$ .

Από την σχέση  $N_0 k_1 = a$ , επειδή  $k_1 = \frac{2b}{a}$  συνεπάγεται ότι  $N_0 = \frac{a^2}{2b}$ .

Στους (Πίν. 27,29) του παραρτήματος II εμφανίζονται οι τιμές των νιτρικών και αμμωνιακών μορφών του ανοργανοποιηθέντος αζώτου για χρονικό διάστημα 30 εβδομάδων στα οργανικά σε 35 °C και 25 °C αντίστοιχα. Φαίνεται ότι στους μεν επιφανειακούς ορίζοντες η νιτροποίηση είναι πολύ μεγαλύτερη από την αμμωνιοποίηση, στους δε υποεπιφανειακούς ορίζοντες η κατάσταση είναι ασαφής. Η ίδια εικόνα παρουσιάζεται και στα ανόργανα εδάφη (Πίν. 28,30). Προφανώς, το παραπάνω φαινόμενο οφείλεται στην οξείδωση του αμμωνιακού αζώτου το οποίο μετατρέπεται σε νιτρικό.



#### 4.3. Δεδομένα Ανοργανοποίησης

**Πίνακας 9. Ανοργανοποίηση Αζώτου σε συνθήκες εργαστηρίου σε οργανικά εδάφη**

(Θερμ. 35°C , η  $k_1$  εκφράζει τη σταθερά ορυκτοποίησης )

t1=2 εβδομ., t2=4 εβδομ., t3=7 εβδομ., t4=10 εβδομ., t5=14 εβδομ., t6=18 εβδομ., t7=24 εβδομ., t8=30 εβδομ

Εδαφοτομές	Nt mg/kg	y Nt/t	a Nok <sub>1</sub>	b N <sub>0</sub> k <sub>1</sub> <sup>2</sup> /2	No a <sup>2</sup> /2b mg/kg	k <sub>1</sub> 2b/a	R <sup>2</sup>	P
<b>P3</b>	32,41	16,20						
<b>(0-30)</b>	51,43	12,86						
	68,23	9,75						
	84,72	8,47						
	97,10	6,94						
	109,52	6,08						
	118,6	4,94						
	<b>131,93</b>	<b>4,40</b>	<b>13,8132</b>	<b>-0,37492</b>	<b>254,46</b>	<b>0,054</b>	<b>81,47</b>	<b>0,00214</b>
<b>(30-50)</b>	31,30	15,65						
	54,54	13,64						
	74,15	10,59						
	95,52	9,55						
	116,03	8,29						
	135,95	7,55						
	155,63	6,48						
	<b>181,94</b>	<b>6,06</b>	<b>14,0428</b>	<b>-0,31681</b>	<b>311,23</b>	<b>0,045</b>	<b>83,25</b>	<b>0,00157</b>
<b>(50-67)</b>	59,00	29,50						
	94,18	23,54						
	122,10	17,44						
	145,23	14,52						
	167,79	11,98						
	188,24	10,46						
	210,43	8,77						
	<b>238,97</b>	<b>7,97</b>	<b>24,8600</b>	<b>-0,68532</b>	<b>450,90</b>	<b>0,055</b>	<b>78,81</b>	<b>0,00324</b>
<b>(67-114)</b>	66,96	33,48						
	115,87	28,97						
	145,41	20,77						
	170,93	17,09						
	192,84	13,77						
	211,21	11,73						
	227,03	9,46						
	<b>243,74</b>	<b>8,12</b>	<b>29,5472</b>	<b>-0,853096</b>	<b>511,69</b>	<b>0,058</b>	<b>82,99</b>	<b>0,00165</b>
<b>(114-150)</b>	29,52	14,76						
	57,93	14,48						
	79,00	11,29						

	95,50	9,55						
	111,50	7,96						
	123,09	6,84						
	135,64	5,65						
	<b>147,88</b>	<b>4,93</b>	<b>14,4048</b>	<b>-0,364938</b>	<b>284,29</b>	<b>0,051</b>	<b>89,93</b>	<b>0,00034</b>
<b>P4</b>	57,20	28,60						
<b>(0-42)</b>	86,12	21,53						
	115,57	16,51						
	136,76	13,68						
	155,95	11,14						
	174,13	9,67						
	192,28	8,01						
	<b>210,63</b>	<b>7,02</b>	<b>23,6210</b>	<b>-0,66796</b>	<b>417,65</b>	<b>0,057</b>	<b>78,66</b>	<b>0,00332</b>
<b>(42-69)</b>	52,13	26,07						
	88,00	22,00						
	114,70	16,39						
	140,25	14,03						
	160,11	11,44						
	175,30	9,74						
	188,25	7,84						
	<b>202,41</b>	<b>6,75</b>	<b>23,0098</b>	<b>-0,64053</b>	<b>413,29</b>	<b>0,056</b>	<b>84,54</b>	<b>0,00123</b>
<b>(69-96)</b>	37,84	18,92						
	62,21	15,55						
	79,26	11,32						
	96,45	9,64						
	112,1	8,01						
	125,76	6,99						
	137,57	5,73						
	<b>149,27</b>	<b>4,98</b>	<b>16,2543</b>	<b>-0,44857</b>	<b>294,49</b>	<b>0,055</b>	<b>81,17</b>	<b>0,00225</b>
<b>(96-123)</b>	16,79	8,39						
	29,32	7,33						
	42,84	6,12						
	52,06	5,21						
	61,25	4,37						
	68,84	3,82						
	77,09	3,21						
	<b>85,46</b>	<b>2,85</b>	<b>7,7516</b>	<b>-0,19002</b>	<b>158,10</b>	<b>0,049</b>	<b>88,87</b>	<b>0,00045</b>
<b>(123-150+)</b>	98,88	49,44						
	147,53	36,88						
	183,54	26,26						
	207,09	20,71						
	226,61	16,19						
	242,67	13,48						
	258,63	10,78						
	<b>275,89</b>	<b>9,2</b>	<b>39,9263</b>	<b>-1,25202</b>	<b>636,63</b>	<b>0,063</b>	<b>76,99</b>	<b>0,00419</b>
<b>P5</b>	80,51	40,26						

<b>(0-30)</b>	116,18	29,05						
	150,61	21,52						
	183,03	18,3						
	214,75	15,34						
	240,6	13,37						
	266,49	11,1						
	<b>292,27</b>	<b>9,74</b>	<b>32,2127</b>	<b>-0,90845</b>	<b>571,11</b>	<b>0,057</b>	<b>75,06</b>	<b>0,00538</b>
<b>(30-37)</b>	53,88	26,94						
	87,52	21,88						
	115,81	16,54						
	138,82	13,88						
	163,9	11,71						
	181,69	10,09						
	197,18	8,22						
	<b>210,98</b>	<b>7,03</b>	<b>23,2485</b>	<b>-0,63943</b>	<b>422,64</b>	<b>0,055</b>	<b>82,68</b>	<b>0,00174</b>
<b>(37-56)</b>	62,2	31,10						
	114,03	28,51						
	142,87	20,41						
	173,06	17,31						
	199,03	14,22						
	219,45	12,19						
	233,33	9,72						
	<b>249,52</b>	<b>8,32</b>	<b>28,5075</b>	<b>-0,79156</b>	<b>513,34</b>	<b>0,056</b>	<b>85,53</b>	<b>0,00100</b>
<b>(56-80)</b>	37,73	18,86						
	74,54	18,63						
	96,18	13,74						
	116,77	11,68						
	135,58	9,68						
	149,89	8,33						
	164,11	6,84						
	<b>176,48</b>	<b>5,88</b>	<b>18,2102</b>	<b>-0,47745</b>	<b>347,28</b>	<b>0,052</b>	<b>87,87</b>	<b>0,00059</b>
<b>(80-99)</b>	29,81	14,9						
	57,11	14,28						
	72,75	10,39						
	87,28	8,73						
	101,45	7,25						
	113,44	6,30						
	125,54	5,23						
	<b>136,97</b>	<b>4,57</b>	<b>14,0017</b>	<b>-0,37031</b>	<b>264,71</b>	<b>0,053</b>	<b>85,63</b>	<b>0,00098</b>
<b>(99-120)</b>	30,21	15,11						
	55,34	13,84						
	79,10	11,3						
	97,11	9,71						
	114,33	8,17						
	127,55	7,09						
	142,26	5,93						

	<b>155,79</b>	<b>5,19</b>	<b>14,3188</b>	<b>-0,350553</b>	<b>292,44</b>	<b>0,049</b>	<b>90,35</b>	<b>0,00029</b>
(120-150+)	48,27	24,34						
	71,35	17,84						
	89,3	12,76						
	101,85	10,19						
	115,91	8,28						
	127,04	7,06						
	139,3	5,8						
	<b>150,07</b>	<b>5,00</b>	<b>19,4268</b>	<b>-0,58848</b>	<b>320,66</b>	<b>0,061</b>	<b>75,19</b>	<b>0,00529</b>
<b>P6</b>	52,8	26,4						
(0-31)	74,34	18,59						
	91,03	13,00						
	106,3	10,63						
	124,03	8,86						
	142,55	7,92						
	160,37	6,68						
	<b>176,49</b>	<b>5,88</b>	<b>20,4000</b>	<b>-0,59853</b>	<b>347,65</b>	<b>0,059</b>	<b>70,50</b>	<b>0,00918</b>
(31-72)	54,54	27,27						
	95,13	23,78						
	123,06	17,58						
	144,94	14,49						
	167,73	11,98						
	185,4	10,3						
	201,98	8,42						
	<b>218,2</b>	<b>7,27</b>	<b>24,3334</b>	<b>-0,67502</b>	<b>438,59</b>	<b>0,056</b>	<b>84,03</b>	<b>0,00136</b>
(72-102)	31,08	15,54						
	55,48	13,87						
	74,22	10,60						
	89,63	8,96						
	104,65	7,47						
	115,21	6,40						
	127,16	5,30						
	<b>137,89</b>	<b>4,60</b>	<b>14,2177</b>	<b>-0,37616</b>	<b>268,69</b>	<b>0,053</b>	<b>86,56</b>	<b>0,00080</b>
(102-128)	28,68	14,34						
	51,73	12,93						
	73,8	10,54						
	92,68	9,27						
	111,43	7,96						
	125,01	6,94						
	141,42	5,89						
	<b>155,63</b>	<b>5,19</b>	<b>13,4441</b>	<b>-0,31644</b>	<b>285,59</b>	<b>0,047</b>	<b>89,84</b>	<b>0,00034</b>
(128-160+)	25,63	12,81						
	45,76	11,44						
	63,51	9,07						
	80,29	8,03						
	97,23	6,94						

	110,76	6,15						
	126,34	5,26						
	<b>139,76</b>	<b>4,66</b>	<b>11,8093</b>	<b>-0,27628</b>	<b>252,39</b>	<b>0,047</b>	<b>87,50</b>	<b>0,00064</b>
<b>P7</b>	52,62	26,31						
<b>(0-30)</b>	73,61	18,4						
	96,67	13,81						
	118,2	11,82						
	138,64	9,9						
	158,22	8,79						
	182,16	7,59						
	<b>200,99</b>	<b>6,7</b>	<b>20,6639</b>	<b>-0,56873</b>	<b>375,40</b>	<b>0,055</b>	<b>72,20</b>	<b>0,00756</b>
<b>(30-78)</b>	51,31	25,65						
	97,36	24,34						
	124,13	17,73						
	154,23	15,42						
	180,29	12,88						
	200,33	11,13						
	218,88	9,12						
	<b>230,88</b>	<b>7,70</b>	<b>24,1453</b>	<b>-0,63480</b>	<b>459,20</b>	<b>0,053</b>	<b>87,35</b>	<b>0,00067</b>
<b>(78-115)</b>	20,70	10,35						
	39,85	9,96						
	57,88	8,27						
	73,66	7,37						
	89,53	6,39						
	99,69	5,54						
	110,6	4,61						
	<b>121,77</b>	<b>4,06</b>	<b>10,2100</b>	<b>-0,23055</b>	<b>226,08</b>	<b>0,045</b>	<b>93,73</b>	<b>0,00008</b>
<b>(115-150)</b>	46,9	23,45						
	71,34	17,83						
	94,34	13,48						
	111,17	11,12						
	126,71	9,05						
	136,85	7,60						
	148,18	6,17						
	<b>158,68</b>	<b>5,29</b>	<b>19,4955</b>	<b>-0,56857</b>	<b>334,24</b>	<b>0,058</b>	<b>80,03</b>	<b>0,00270</b>
<b>P8</b>	64,35	32,17						
<b>(0-38)</b>	84,85	21,21						
	102,94	14,71						
	124,79	12,48						
	150,74	10,77						
	168,88	9,38						
	183,97	7,67						
	<b>200,16</b>	<b>6,67</b>	<b>24,1410</b>	<b>-0,71622</b>	<b>406,85</b>	<b>0,059</b>	<b>68,47</b>	<b>0,01123</b>
<b>(38-72)</b>	36,35	18,17						
	70,90	17,72						
	96,76	13,82						

	118,65	11,86						
	139,87	9,99						
	155,83	8,66						
	168,7	7,03						
	<b>180,8</b>	<b>6,03</b>	<b>17,7327</b>	<b>-0,44570</b>	<b>352,76</b>	<b>0,050</b>	<b>90,80</b>	<b>0,00025</b>
(72-150+)	19,9	9,95						
	37,56	9,36						
	56,06	8,01						
	70,03	7,00						
	83,65	5,97						
	94,11	5,23						
	105,56	4,40						
	<b>114,66</b>	<b>3,82</b>	<b>9,7412</b>	<b>-0,22192</b>	<b>213,79</b>	<b>0,046</b>	<b>93,74</b>	<b>0,00008</b>
<b>P9</b>	87,48	43,74						
(0-44)	115,76	28,94						
	139,56	19,94						
	156,78	15,68						
	177,37	12,67						
	193,56	10,75						
	213,75	8,91						
	<b>228,99</b>	<b>7,63</b>	<b>32,6971</b>	<b>-1,03961</b>	<b>514,18</b>	<b>0,064</b>	<b>69,30</b>	<b>0,01032</b>
(44-64)	45,90	22,95						
	77,54	19,39						
	102,98	14,71						
	120,52	12,05						
	138,56	9,90						
	153,10	8,51						
	169,31	7,05						
	<b>184,08</b>	<b>6,14</b>	<b>20,2014</b>	<b>-0,55882</b>	<b>365,14</b>	<b>0,055</b>	<b>83,41</b>	<b>0,00153</b>
(64-94)	24,99	12,49						
	44,13	11,03						
	65,90	9,41						
	82,88	8,29						
	101,28	7,23						
	114,87	6,38						
	124,67	5,19						
	<b>134,55</b>	<b>4,48</b>	<b>11,7885</b>	<b>-0,27347</b>	<b>254,09</b>	<b>0,046</b>	<b>92,64</b>	<b>0,00013</b>
(94-140)	21,04	10,52						
	37,51	9,38						
	56,48	8,07						
	71,69	7,17						
	85,17	6,08						
	96,09	5,34						
	107,47	4,48						
	<b>118,14</b>	<b>3,94</b>	<b>9,9866</b>	<b>-0,22856</b>	<b>218,18</b>	<b>0,046</b>	<b>92,46</b>	<b>0,00014</b>
<b>P12</b>	51,28	25,64						

(0-43)	74,20	18,55						
	94,76	13,54						
	109,68	10,97						
	130,95	9,35						
	152,22	8,46						
	174,4	7,27						
	<b>192,06</b>	<b>6,40</b>	<b>20,2447</b>	<b>-0,56677</b>	<b>361,57</b>	<b>0,056</b>	<b>71,96</b>	<b>0,00776</b>
(43-73)	83,96	41,98						
	117,23	29,31						
	148,4	21,20						
	177,08	17,71						
	206,96	14,78						
	228,49	12,69						
	250,38	10,43						
	<b>272,83</b>	<b>9,09</b>	<b>32,8084</b>	<b>-0,96585</b>	<b>557,23</b>	<b>0,059</b>	<b>73,17</b>	<b>0,00676</b>
(73-95)	58,65	29,32						
	93,47	23,37						
	117,65	16,81						
	141,73	14,17						
	168,1	12,01						
	191,04	10,61						
	211,2	8,80						
	<b>228,92</b>	<b>7,63</b>	<b>24,5857</b>	<b>-0,67858</b>	<b>445,38</b>	<b>0,055</b>	<b>78,44</b>	<b>0,00343</b>
(95-135)	28,24	14,12						
	47,95	11,99						
	70,27	10,04						
	87,08	8,71						
	101,12	7,22						
	115,71	6,43						
	131,84	5,49						
	<b>146,15</b>	<b>4,87</b>	<b>12,8191</b>	<b>-0,309018</b>	<b>265,89</b>	<b>0,048</b>	<b>87,44</b>	<b>0,00065</b>
(135-160+)	45,22	22,61						
	64,83	16,21						
	85,81	12,26						
	101,19	10,12						
	114,77	8,20						
	125,99	7,00						
	138,99	5,79						
	<b>150,42</b>	<b>5,01</b>	<b>18,1334</b>	<b>-0,53092</b>	<b>309,68</b>	<b>0,059</b>	<b>76,33</b>	<b>0,00458</b>
<b>P13</b>	35,39	17,7						
(0-30)	47,63	11,91						
	64,41	9,20						
	78,85	7,89						
	98,03	7,00						
	113,06	6,28						
	133,37	5,56						

	151,97	5,07	13,6163	-0,35129	263,89	0,052	67,84	0,01196
(30-61)	31,44	15,72						
	62,06	15,52						
	88,3	12,61						
	105,82	10,58						
	125,38	8,96						
	142,53	7,92						
	161,77	6,74						
	187,18	6,24	15,4241	-0,35874	331,58	0,047	89,09	0,00042
(61-71)	22,43	11,21						
	39,8	9,95						
	55,57	7,94						
	64,97	6,5						
	74,68	5,33						
	84,41	4,69						
	97,23	4,05						
	110,09	3,67	10,2270	-0,26125	200,18	0,051	85,00	0,00112
(71-90)	50,98	25,49						
	92,33	23,08						
	126,35	18,05						
	152,72	15,27						
	180,03	12,86						
	202,56	11,25						
	219,31	9,14						
	235,79	7,86	23,7083	-0,61162	459,50	0,052	88,45	0,00050
(90-130)	24,88	12,44						
	46,64	11,66						
	64,96	9,28						
	79,55	7,95						
	92,99	6,64						
	104,46	5,80						
	116,44	4,85						
	126,82	4,23	11,8582	-0,29372	239,37	0,050	89,67	0,00360
P14	51,09	25,55						
(0-29)	73,03	18,26						
	95,02	13,57						
	109,96	11,00						
	126,42	9,03						
	145,29	8,07						
	160,15	6,67						
	178,01	5,93	20,2271	-0,58474	349,84	0,058	73,74	0,00632
(29-78)	32,75	16,38						
	57,64	14,41						
	79,99	11,43						
	103,32	10,33						
	123,86	8,85						



	143,54	7,97						
	158,1	6,59						
	<b>174,6</b>	<b>5,87</b>	<b>15,0305</b>	<b>-0,35242</b>	<b>320,52</b>	<b>0,047</b>	<b>87,95</b>	<b>0,00057</b>
<b>(78-103)</b>	52,39	26,2						
	93,26	23,32						
	133,86	19,12						
	160,41	16,04						
	186,51	13,32						
	204,99	11,39						
	225,51	9,40						
	<b>240,86</b>	<b>8,02</b>	<b>24,4720</b>	<b>-0,63271</b>	<b>473,26</b>	<b>0,052</b>	<b>89,87</b>	<b>0,00034</b>
<b>(103-143)</b>	17,18	8,59						
	27,74	6,94						
	38,3	5,47						
	47,27	4,73						
	62,06	4,43						
	72,13	4,01						
	81,22	3,38						
	<b>87,19</b>	<b>2,91</b>	<b>7,4246</b>	<b>-0,17373</b>	<b>158,67</b>	<b>0,047</b>	<b>81,38</b>	<b>0,00218</b>
<b>(143-180)</b>	37,01	18,51						
	76,57	19,14						
	97,53	13,93						
	114,29	11,43						
	128,95	9,21						
	140,88	7,83						
	152,61	6,36						
	<b>161,48</b>	<b>5,38</b>	<b>18,3141</b>	<b>-0,50205</b>	<b>334,04</b>	<b>0,055</b>	<b>87,43</b>	<b>0,00065</b>
<b>P15</b>	60,06	30,03						
<b>(0-35)</b>	91,54	22,88						
	118,35	16,91						
	137,69	13,77						
	161,56	11,54						
	180,16	10,01						
	195,52	8,15						
	<b>215,54</b>	<b>7,18</b>	<b>24,6985</b>	<b>-0,70750</b>	<b>431,11</b>	<b>0,057</b>	<b>77,68</b>	<b>0,00381</b>
<b>(35-68)</b>	77,12	38,56						
	113,09	28,27						
	162,79	23,26						
	199,47	19,95						
	238,42	17,03						
	268,25	14,9						
	295,64	12,32						
	<b>321,00</b>	<b>10,70</b>	<b>32,0903</b>	<b>-0,84158</b>	<b>611,82</b>	<b>0,053</b>	<b>80,16</b>	<b>0,00265</b>
<b>(68-83)</b>	4,1	2,05						
	6,6	1,65						
	10,63	1,52						

	12,97	1,30						
	16,61	1,19						
	20,18	1,12						
	24,21	1,01						
	<b>27,38</b>	<b>0,91</b>	<b>1,8201</b>	<b>-0,03496</b>	<b>47,38</b>	<b>0,038</b>	<b>83,20</b>	<b>0,00159</b>
<b>(83-126)</b>	2,53	1,26						
	4,74	1,18						
	8,04	1,15						
	9,85	0,98						
	13,23	0,94						
	15,14	0,84						
	17,47	0,73						
	<b>20,02</b>	<b>0,67</b>	<b>1,2614</b>	<b>-0,02148</b>	<b>37,04</b>	<b>0,034</b>	<b>96,20</b>	<b>0,00002</b>
<b>P16</b>	168,99	84,49						
<b>(0-35)</b>	210,8	52,70						
	248,55	35,51						
	274,01	27,40						
	309,57	22,11						
	339,35	18,85						
	366,36	15,26						
	<b>395,16</b>	<b>13,17</b>	<b>60,9267</b>	<b>-1,99930</b>	<b>928,34</b>	<b>0,066</b>	<b>66,28</b>	<b>0,01390</b>
<b>(35-72)</b>	54,86	27,43						
	101,71	25,43						
	137,39	19,63						
	168,12	16,81						
	197,17	14,08						
	220,3	12,24						
	244,04	10,17						
	<b>256,76</b>	<b>8,56</b>	<b>25,8142</b>	<b>-0,66205</b>	<b>503,27</b>	<b>0,051</b>	<b>88,81</b>	<b>0,00046</b>
<b>(72-98)</b>	25,01	12,50						
	47,69	11,92						
	71,63	10,23						
	89,64	8,96						
	113,64	8,12						
	127,65	7,09						
	142,3	5,93						
	<b>153,2</b>	<b>5,11</b>	<b>12,3605</b>	<b>-0,26627</b>	<b>286,89</b>	<b>0,043</b>	<b>95,08</b>	<b>0,00004</b>
<b>(98-150)</b>	18,22	9,11						
	32,9	8,23						
	43,13	6,16						
	51,27	5,13						
	58,00	4,14						
	71,51	3,97						
	77,39	3,22						
	<b>81,84</b>	<b>2,73</b>	<b>8,2920</b>	<b>-0,21694</b>	<b>158,47</b>	<b>0,052</b>	<b>84,41</b>	<b>0,00126</b>
<b>P17</b>	209,57	104,78						

(0-30)	242,6	60,65						
	279,42	39,92						
	313,6	31,36						
	344,3	24,59						
	359,15	19,95						
	388,7	16,20						
	<b>425,84</b>	<b>14,19</b>	<b>72,6838</b>	<b>-2,47551</b>	<b>1067,04</b>	<b>0,068</b>	<b>63,50</b>	<b>0,01789</b>
(30-65)	25,15	12,58						
	48,86	12,22						
	67,9	9,70						
	84,73	8,47						
	103,42	7,39						
	115,09	6,39						
	126,34	5,26						
	<b>139,00</b>	<b>4,63</b>	<b>12,2922</b>	<b>-0,29080</b>	<b>259,80</b>	<b>0,047</b>	<b>91,47</b>	<b>0,00020</b>
(65-89)	24,98	12,49						
	50,62	12,66						
	68,29	9,76						
	85,76	8,58						
	98,67	7,05						
	110,66	6,15						
	125,14	5,21						
	<b>134,56</b>	<b>4,49</b>	<b>12,4207</b>	<b>-0,30253</b>	<b>254,97</b>	<b>0,049</b>	<b>90,15</b>	<b>0,00031</b>
(89-109)	14,61	7,30						
	29,74	7,43						
	49,35	7,05						
	65,06	6,51						
	78,88	5,63						
	90,86	5,05						
	101,74	4,24						
	<b>110,53</b>	<b>3,68</b>	<b>8,0123</b>	<b>-0,15320</b>	<b>209,53</b>	<b>0,038</b>	<b>98,75</b>	<b>0,00000</b>
(109-150+)	27,53	13,76						
	42,46	10,61						
	58,6	8,37						
	73,32	7,33						
	86,14	6,15						
	97,08	5,39						
	109,06	4,54						
	<b>117,90</b>	<b>3,93</b>	<b>11,6536</b>	<b>-0,30412</b>	<b>223,28</b>	<b>0,052</b>	<b>81,21</b>	<b>0,00224</b>

**Πίνακας 10. Ανοργανοποίηση Αζώτου σε συνθήκες εργαστηρίου ανόργανων εδάφωv**

(Θερμ. 35°C , η  $k_1$  εκφράζει τη σταθερά ορυκτοποίησης )  
 t1=2 εβδομ., t2=4 εβδομ., t3=7 εβδομ., t4=10 εβδομ., t5=14 εβδομ., t6=18 εβδομ., t7=24 εβδομ., t8=30  
 εβδομ

Εδαφοτομές	Nt	y	a	b	No	$k_1$	$R^2$	P
	mg/kg	Nt/t	$Nok_1$	$N_0k_1^2/2$	$a^2/2b$	$2b/a$		
<b>P1</b>	20,99	10,49						
<b>(0-37)</b>	31,40	7,85						
	40,94	5,85						
	48,10	4,81						
	55,22	3,94						
	61,60	3,42						
	69,57	2,90						
	<b>80,81</b>	<b>2,69</b>	<b>8,5127</b>	<b>-0,23993</b>	<b>151,02</b>	<b>0,056</b>	<b>75,39</b>	<b>0,00516</b>
<b>(37-53)</b>	14,96	7,48						
	21,05	5,26						
	26,91	3,84						
	31,54	3,15						
	36,11	2,58						
	39,70	2,21						
	45,77	1,91						
	<b>50,97</b>	<b>1,70</b>	<b>5,8440</b>	<b>-0,17084</b>	<b>99,95</b>	<b>0,059</b>	<b>72,28</b>	<b>0,00749</b>
<b>(53-86)</b>	7,80	3,90						
	12,60	3,15						
	19,03	2,72						
	22,95	2,29						
	27,07	1,93						
	30,75	1,71						
	35,16	1,46						
	<b>37,90</b>	<b>1,26</b>	<b>3,4647</b>	<b>-0,08530</b>	<b>70,37</b>	<b>0,049</b>	<b>86,31</b>	<b>0,00085</b>
<b>(86-115)</b>	7,17	3,58						
	11,63	2,91						
	15,94	2,28						
	17,96	1,80						
	20,15	1,44						
	23,50	1,31						
	27,32	1,14						
	<b>29,91</b>	<b>1,00</b>	<b>3,0705</b>	<b>-0,08352</b>	<b>56,44</b>	<b>0,054</b>	<b>79,90</b>	<b>0,00276</b>
<b>(115-150)</b>	7,74	3,87						
	12,56	3,14						
	16,86	2,41						
	19,12	1,91						
	22,12	1,58						
	25,61	1,42						

	30,80	1,28						
	<b>34,52</b>	<b>1,15</b>	<b>3,2811</b>	<b>-0,08705</b>	<b>61,83</b>	<b>0,053</b>	<b>77,43</b>	<b>0,00395</b>
<b>(150-170)</b>	16,08	8,04						
	26,66	6,66						
	35,74	5,11						
	42,23	4,22						
	48,17	3,44						
	53,93	3,00						
	60,72	2,53						
	<b>66,21</b>	<b>2,21</b>	<b>7,0038</b>	<b>-0,19102</b>	<b>128,40</b>	<b>0,055</b>	<b>82,50</b>	<b>0,00180</b>
<b>P2</b>	25,97	12,99						
<b>(0-40)</b>	38,94	9,74						
	50,41	7,20						
	59,11	5,91						
	67,80	4,84						
	75,62	4,20						
	86,21	3,59						
	<b>96,10</b>	<b>3,20</b>	<b>10,5479</b>	<b>-0,30012</b>	<b>185,36</b>	<b>0,057</b>	<b>75,75</b>	<b>0,00494</b>
<b>(40-61)</b>	14,27	7,13						
	22,34	5,58						
	29,48	4,21						
	34,66	3,47						
	39,48	2,82						
	43,88	2,44						
	49,42	2,06						
	<b>52,52</b>	<b>1,75</b>	<b>5,9932</b>	<b>-0,16959</b>	<b>105,90</b>	<b>0,057</b>	<b>79,93</b>	<b>0,00274</b>
<b>(61-77)</b>	22,43	11,21						
	34,82	8,70						
	45,00	6,43						
	52,36	5,24						
	59,87	4,28						
	66,92	3,72						
	74,36	3,10						
	<b>83,21</b>	<b>2,77</b>	<b>9,2935</b>	<b>-0,26512</b>	<b>162,89</b>	<b>0,057</b>	<b>77,85</b>	<b>0,00372</b>
<b>(77-97)</b>	66,06	33,03						
	114,59	28,65						
	148,86	21,27						
	177,46	17,75						
	196,80	14,06						
	214,54	11,92						
	229,90	9,58						
	<b>245,30</b>	<b>8,18</b>	<b>29,5627</b>	<b>-0,84460</b>	<b>517,37</b>	<b>0,057</b>	<b>85,11</b>	<b>0,00110</b>
<b>(97-133+)</b>	60,33	30,17						
	107,84	26,96						
	139,96	19,99						
	166,13	16,61						

	185,40	13,24							
	202,30	11,24							
	215,24	8,97							
	<b>229,56</b>	<b>7,65</b>	<b>27,4830</b>	<b>-0,78013</b>	<b>484,10</b>	<b>0,057</b>	<b>86,06</b>	<b>0,00089</b>	
<b>P10</b>	47,78	23,89							
<b>(0-35)</b>	55,87	13,97							
	69,99	10,00							
	82,33	8,23							
	96,27	6,88							
	106,60	5,92							
	119,36	4,97							
	<b>133,87</b>	<b>4,46</b>	<b>16,9082</b>	<b>-0,52243</b>	<b>273,61</b>	<b>0,062</b>	<b>63,15</b>	<b>0,01845</b>	
<b>(35-52)</b>	22,72	11,36							
	42,31	10,58							
	53,91	7,70							
	62,42	6,24							
	74,55	5,32							
	83,86	4,66							
	94,20	3,92							
	<b>102,72</b>	<b>3,42</b>	<b>10,4270</b>	<b>-0,27721</b>	<b>196,10</b>	<b>0,053</b>	<b>83,57</b>	<b>0,00148</b>	
<b>(52-71)</b>	3,32	1,66							
	5,58	1,39							
	9,31	1,33							
	12,53	1,25							
	15,45	1,10							
	17,88	0,99							
	20,24	0,84							
	<b>23,45</b>	<b>0,78</b>	<b>1,5641</b>	<b>-0,02910</b>	<b>42,03</b>	<b>0,037</b>	<b>93,08</b>	<b>0,00011</b>	
<b>(71-103)</b>	57,47	28,73							
	107,78	26,94							
	143,93	20,56							
	169,95	16,99							
	192,76	13,77							
	213,08	11,84							
	230,85	9,62							
	<b>250,74</b>	<b>8,36</b>	<b>27,0697</b>	<b>-0,73163</b>	<b>500,78</b>	<b>0,054</b>	<b>87,66</b>	<b>0,00062</b>	
<b>(103-126)</b>	32,95	16,47							
	58,79	14,70							
	78,45	11,21							
	92,80	9,28							
	107,07	7,65							
	119,44	6,64							
	132,45	5,52							
	<b>143,20</b>	<b>4,77</b>	<b>15,0123</b>	<b>-0,40237</b>	<b>280,05</b>	<b>0,054</b>	<b>85,72</b>	<b>0,00096</b>	
<b>(126-150)</b>	18,63	9,31							
	36,74	9,18							

	53,84	7,69						
	67,72	6,77						
	79,86	5,70						
	90,16	5,01						
	99,71	4,15						
	<b>109,52</b>	<b>3,65</b>	<b>9,3422</b>	<b>-0,21356</b>	<b>204,34</b>	<b>0,046</b>	<b>93,86</b>	<b>0,00007</b>
<b>P11</b>	36,58	18,29						
<b>(0-28)</b>	54,40	13,60						
	73,65	10,52						
	88,32	8,83						
	103,31	7,38						
	116,45	6,47						
	128,74	5,36						
	<b>147,01</b>	<b>4,90</b>	<b>14,9961</b>	<b>-0,40935</b>	<b>274,69</b>	<b>0,055</b>	<b>77,24</b>	<b>0,00405</b>
<b>(28-39)</b>	54,69	27,34						
	83,20	20,80						
	109,28	15,61						
	126,69	12,67						
	146,64	10,47						
	160,85	8,94						
	182,52	7,60						
	<b>203,29</b>	<b>6,78</b>	<b>22,4830</b>	<b>-0,63903</b>	<b>395,51</b>	<b>0,057</b>	<b>77,27</b>	<b>0,00403</b>
<b>(39-62)</b>	45,88	22,94						
	80,60	20,15						
	119,17	17,02						
	146,89	14,69						
	178,35	12,74						
	209,59	11,64						
	229,40	9,56						
	<b>248,33</b>	<b>8,28</b>	<b>21,3642</b>	<b>-0,49444</b>	<b>461,56</b>	<b>0,046</b>	<b>90,44</b>	<b>0,00028</b>
<b>(62-78)</b>	8,13	4,06						
	15,80	3,95						
	25,02	3,57						
	35,00	3,50						
	41,05	2,93						
	46,25	2,57						
	52,31	2,18						
	<b>58,09</b>	<b>1,94</b>	<b>4,1863</b>	<b>-0,08064</b>	<b>108,66</b>	<b>0,039</b>	<b>97,70</b>	<b>0,00000</b>
<b>(78-140+)</b>	6,56	3,28						
	10,38	2,59						
	15,10	2,16						
	17,09	1,71						
	20,07	1,43						
	23,24	1,29						
	26,79	1,12						
	<b>30,43</b>	<b>1,01</b>	<b>2,8103</b>	<b>-0,07241</b>	<b>54,54</b>	<b>0,052</b>	<b>80,44</b>	<b>0,00253</b>





**Πίνακας 11. Ανοργανοποίηση Αζώτου σε συνθήκες εργαστηρίου σε οργανικά εδάφη**

(θερμ. 25°C , η  $k_1$  εκφράζει τη σταθερά ορυκτοποίησης )  
 t1=2 εβδομ., t2=4 εβδομ., t3=7 εβδομ., t4=10 εβδομ., t5=14 εβδομ., t6=18 εβδομ., t7=24 εβδομ., t8=30 εβδομ

Εδαφοτομές	Nt mg/kg	y Nt/t	a Nok <sub>1</sub>	b N <sub>0</sub> k <sub>1</sub> <sup>2</sup> /2	No a <sup>2</sup> /2b mg/kg	k <sub>1</sub> 2b/a	R <sup>2</sup>	P
<b>P3</b>	21,90	10,95						
<b>(0-30)</b>	34,91	8,73						
	49,96	7,14						
	60,53	6,06						
	72,11	5,15						
	80,90	4,49						
	93,75	3,91						
	<b>102,31</b>	<b>3,41</b>	<b>9,4888</b>	<b>-0,23918</b>	<b>188,22</b>	<b>0,050</b>	<b>82,90</b>	<b>0,00167</b>
<b>(30-50)</b>	23,08	11,54						
	48,53	12,13						
	70,15	10,02						
	86,05	8,61						
	104,28	7,45						
	117,19	6,51						
	130,54	5,44						
	<b>146,16</b>	<b>4,87</b>	<b>11,9493</b>	<b>-0,26628</b>	<b>268,11</b>	<b>0,045</b>	<b>92,55</b>	<b>0,00013</b>
<b>(50-67)</b>	46,27	23,14						
	68,27	17,07						
	91,98	13,14						
	111,73	11,17						
	134,29	9,59						
	156,68	8,70						
	179,83	7,49						
	<b>191,81</b>	<b>6,39</b>	<b>18,8367</b>	<b>-0,49545</b>	<b>358,08</b>	<b>0,053</b>	<b>75,77</b>	<b>0,00492</b>
<b>(67-114)</b>	48,36	24,18						
	84,24	21,06						
	117,68	16,81						
	131,99	13,20						
	141,20	10,09						
	155,57	8,64						
	175,83	7,33						
	<b>188,77</b>	<b>6,29</b>	<b>21,9147</b>	<b>-0,62126</b>	<b>386,52</b>	<b>0,057</b>	<b>85,32</b>	<b>0,00105</b>
<b>(114-150)</b>	20,55	10,27						
	38,95	9,73						
	57,27	8,18						

	69,43	6,94						
	76,88	5,49						
	85,51	4,75						
	55,65	3,99						
	<b>103,97</b>	<b>3,47</b>	<b>10,0361</b>	<b>-0,25201</b>	<b>199,84</b>	<b>0,050</b>	<b>91,59</b>	<b>0,00019</b>
<b>P4</b>	41,88	20,94						
<b>(0-42)</b>	60,25	15,06						
	76,84	10,98						
	90,22	9,02						
	107,36	7,67						
	122,50	6,81						
	140,57	5,86						
	<b>158,03</b>	<b>5,27</b>	<b>16,4951</b>	<b>-0,46193</b>	<b>294,51</b>	<b>0,056</b>	<b>71,82</b>	<b>0,00789</b>
<b>(42-69)</b>	38,80	19,40						
	62,79	15,70						
	77,55	11,08						
	95,43	9,54						
	116,28	8,31						
	133,67	7,43						
	152,30	6,35						
	<b>165,97</b>	<b>5,53</b>	<b>16,2807</b>	<b>-0,43033</b>	<b>307,98</b>	<b>0,053</b>	<b>76,96</b>	<b>0,00421</b>
<b>(69-96)</b>	28,66	14,33						
	43,32	10,83						
	73,49	10,50						
	87,56	8,76						
	94,19	6,73						
	103,73	5,76						
	113,72	4,74						
	<b>123,91</b>	<b>4,13</b>	<b>12,7840</b>	<b>-0,33348</b>	<b>244,08</b>	<b>0,052</b>	<b>87,85</b>	<b>0,00059</b>
<b>(96-123)</b>	9,90	4,95						
	16,53	4,13						
	25,66	3,67						
	30,86	3,09						
	35,25	2,52						
	39,91	2,22						
	45,96	1,92						
	<b>51,45</b>	<b>1,72</b>	<b>4,5119</b>	<b>-0,10894</b>	<b>93,43</b>	<b>0,048</b>	<b>87,96</b>	<b>0,00057</b>
<b>(123-150+)</b>	47,40	23,70						
	65,29	16,32						
	94,96	13,57						
	110,45	11,05						
	137,54	9,82						
	148,04	8,22						
	161,86	6,74						

	<b>170,96</b>	<b>5,70</b>	<b>19,0973</b>	<b>-0,52898</b>	<b>344,73</b>	<b>0,055</b>	<b>77,58</b>	<b>0,00387</b>
<b>P5</b>	58,16	29,08						
<b>(0-30)</b>	89,76	22,44						
	108,85	15,55						
	125,30	12,53						
	149,03	10,65						
	171,12	9,51						
	199,98	8,33						
	<b>225,85</b>	<b>7,53</b>	<b>23,4136</b>	<b>-0,65770</b>	<b>416,75</b>	<b>0,056</b>	<b>72,27</b>	<b>0,00750</b>
<b>(30-37)</b>	39,85	19,93						
	68,20	17,05						
	89,33	12,76						
	105,10	10,51						
	123,60	8,83						
	139,75	7,76						
	157,55	6,56						
	<b>169,79</b>	<b>5,66</b>	<b>17,5539</b>	<b>-0,47130</b>	<b>326,91</b>	<b>0,054</b>	<b>82,53</b>	<b>0,00179</b>
<b>(37-56)</b>	48,38	24,19						
	81,85	20,46						
	105,03	15,00						
	127,45	12,75						
	154,54	11,04						
	167,11	9,28						
	185,19	7,72						
	<b>199,10</b>	<b>6,64</b>	<b>21,2041</b>	<b>-0,57388</b>	<b>391,73</b>	<b>0,054</b>	<b>83,00</b>	<b>0,00164</b>
<b>(56-80)</b>	24,39	12,20						
	45,42	11,36						
	68,36	9,77						
	87,76	8,78						
	107,59	7,69						
	119,14	6,62						
	133,25	5,55						
	<b>141,55</b>	<b>4,72</b>	<b>11,9636</b>	<b>-0,26623</b>	<b>268,81</b>	<b>0,045</b>	<b>95,37</b>	<b>0,00003</b>
<b>(80-99)</b>	21,30	10,65						
	40,84	10,21						
	56,79	8,11						
	66,76	6,68						
	77,49	5,54						
	85,68	4,76						
	94,35	3,93						
	<b>102,55</b>	<b>3,42</b>	<b>10,2766</b>	<b>-0,26526</b>	<b>199,07</b>	<b>0,052</b>	<b>89,52000</b>	<b>0,00038</b>
<b>(99-120)</b>	20,10	10,05						
	35,97	8,99						
	52,89	7,56						
	65,27	6,53						
	73,97	5,28						

	83,73	4,65						
	96,11	4,00						
	<b>108,55</b>	<b>3,62</b>	<b>9,4215</b>	<b>-0,22653</b>	<b>195,92</b>	<b>0,048</b>	<b>89,08</b>	<b>0,00042</b>
<b>(120-150+)</b>	34,41	17,21						
	50,59	12,65						
	67,92	9,70						
	78,43	7,84						
	90,19	6,44						
	99,27	5,52						
	111,53	4,65						
	<b>118,03</b>	<b>3,93</b>	<b>14,0105</b>	<b>-0,40499</b>	<b>242,34</b>	<b>0,058</b>	<b>77,55</b>	<b>0,00388</b>
<b>P6</b>	37,14	18,57						
<b>(0-31)</b>	50,42	12,61						
	62,92	8,99						
	72,69	7,27						
	88,79	6,34						
	101,68	5,65						
	118,62	4,94						
	<b>132,88</b>	<b>4,43</b>	<b>14,0564</b>	<b>-0,40047</b>	<b>246,69</b>	<b>0,057</b>	<b>67,31</b>	<b>0,01260</b>
<b>(31-72)</b>	38,83	19,42						
	56,01	14,00						
	78,12	11,16						
	100,03	10,00						
	118,53	8,47						
	134,67	7,48						
	155,39	6,47						
	<b>174,35</b>	<b>5,81</b>	<b>15,8128</b>	<b>-0,40085</b>	<b>311,90</b>	<b>0,051</b>	<b>75,97</b>	<b>0,00480</b>
<b>(72-102)</b>	22,08	11,04						
	41,90	10,48						
	56,17	8,02						
	68,09	6,81						
	78,49	5,61						
	85,18	4,73						
	98,70	4,11						
	<b>108,74</b>	<b>3,62</b>	<b>10,4561</b>	<b>-0,26816</b>	<b>203,86</b>	<b>0,051</b>	<b>87,21</b>	<b>0,00069</b>
<b>(102-128)</b>	20,84	10,42						
	40,08	10,02						
	55,49	7,93						
	64,45	6,44						
	76,06	5,43						
	89,21	4,96						
	110,02	4,58						
	<b>125,58</b>	<b>4,19</b>	<b>9,8243</b>	<b>-0,22591</b>	<b>213,62</b>	<b>0,046</b>	<b>82,89</b>	<b>0,00168</b>
<b>(128-160+)</b>	18,12	9,06						
	32,14	8,04						

	45,65	6,52						
	59,02	5,90						
	68,79	4,91						
	79,49	4,42						
	89,96	3,75						
	<b>106,03</b>	<b>3,53</b>	<b>8,3595</b>	<b>-0,19033</b>	<b>183,58</b>	<b>0,046</b>	<b>87,29</b>	<b>0,00068</b>
<b>P7</b>	42,73	21,36						
<b>(0-30)</b>	58,06	14,52						
	73,47	10,50						
	87,62	8,76						
	102,05	7,29						
	116,22	6,46						
	135,35	5,64						
	<b>154,27</b>	<b>5,14</b>	<b>15,2117</b>	<b>-0,41306</b>	<b>280,10</b>	<b>0,054</b>	<b>75,70</b>	<b>0,00496</b>
<b>(30-78)</b>	40,42	20,21						
	63,32	15,83						
	87,98	12,57						
	106,46	10,65						
	130,44	9,32						
	150,67	8,37						
	171,36	7,14						
	<b>184,31</b>	<b>6,14</b>	<b>17,1797</b>	<b>-0,43310</b>	<b>340,73</b>	<b>0,050</b>	<b>80,52</b>	<b>0,00250</b>
<b>(78-115)</b>	15,85	7,93						
	28,23	7,06						
	42,16	6,02						
	51,78	5,18						
	63,54	4,54						
	71,25	3,96						
	86,31	3,60						
	<b>98,07</b>	<b>3,27</b>	<b>7,3769</b>	<b>-0,16014</b>	<b>169,91</b>	<b>0,043</b>	<b>87,86</b>	<b>0,00059</b>
<b>(115-150)</b>	30,46	15,23						
	45,73	11,43						
	60,56	8,65						
	70,49	7,05						
	83,19	5,94						
	92,56	5,14						
	105,64	4,40						
	<b>114,22</b>	<b>3,81</b>	<b>12,4593</b>	<b>-0,34885</b>	<b>222,50</b>	<b>0,056</b>	<b>76,88</b>	<b>0,00425</b>
<b>P8</b>	43,26	21,63						
<b>(0-38)</b>	62,73	15,68						
	79,86	11,41						
	94,77	9,48						
	112,39	8,03						
	127,77	7,10						
	146,80	6,12						

	<b>162,02</b>	<b>5,40</b>	<b>17,1461</b>	<b>-0,47999</b>	<b>306,25</b>	<b>0,056</b>	<b>72,74</b>	<b>0,00711</b>
<b>(38-72)</b>	22,85	11,43						
	40,23	10,06						
	61,16	8,74						
	78,72	7,87						
	98,17	7,01						
	112,25	6,24						
	131,31	5,47						
	<b>146,77</b>	<b>4,89</b>	<b>10,7074</b>	<b>-0,21972</b>	<b>260,90</b>	<b>0,041</b>	<b>91,00</b>	<b>0,00024</b>
<b>(72-150+)</b>	15,08	7,54						
	26,36	6,59						
	41,41	5,92						
	51,96	5,20						
	61,19	4,37						
	69,86	3,88						
	83,07	3,46						
	<b>95,21</b>	<b>3,17</b>	<b>7,0750</b>	<b>-0,15110</b>	<b>165,64</b>	<b>0,043</b>	<b>90,06</b>	<b>0,00032</b>
<b>P9</b>	66,52	33,26						
<b>(0-44)</b>	85,29	21,32						
	108,19	15,46						
	122,77	12,28						
	136,16	9,73						
	147,53	8,20						
	163,34	6,81						
	<b>178,83</b>	<b>5,96</b>	<b>24,4114</b>	<b>-0,76395</b>	<b>390,02</b>	<b>0,063</b>	<b>70,82</b>	<b>0,00880</b>
<b>(44-64)</b>	28,10	14,06						
	43,60	10,90						
	62,69	8,96						
	77,12	7,71						
	98,28	7,02						
	113,74	6,32						
	130,12	5,42						
	<b>142,42</b>	<b>4,75</b>	<b>11,9777</b>	<b>-0,28148</b>	<b>254,84</b>	<b>0,047</b>	<b>80,43</b>	<b>0,00254</b>
<b>(64-94)</b>	18,01	9,00						
	33,43	8,36						
	52,01	7,43						
	62,49	6,25						
	78,80	5,63						
	90,27	5,02						
	102,38	4,27						
	<b>109,10</b>	<b>3,64</b>	<b>8,7850</b>	<b>-0,18973</b>	<b>203,39</b>	<b>0,043</b>	<b>94,07</b>	<b>0,00007</b>
<b>(94-140)</b>	13,45	6,72						
	24,89	6,22						
	36,82	5,26						
	45,17	4,52						

	52,11	3,72						
	62,19	3,45						
	70,10	2,92						
	<b>83,71</b>	<b>2,79</b>	<b>6,3889</b>	<b>-0,14231</b>	<b>143,42</b>	<b>0,045</b>	<b>88,39</b>	<b>0,00051</b>
<b>P12</b>	38,40	19,20						
<b>(0-43)</b>	59,51	14,88						
	77,80	11,11						
	88,89	8,89						
	103,34	7,38						
	116,14	6,45						
	136,45	5,69						
	<b>154,78</b>	<b>5,16</b>	<b>15,8117</b>	<b>-0,43793</b>	<b>285,45</b>	<b>0,055</b>	<b>75,72</b>	<b>0,00495</b>
<b>(43-73)</b>	60,98	30,49						
	87,50	21,88						
	114,77	16,40						
	135,24	13,52						
	159,10	11,36						
	172,01	9,56						
	200,94	8,37						
	<b>221,33</b>	<b>7,38</b>	<b>24,2676</b>	<b>-0,68973</b>	<b>426,92</b>	<b>0,057</b>	<b>74,16</b>	<b>0,00602</b>
<b>(73-95)</b>	42,66	21,33						
	71,04	17,76						
	104,63	14,95						
	121,32	12,13						
	143,33	10,24						
	156,40	8,69						
	170,65	7,11						
	<b>181,95</b>	<b>6,06</b>	<b>19,2390</b>	<b>-0,51047</b>	<b>362,55</b>	<b>0,053</b>	<b>87,90</b>	<b>0,00058</b>
<b>(95-135)</b>	21,32	10,66						
	40,57	10,14						
	62,63	8,95						
	77,73	7,77						
	89,64	6,40						
	99,25	5,51						
	108,43	4,52						
	<b>116,09</b>	<b>3,87</b>	<b>10,6786</b>	<b>-0,25329</b>	<b>225,00</b>	<b>0,047</b>	<b>95,31</b>	<b>0,00003</b>
<b>(135-160+)</b>	32,02	16,01						
	46,49	11,62						
	62,57	8,94						
	72,34	7,23						
	79,90	5,71						
	87,96	4,89						
	98,26	4,09						
	<b>115,37</b>	<b>3,85</b>	<b>12,8904</b>	<b>-0,37416</b>	<b>222,05</b>	<b>0,058</b>	<b>75,65</b>	<b>0,00500</b>
<b>P13</b>	26,08	13,04						

<b>(0-30)</b>	38,68	9,67						
	54,72	7,82						
	63,51	6,35						
	75,20	5,37						
	86,41	4,80						
	104,64	4,36						
	<b>120,74</b>	<b>4,02</b>	<b>10,6445</b>	<b>-0,27272</b>	<b>207,73</b>	<b>0,051</b>	<b>74,35</b>	<b>0,00588</b>
<b>(30-61)</b>	24,32	12,16						
	45,01	11,25						
	68,09	9,73						
	82,42	8,24						
	103,37	7,38						
	115,24	6,40						
	134,91	5,62						
	<b>144,01</b>	<b>4,80</b>	<b>11,7306</b>	<b>-0,25931</b>	<b>265,33</b>	<b>0,044</b>	<b>92,44</b>	<b>0,00014</b>
<b>(61-71)</b>	17,08	8,54						
	29,64	7,41						
	40,37	5,77						
	49,59	4,96						
	60,92	4,35						
	68,10	3,78						
	81,73	3,41						
	<b>89,98</b>	<b>3,00</b>	<b>7,6402</b>	<b>-0,18258</b>	<b>159,85</b>	<b>0,048</b>	<b>83,36</b>	<b>0,00154</b>
<b>(71-90)</b>	30,08	15,04						
	55,60	13,90						
	80,50	11,50						
	97,31	9,71						
	108,01	7,72						
	122,50	6,81						
	136,29	5,68						
	<b>150,09</b>	<b>5,00</b>	<b>14,3604</b>	<b>-0,36260</b>	<b>284,37</b>	<b>0,051</b>	<b>90,03</b>	<b>0,00032</b>
<b>(90-130)</b>	17,08	8,54						
	32,12	8,03						
	49,56	7,08						
	61,34	6,13						
	68,22	4,87						
	75,67	4,20						
	83,98	3,50						
	<b>91,31</b>	<b>3,04</b>	<b>8,4674</b>	<b>-0,20504</b>	<b>174,84</b>	<b>0,048</b>	<b>93,92</b>	<b>0,00007</b>
<b>P14</b>	30,04	15,02						
<b>(0-29)</b>	47,00	11,75						
	60,64	8,66						
	69,60	6,96						
	79,55	5,68						
	87,59	4,87						



	98,98	4,12						
	<b>111,69</b>	<b>3,72</b>	<b>12,4715</b>	<b>-0,35772</b>	<b>217,34</b>	<b>0,057</b>	<b>77,60</b>	<b>0,00385</b>
<b>(29-78)</b>	22,21	11,11						
	38,57	9,64						
	59,51	8,50						
	74,66	7,47						
	89,18	6,37						
	103,36	5,74						
	122,48	5,10						
	<b>136,88</b>	<b>4,56</b>	<b>10,3223</b>	<b>-0,22099</b>	<b>241,07</b>	<b>0,043</b>	<b>89,48</b>	<b>0,00038</b>
<b>(78-103)</b>	38,80	19,40						
	69,92	17,48						
	103,48	14,78						
	124,89	12,49						
	144,33	10,31						
	162,26	9,01						
	176,95	7,37						
	<b>194,55</b>	<b>6,48</b>	<b>18,3997</b>	<b>-0,45759</b>	<b>369,93</b>	<b>0,050</b>	<b>91,11</b>	<b>0,00023</b>
<b>(103-143)</b>	12,25	6,13						
	21,72	5,43						
	32,65	4,66						
	40,06	4,01						
	49,41	3,53						
	56,87	3,16						
	62,37	2,60						
	<b>68,58</b>	<b>2,29</b>	<b>5,7661</b>	<b>-0,13136</b>	<b>126,55</b>	<b>0,046</b>	<b>91,49</b>	<b>0,00020</b>
<b>(143-180)</b>	27,74	13,87						
	48,15	12,04						
	72,02	10,29						
	85,41	8,54						
	102,11	7,29						
	112,45	6,25						
	124,79	5,20						
	<b>132,85</b>	<b>4,43</b>	<b>12,8913</b>	<b>-0,32312</b>	<b>257,16</b>	<b>0,050</b>	<b>90,36</b>	<b>0,00029</b>
<b>P15</b>	34,05	17,03						
<b>(0-35)</b>	54,41	13,60						
	75,58	10,80						
	86,66	8,67						
	98,92	7,07						
	110,42	6,13						
	122,20	5,09						
	<b>131,95</b>	<b>4,40</b>	<b>14,6605</b>	<b>-0,40820</b>	<b>263,27</b>	<b>0,056</b>	<b>82,50</b>	<b>0,00180</b>
<b>(35-68)</b>	51,93	25,96						
	88,92	22,23						
	132,73	18,96						
	160,44	16,04						

	179,27	12,80						
	200,35	11,13						
	217,59	9,07						
	<b>237,92</b>	<b>7,93</b>	<b>23,9768</b>	<b>-0,62095</b>	<b>462,91</b>	<b>0,052</b>	<b>89,71</b>	<b>0,00035</b>
<b>(68-83)</b>	3,10	1,55						
	5,40	1,35						
	8,95	1,28						
	11,30	1,13						
	14,85	1,06						
	17,20	0,96						
	19,95	0,83						
	<b>22,02</b>	<b>0,73</b>	<b>1,4805</b>	<b>-0,02710</b>	<b>40,44</b>	<b>0,037</b>	<b>94,53</b>	<b>0,00005</b>
<b>(83-126)</b>	2,20	1,10						
	4,01	1,00						
	6,85	0,98						
	8,42	0,84						
	11,49	0,82						
	13,07	0,73						
	15,58	0,65						
	<b>16,69</b>	<b>0,56</b>	<b>1,0862</b>	<b>-0,01844</b>	<b>32,00</b>	<b>0,034</b>	<b>96,46</b>	<b>0,00001</b>
<b>P16</b>	69,16	34,58						
<b>(0-35)</b>	80,17	20,04						
	96,42	13,77						
	109,36	10,94						
	125,26	8,95						
	138,13	7,67						
	154,26	6,43						
	<b>171,93</b>	<b>5,73</b>	<b>24,1013</b>	<b>-0,77707</b>	<b>373,76</b>	<b>0,065</b>	<b>62,31</b>	<b>0,01982</b>
<b>(35-72)</b>	37,98	18,99						
	61,38	15,35						
	88,13	12,59						
	107,18	10,72						
	135,62	9,69						
	158,71	8,82						
	187,42	7,81						
	<b>212,28</b>	<b>7,08</b>	<b>16,4232</b>	<b>-0,37005</b>	<b>364,44</b>	<b>0,045</b>	<b>80,11</b>	<b>0,00267</b>
<b>(72-98)</b>	18,87	9,44						
	33,89	8,47						
	54,68	7,81						
	72,87	7,29						
	84,24	6,02						
	95,04	5,28						
	105,42	4,39						
	<b>125,34</b>	<b>4,18</b>	<b>9,2169</b>	<b>-0,19133</b>	<b>222,00</b>	<b>0,042</b>	<b>94,56</b>	<b>0,00005</b>
<b>(98-150)</b>	14,18	7,09						

	22,54	5,64						
	32,29	4,61						
	39,48	3,95						
	48,25	3,45						
	53,39	2,97						
	61,46	2,56						
	<b>66,47</b>	<b>2,22</b>	<b>6,1528</b>	<b>-0,15351</b>	<b>123,31</b>	<b>0,050</b>	<b>83,50</b>	<b>0,00150</b>
<b>P17</b>	79,24	39,62						
<b>(0-30)</b>	91,46	22,86						
	110,41	15,77						
	125,04	12,50						
	139,64	9,97						
	157,01	8,72						
	174,48	7,27						
	<b>194,40</b>	<b>6,48</b>	<b>27,5628</b>	<b>-0,89277</b>	<b>339,12</b>	<b>0,065</b>	<b>62,24</b>	<b>0,01994</b>
<b>(30-65)</b>	18,52	9,26						
	34,88	8,72						
	52,25	7,46						
	61,47	6,15						
	75,38	5,38						
	85,20	4,73						
	99,24	4,14						
	<b>113,78</b>	<b>3,79</b>	<b>8,9206</b>	<b>-0,19940</b>	<b>199,54</b>	<b>0,045</b>	<b>89,55</b>	<b>0,00037</b>
<b>(65-89)</b>	18,50	9,25						
	30,26	7,57						
	45,09	6,44						
	55,13	5,51						
	69,16	4,94						
	80,70	4,48						
	95,57	3,98						
	<b>107,40</b>	<b>3,58</b>	<b>8,1570</b>	<b>-0,17895</b>	<b>185,91</b>	<b>0,044</b>	<b>83,10</b>	<b>0,00161</b>
<b>(89-109)</b>	12,01	6,01						
	21,13	5,28						
	32,87	4,70						
	41,88	4,19						
	53,15	3,80						
	63,87	3,55						
	75,38	3,14						
	<b>86,14</b>	<b>2,87</b>	<b>5,6050</b>	<b>-0,10367</b>	<b>151,52</b>	<b>0,037</b>	<b>89,47</b>	<b>0,00038</b>
<b>(109-150+)</b>	13,17	6,59						
	24,65	6,16						
	37,83	5,40						
	41,72	4,17						
	47,01	3,36						
	51,99	2,89						
	59,65	2,49						

	68,82	2,29	6,3643	-0,16114	125,68	0,051	88,35	0,00052
--	-------	------	--------	----------	--------	-------	-------	---------

**Πίνακας 12. Ανοργανοποίηση Αζώτου σε συνθήκες εργαστηρίου σε ανόργανα εδάφη**

(θερμ. 25°C , η  $k_1$  εκφράζει τη σταθερά ορυκτοποίησης )

t1=2 εβδομ., t2=4 εβδομ., t3=7 εβδομ., t4=10 εβδομ., t5=14 εβδομ., t6=18 εβδομ., t7=24 εβδομ., t8=30 εβδομ

Εδαφοτομές	Nt mg/kg	y Nt/t	a $N_0k_1$	b $N_0k_1^2/2$	No $a^2/2b$ mg/kg	$k_1$ 2b/a	$R^2$	P
<b>P1</b>	11,38	5,69						
<b>(0-37)</b>	20,88	5,22						
	27,34	3,91						
	31,49	3,15						
	35,94	2,57						
	39,75	2,21						
	44,25	1,84						
	<b>50,01</b>	<b>1,67</b>	<b>5,2193</b>	<b>-0,14215</b>	<b>95,82</b>	<b>0,055</b>	<b>84,28</b>	<b>0,00129</b>
<b>(37-53)</b>	7,48	3,74						
	11,42	2,85						
	13,14	1,88						
	15,40	1,54						
	18,24	1,3						
	20,51	1,14						
	23,37	0,97						
	<b>26,59</b>	<b>0,89</b>	<b>2,9678</b>	<b>-0,08654</b>	<b>50,89</b>	<b>0,058</b>	<b>71,29</b>	<b>0,00836</b>
<b>(53-86)</b>	3,40	1,70						
	6,19	1,55						
	7,63	1,09						
	9,42	0,94						
	11,71	0,84						
	13,81	0,77						
	16,08	0,67						
	<b>18,64</b>	<b>0,62</b>	<b>1,5139</b>	<b>-0,03607</b>	<b>31,77</b>	<b>0,048</b>	<b>78,14</b>	<b>0,00357</b>
<b>(86-115)</b>	2,91	1,45						
	5,36	1,34						
	8,37	1,20						
	10,12	1,01						
	12,28	0,88						
	13,88	0,77						
	15,64	0,65						
	<b>18,17</b>	<b>0,61</b>	<b>1,4827</b>	<b>-0,03079</b>	<b>32,21</b>	<b>0,044</b>	<b>92,20</b>	<b>0,00015</b>
<b>(115-150)</b>	3,15	1,58						
	5,10	1,27						
	8,06	1,15						
	10,51	1,05						

	13,47	0,96						
	15,73	0,87						
	18,35	0,76						
	<b>21,08</b>	<b>0,7</b>	<b>1,4133</b>	<b>-0,02721</b>	<b>36,70</b>	<b>0,039</b>	<b>85,94</b>	<b>0,00092</b>
<b>(150-170)</b>	7,08	3,54						
	11,72	2,93						
	17,05	2,44						
	20,79	2,08						
	22,87	1,63						
	24,94	1,39						
	27,47	1,14						
	<b>30,72</b>	<b>1,02</b>	<b>3,1803</b>	<b>-0,08507</b>	<b>59,45</b>	<b>0,054</b>	<b>87,21</b>	<b>0,00069</b>
<b>P2</b>	16,40	8,20						
<b>(0-40)</b>	26,56	6,64						
	40,83	5,83						
	50,27	5,03						
	55,06	3,93						
	61,96	3,44						
	65,36	2,72						
	<b>69,02</b>	<b>2,30</b>	<b>7,4404</b>	<b>-0,19663</b>	<b>140,77</b>	<b>0,053</b>	<b>89,93</b>	<b>0,00033</b>
<b>(40-61)</b>	4,20	2,1						
	7,20	1,8						
	10,89	1,56						
	13,05	1,3						
	15,11	1,08						
	17,25	0,96						
	19,67	0,82						
	<b>22,52</b>	<b>0,75</b>	<b>1,9253</b>	<b>-0,04617</b>	<b>40,14</b>	<b>0,048</b>	<b>87,61</b>	<b>0,00062</b>
<b>(61-77)</b>	11,72	5,86						
	20,99	5,25						
	27,14	3,88						
	33,07	3,31						
	36,55	2,61						
	39,52	2,2						
	42,74	1,78						
	<b>46,69</b>	<b>1,56</b>	<b>5,3452</b>	<b>-0,14965</b>	<b>95,46</b>	<b>0,056</b>	<b>85,94</b>	<b>0,00092</b>
<b>(77-97)</b>	38,14	19,07						
	54,48	13,62						
	83,72	11,96						
	101,12	10,21						
	129,81	9,72						
	148,01	8,22						
	174,34	7,26						
	<b>189,84</b>	<b>6,33</b>	<b>15,7980</b>	<b>-0,36783</b>	<b>339,25</b>	<b>0,047</b>	<b>77,63</b>	<b>0,00384</b>
<b>(97-133+)</b>	27,78	13,89						
	48,57	12,14						

	72,13	10,3						
	91,94	9,19						
	114,72	8,19						
	131,90	7,33						
	152,26	6,34						
	<b>162,80</b>	<b>5,43</b>	<b>12,9097</b>	<b>-0,27952</b>	<b>298,12</b>	<b>0,043</b>	<b>90,52</b>	<b>0,00028</b>
<b>P10</b>	32,92	16,46						
<b>(0-35)</b>	43,57	10,89						
	58,73	8,39						
	67,04	6,70						
	75,39	5,38						
	84,63	4,70						
	94,76	3,95						
	<b>102,62</b>	<b>3,42</b>	<b>12,6260</b>	<b>-0,37723</b>	<b>159,42</b>	<b>0,060</b>	<b>71,78</b>	<b>0,00792</b>
<b>(35-52)</b>	13,90	6,95						
	23,07	5,77						
	34,24	4,89						
	44,50	4,45						
	53,14	3,8						
	57,55	3,2						
	63,18	2,63						
	<b>72,77</b>	<b>2,43</b>	<b>6,3162</b>	<b>-0,15055</b>	<b>132,50</b>	<b>0,048</b>	<b>89,12</b>	<b>0,00042</b>
<b>(52-71)</b>	1,73	0,87						
	3,22	0,80						
	5,44	0,78						
	7,51	0,75						
	9,67	0,69						
	10,30	0,57						
	11,73	0,49						
	<b>14,24</b>	<b>0,47</b>	<b>0,8813</b>	<b>-0,01496</b>	<b>25,97</b>	<b>0,034</b>	<b>96,39</b>	<b>0,0001</b>
<b>(71-103)</b>	37,01	18,51						
	63,77	15,94						
	94,42	13,49						
	120,59	13,00						
	147,13	10,51						
	162,64	9,04						
	181,51	7,56						
	<b>202,97</b>	<b>6,77</b>	<b>17,3098</b>	<b>-0,40053</b>	<b>374,04</b>	<b>0,046</b>	<b>91,66</b>	<b>0,00019</b>
<b>(103-126)</b>	22,28	11,14						
	39,65	9,91						
	59,58	8,51						
	77,28	7,73						
	98,90	7,06						
	110,50	6,14						
	117,03	4,88						
	<b>118,94</b>	<b>3,97</b>	<b>10,7069</b>	<b>-0,24142</b>	<b>237,42</b>	<b>0,045</b>	<b>95,61</b>	<b>0,00003</b>

<b>(126-150)</b>	14,72	7,36							
	26,12	6,53							
	36,99	5,28							
	46,85	4,69							
	53,97	3,86							
	61,00	3,39							
	67,97	2,83							
	<b>76,70</b>	<b>2,56</b>	<b>6,8237</b>	<b>-0,16596</b>	<b>140,28</b>	<b>0,049</b>	<b>88,71</b>	<b>0,00047</b>	
<b>P11</b>	24,04	12,02							
<b>(0-28)</b>	36,49	9,12							
	49,58	7,08							
	58,56	5,86							
	70,01	5,00							
	79,92	4,44							
	90,26	3,76							
	<b>98,15</b>	<b>3,27</b>	<b>9,9622</b>	<b>-0,26741</b>	<b>190,76</b>	<b>0,054</b>	<b>78,09</b>	<b>0,00360</b>	
<b>(28-39)</b>	34,87	17,43							
	65,97	16,49							
	89,16	12,74							
	109,29	10,93							
	116,78	8,34							
	125,76	6,99							
	135,16	5,63							
	<b>147,73</b>	<b>4,92</b>	<b>16,7000</b>	<b>-0,45991</b>	<b>303,20</b>	<b>0,055</b>	<b>89,37</b>	<b>0,00039</b>	
<b>(39-62)</b>	25,31	12,66							
	48,04	12,01							
	75,76	10,82							
	98,63	9,86							
	121,27	8,66							
	142,30	7,91							
	167,85	6,99							
	<b>192,24</b>	<b>6,41</b>	<b>12,5184</b>	<b>-0,22777</b>	<b>344,01</b>	<b>0,036</b>	<b>94,86</b>	<b>0,00004</b>	
<b>(62-78)</b>	4,45	2,26							
	7,73	1,93							
	13,13	1,87							
	17,28	1,73							
	23,04	1,65							
	27,10	1,51							
	31,06	1,29							
	<b>35,73</b>	<b>1,19</b>	<b>2,1480</b>	<b>-0,03444</b>	<b>66,99</b>	<b>0,032</b>	<b>93,82</b>	<b>0,00008</b>	
<b>(78-140+)</b>	1,89	0,95							
	3,74	0,93							
	4,96	0,71							
	6,99	0,7							
	9,17	0,65							
	11,02	0,61							



	13,26	0,55						
	<b>15,87</b>	<b>0,53</b>	<b>0,9029</b>	<b>-0,01462</b>	<b>27,89</b>	<b>0,032</b>	<b>81,91</b>	<b>0,00199</b>

**Πίνακας 13. Ανοργανοποίηση Αζώτου σε συνθήκες εργαστηρίου παρουσία φυτικών υπολλειμάτων τεύτλων σε οργανικά εδάφη.**

(θερμ. 35°C , η  $k_1$  εκφράζει τη σταθερά ανοργανοποίησης )

t1=2 εβδομ., t2=4 εβδομ, t3=7 εβδομ, t4=10 εβδομ, t5=14 εβδομ, t6=18 εβδομ, t7=24 εβδομ, t8=30 εβδομ

Εδαφοτομές	Nt mg/kg	y Nt/t	a Nok <sub>1</sub>	b N <sub>0</sub> k <sub>1</sub> <sup>2</sup> /2	No a <sup>2</sup> /2b mg/kg	k <sub>1</sub> 2b/a	R <sup>2</sup>	P
<b>P3</b>	45,66	22,83						
(0-30)	70,93	17,73						
	88,23	12,6						
(τεύτλο)	110,23	11,02						
	126,88	9,06						
	142,65	7,92						
	164,79	6,87						
	<b>174,91</b>	<b>5,83</b>	<b>18,8405</b>	<b>-0,52169</b>	<b>340,22</b>	<b>0,055</b>	<b>76,92</b>	<b>0,00423</b>
<b>P4</b>	66,48	33,24						
(0-42)	95,12	23,78						
	127,57	18,22						
(τεύτλο)	147,76	14,78						
	170,95	12,21						
	193,13	10,73						
	210,63	8,78						
	<b>234,12</b>	<b>7,8</b>	<b>26,5984</b>	<b>-0,76373</b>	<b>463,17</b>	<b>0,057</b>	<b>75,48</b>	<b>0,00510</b>
<b>P5</b>	91,2	45,6						
(0-30)	129,41	32,35						
	153,15	21,88						
(τεύτλο)	173,81	17,38						
	213,96	15,28						
	240,42	13,36						
	260,12	10,84						
	<b>309,54</b>	<b>10,32</b>	<b>34,9805</b>	<b>-1,03518</b>	<b>591,03</b>	<b>0,059</b>	<b>68,98</b>	<b>0,01067</b>
<b>P6</b>	67,6	33,8						
(0-31)	86,83	21,71						
	94,25	13,46						
(τεύτλο)	112,16	11,22						
	134,56	9,61						
	152,39	8,47						
	174,29	7,26						
	<b>194,99</b>	<b>6,5</b>	<b>24,2105</b>	<b>-0,74912</b>	<b>391,22</b>	<b>0,062</b>	<b>62,44</b>	<b>0,01961</b>
<b>P7</b>	72,62	36,31						
(0-30)	99,70	24,92						
	126,32	18,04						
(τεύτλο)	147,64	14,76						

	174,16	12,44						
	214,10	11,89						
	244,10	10,17						
	<b>267,10</b>	<b>8,90</b>	<b>27,7409</b>	<b>-0,77521</b>	<b>496,36</b>	<b>0,056</b>	<b>68,03</b>	<b>0,01174</b>
<b>P8</b>	80,79	40,39						
<b>(0-38)</b>	118,48	29,62						
	140,58	20,08						
<b>(τεύτλο)</b>	157,33	15,73						
	180,74	12,91						
	207,89	11,55						
	239,80	9,99						
	<b>272,56</b>	<b>9,09</b>	<b>31,4320</b>	<b>-0,93666</b>	<b>527,39</b>	<b>0,060</b>	<b>69,90</b>	<b>0,00970</b>
<b>P9</b>	107,52	53,76						
<b>(0-44)</b>	139,12	34,78						
	160,95	22,99						
<b>(τεύτλο)</b>	182,95	18,29						
	204,93	14,64						
	223,11	12,39						
	247,81	10,33						
	<b>261,62</b>	<b>8,72</b>	<b>39,3960</b>	<b>-1,27769</b>	<b>607,36</b>	<b>0,065</b>	<b>67,44</b>	<b>0,01244</b>
<b>P12</b>	67,28	33,64						
<b>(0-43)</b>	96,63	24,16						
	119,05	17,00						
<b>(τεύτλο)</b>	133,83	13,38						
	155,54	11,11						
	196,00	10,88						
	224,25	9,34						
	<b>248,4</b>	<b>8,28</b>	<b>26,0036</b>	<b>-0,73613</b>	<b>459,28</b>	<b>0,057</b>	<b>68,26</b>	<b>0,01147</b>
<b>P13</b>	40,77	20,38						
<b>(0-30)</b>	61,51	15,38						
	80,05	11,44						
<b>(τεύτλο)</b>	99,05	9,90						
	117,28	8,38						
	135,31	7,52						
	150,85	6,29						
	<b>164,87</b>	<b>5,50</b>	<b>16,7164</b>	<b>-0,44900</b>	<b>311,18</b>	<b>0,054</b>	<b>76,70</b>	<b>0,00435</b>
<b>P14</b>	61,89	34,94						
<b>(0-29)</b>	81,02	20,25						
	102,83	14,69						
<b>(τεύτλο)</b>	126,42	12,64						
	148,18	10,58						
	160,61	8,92						
	189,12	7,88						
	<b>217,02</b>	<b>7,23</b>	<b>24,6832</b>	<b>-0,73703</b>	<b>413,32</b>	<b>0,060</b>	<b>61,82</b>	<b>0,02066</b>

<b>P15</b>	70,06	35,03						
<b>(0-35)</b>	98,54	24,63						
	125,22	17,88						
<b>(τεύτλο)</b>	149,73	14,97						
	172,15	12,30						
	189,15	10,51						
	215,01	8,96						
	<b>241,88</b>	<b>8,06</b>	<b>27,3939</b>	<b>-0,79643</b>	<b>471,11</b>	<b>0,058</b>	<b>72,44</b>	<b>0,00735</b>
<b>P16</b>	212,16	106,08						
<b>(0-35)</b>	289,96	72,49						
	333,62	47,66						
<b>(τεύτλο)</b>	363,30	36,33						
	395,22	28,23						
	421,92	23,44						
	468,39	19,52						
	<b>526,36</b>	<b>17,55</b>	<b>79,4904</b>	<b>-2,61122</b>	<b>1209,90</b>	<b>0,066</b>	<b>69,11</b>	<b>0,01053</b>
<b>P17</b>	261,84	130,92						
<b>(0-30)</b>	382,36	95,59						
	413,35	59,05						
<b>(τεύτλο)</b>	433,48	43,34						
	451,22	32,23						
	468,54	26,03						
	510,00	21,25						
	<b>585,75</b>	<b>19,53</b>	<b>100,0680</b>	<b>-3,41838</b>	<b>1464,67</b>	<b>0,068</b>	<b>70,30</b>	<b>0,00930</b>

**Πίνακας 14. Ανοργανοποίηση Αζώτου σε συνθήκες εργαστηρίου παρουσία φυτικών υπολλειμάτων τεύτλων σε ανόργανα εδάφη.**

(Θερμ. 35°C , η  $k_1$  εκφράζει τη σταθερά ανοργανοποίησης )

t1=2 εβδομ., t2=4 εβδομ., t3=7 εβδομ., t4=10 εβδομ., t5=14 εβδομ., t6=18 εβδομ., t7=24 εβδομ., t8=30 εβδομ

Εδαφοτομές	Nt mg/kg	y Nt/t	a Nok <sub>1</sub>	b N <sub>0</sub> k <sub>1</sub> <sup>2</sup> /2	No a <sup>2</sup> /2b mg/kg	k <sub>1</sub> 2b/a	R <sup>2</sup>	P
<b>P1</b>	33,85	16,93						
<b>(0-37)</b>	44,53	11,13						
	53,39	7,63						
<b>(τεύτλο)</b>	60,50	6,05						
	69,48	4,96						
	76,39	4,24						
	84,77	3,53						
	<b>91,12</b>	<b>3,04</b>	<b>12,5917</b>	<b>-0,39655</b>	<b>199,91</b>	<b>0,063</b>	<b>68,45</b>	<b>0,01125</b>
<b>P2</b>	40,71	20,36						
<b>(0-40)</b>	52,34	13,08						
	61,64	8,81						
<b>(τεύτλο)</b>	70,12	7,01						
	82,61	5,90						
	91,62	5,09						
	109,49	4,56						
	<b>125,87</b>	<b>4,20</b>	<b>14,7544</b>	<b>-0,44978</b>	<b>242,00</b>	<b>0,061</b>	<b>63,61</b>	<b>0,01772</b>
<b>P10</b>	78,05	39,03						
<b>(0-35)</b>	92,52	23,13						
	106,84	15,26						
<b>(τεύτλο)</b>	119,11	11,91						
	134,02	9,57						
	146,14	8,12						
	158,43	6,60						
	<b>169,63</b>	<b>5,65</b>	<b>27,3441</b>	<b>-0,91269</b>	<b>409,61</b>	<b>0,007</b>	<b>63,78</b>	<b>0,01745</b>
<b>P11</b>	60,60	30,30						
<b>(0-28)</b>	76,64	19,16						
	96,78	13,83						
<b>(τεύτλο)</b>	110,96	11,10						
	126,06	9,00						
	134,21	7,46						
	145,41	6,06						
	<b>153,19</b>	<b>5,11</b>	<b>22,4912</b>	<b>-0,71477</b>	<b>353,86</b>	<b>0,064</b>	<b>69,73</b>	<b>0,00988</b>

**Πίνακας 15. Ανοργανοποίηση Αζώτου σε συνθήκες εργαστηρίου παρουσία φυτικών υπολλειμάτων βιομηχανικής τομάτας σε οργανικά εδάφη.**

(Θερμ. 35°C , η  $k_1$  εκφράζει τη σταθερά ορυκτοποίησης )  
 $t_1=2$  εβδομ.,  $t_2=4$  εβδομ.,  $t_3=7$  εβδομ.,  $t_4=10$  εβδομ.,  $t_5=14$  εβδομ.,  $t_6=18$  εβδομ.,  $t_7=24$  εβδομ.,  $t_8=30$  εβδομ

Εδαφοτομές	Nt mg/kg	y Nt/t	a $N_0k_1$	b $N_0k_1^2/2$	No $a^2/2b$ mg/kg	$k_1$ 2b/a	$R^2$	P
<b>P3</b>	40,87	20,44						
(0-30)	52,28	13,07						
	69,29	9,90						
(τομάτα)	86,63	8,66						
	104,67	7,48						
	118,03	6,56						
	136,76	5,70						
	<b>148,48</b>	<b>4,95</b>	<b>15,3806</b>	<b>-0,42463</b>	<b>278,552</b>	<b>0,055</b>	<b>67,70</b>	<b>0,01213</b>
<b>P4</b>	62,74	31,37						
(0-42)	89,01	22,25						
	117,08	16,73						
(τομάτα)	138,94	13,89						
	160,85	11,49						
	180,02	10,00						
	205,43	8,56						
	<b>222,45</b>	<b>7,42</b>	<b>24,8662</b>	<b>-0,70844</b>	<b>436,403</b>	<b>0,057</b>	<b>74,07</b>	<b>0,00608</b>
<b>P5</b>	86,55	43,28						
(0-30)	118,79	29,70						
	155,65	22,24						
(τομάτα)	179,60	17,96						
	216,00	15,43						
	253,54	14,09						
	281,81	11,74						
	<b>298,21</b>	<b>9,94</b>	<b>33,5625</b>	<b>-0,95523</b>	<b>589,617</b>	<b>0,057</b>	<b>71,46</b>	<b>0,00821</b>
<b>P6</b>	61,98	30,99						
(0-31)	80,75	20,19						
	93,32	13,33						
(τομάτα)	110,00	11,00						
	126,47	9,03						
	149,25	8,29						
	167,61	6,98						
	<b>183,66</b>	<b>6,12</b>	<b>22,6700</b>	<b>-0,69202</b>	<b>371,326</b>	<b>0,061</b>	<b>65,05</b>	<b>0,01557</b>

<b>P7</b>	54,16	27,08						
<b>(0-30)</b>	83,40	20,85						
	111,42	15,92						
<b>(τομάρτα)</b>	128,55	12,85						
	150,60	10,76						
	170,01	9,45						
	186,91	7,79						
	<b>209,91</b>	<b>7,00</b>	<b>22,5140</b>	<b>-0,62763</b>	<b>403,802</b>	<b>0,056</b>	<b>78,36</b>	<b>0,00346</b>
<b>P8</b>	67,20	33,60						
<b>(0-38)</b>	87,95	21,99						
	109,45	15,64						
<b>(τομάρτα)</b>	128,82	12,88						
	151,54	10,82						
	168,60	9,37						
	192,86	8,04						
	<b>216,86</b>	<b>7,23</b>	<b>25,0807</b>	<b>-0,74382</b>	<b>422,848</b>	<b>0,059</b>	<b>67,45</b>	<b>0,01243</b>
<b>P9</b>	95,37	47,69						
<b>(0-44)</b>	124,82	31,21						
	144,61	20,66						
<b>(τομάρτα)</b>	165,98	16,60						
	186,71	13,37						
	203,66	11,31						
	229,54	9,56						
	<b>247,68</b>	<b>8,26</b>	<b>35,1214</b>	<b>-1,12212</b>	<b>549,635</b>	<b>0,064</b>	<b>67,38</b>	<b>0,01251</b>
<b>P12</b>	55,62	27,81						
<b>(0-43)</b>	77,27	19,32						
	99,08	14,15						
<b>(τομάρτα)</b>	118,48	11,85						
	139,01	9,93						
	158,93	8,83						
	183,49	7,65						
	<b>202,87</b>	<b>6,76</b>	<b>21,5748</b>	<b>-0,60824</b>	<b>382,638</b>	<b>0,056</b>	<b>70,73</b>	<b>0,00889</b>
<b>P13</b>	38,18	19,09						
<b>(0-30)</b>	52,36	13,09						
	68,61	9,80						
<b>(τομάρτα)</b>	81,98	8,20						
	107,65	7,69						
	126,82	7,05						
	143,44	5,98						
	<b>157,56</b>	<b>5,25</b>	<b>14,7458</b>	<b>-0,38364</b>	<b>283,393</b>	<b>0,052</b>	<b>68,36</b>	<b>0,01136</b>
<b>P14</b>	55,58	28,79						
<b>(0-29)</b>	78,90	19,73						
	100,11	14,30						
<b>(τομάρτα)</b>	117,96	11,80						
	140,23	10,02						

	159,19	8,84						
	176,59	7,36						
	<b>189,31</b>	<b>6,31</b>	<b>22,2111</b>	<b>-0,64715</b>	<b>381,160</b>	<b>0,058</b>	<b>71,31</b>	<b>0,00834</b>
<b>P15</b>	64,18	32,09						
<b>(0-35)</b>	93,68	23,42						
	122,96	17,57						
<b>(τομάρτα)</b>	140,20	14,02						
	164,22	11,73						
	183,21	10,19						
	208,77	8,70						
	<b>227,18</b>	<b>7,57</b>	<b>25,7313</b>	<b>-0,73909</b>	<b>447,918</b>	<b>0,057</b>	<b>74,91</b>	<b>0,00548</b>
<b>P16</b>	174,22	87,11						
<b>(0-35)</b>	223,14	55,79						
	257,82	36,83						
<b>(τομάρτα)</b>	281,35	28,14						
	316,32	22,59						
	347,82	19,32						
	384,37	16,02						
	<b>415,34</b>	<b>13,84</b>	<b>63,2081</b>	<b>-2,07362</b>	<b>963,355</b>	<b>0,066</b>	<b>66,35</b>	<b>0,01381</b>
<b>P17</b>	224,63	112,32						
<b>(0-30)</b>	248,37	62,09						
	284,12	40,59						
<b>(τομάρτα)</b>	317,38	31,74						
	350,42	25,03						
	381,11	21,17						
	420,22	17,51						
	<b>447,15</b>	<b>14,91</b>	<b>75,9308</b>	<b>-2,58795</b>	<b>1113,910</b>	<b>0,068</b>	<b>60,74</b>	<b>0,02261</b>



**Πίνακας 16. Ανοργανοποίηση Αζώτου σε συνθήκες εργαστηρίου παρουσία φυτικών υπολλειμάτων βιομηχανικής τομάτας σε ανόργανα εδάφη.**

(Θερμ. 35°C , η  $k_1$  εκφράζει τη σταθερά ορυκτοποίησης )

t1=2 εβδομ., t2=4 εβδομ., t3=7 εβδομ., t4=10 εβδομ., t5=14 εβδομ., t6=18 εβδομ., t7=24 εβδομ., t8=30 εβδομ

Εδαφοτομές	Nt mg/kg	y Nt/t	a Nok <sub>1</sub>	b N <sub>0</sub> k <sub>1</sub> <sup>2</sup> /2	No a <sup>2</sup> /2b mg/kg	k <sub>1</sub> 2b/a	R <sup>2</sup>	P
<b>P1</b>	31,85	15,93						
<b>(0-37)</b>	33,98	8,50						
	36,06	5,15						
	40,28	4,03						
	46,74	3,34						
	52,36	2,91						
	61,79	2,57						
	<b>71,35</b>	<b>2,38</b>	<b>10,3329</b>	<b>-0,34728</b>	<b>153,720</b>	<b>0,067</b>	<b>54,78</b>	<b>0,03576</b>
<b>P2</b>	16,96	8,48						
<b>(0-40)</b>	20,75	5,19						
	26,81	3,83						
	36,79	3,68						
	48,49	3,46						
	57,35	3,19						
	74,22	3,09						
	<b>89,64</b>	<b>2,99</b>	<b>6,0619</b>	<b>-0,13381</b>	<b>137,309</b>	<b>0,044</b>	<b>50,81</b>	<b>0,04719</b>
<b>P10</b>	16,88	8,44						
<b>(0-35)</b>	24,44	6,11						
	40,97	5,85						
	57,25	5,73						
	76,28	5,45						
	95,36	5,30						
	119,56	4,98						
	<b>142,44</b>	<b>4,75</b>	<b>7,0642</b>	<b>-0,09086</b>	<b>274,622</b>	<b>0,026</b>	<b>60,90</b>	<b>0,02230</b>
<b>P11</b>	20,53	10,27						
<b>(0-28)</b>	32,02	8,01						
	44,84	6,41						
	57,98	5,80						
	73,01	5,22						
	88,56	4,92						
	109,20	4,55						
	<b>130,05</b>	<b>4,33</b>	<b>8,5612</b>	<b>-0,17413</b>	<b>210,463</b>	<b>0,041</b>	<b>71,42</b>	<b>0,00824</b>

**Πίνακας 17. Ανοργανοποίηση Αζώτου σε συνθήκες εργαστηρίου παρουσία φυτικών υπολλειμάτων καλαμποκιού σε οργανικά εδάφη.**

(Θερμ. 35°C , η  $k_1$  εκφράζει τη σταθερά ορυκτοποίησης )

t1=2 εβδομ., t2=4 εβδομ., t3=7 εβδομ., t4=10 εβδομ., t5=14 εβδομ., t6=18 εβδομ., t7=24 εβδομ., t8=30 εβδομ

Εδαφοτομές	Nt	y	a	b	No	$k_1$	$R^2$	P
	mg/kg	Nt/t	$N_0k_1$	$N_0k_1^2/2$	$a^2/2b$ mg/kg	2b/a		
<b>P3</b>	12,45	6,22						
<b>(0-30)</b>	15,39	3,85						
	22,49	3,21						
<b>(καλαμπόκι)</b>	31,36	3,14						
	40,64	2,90						
	50,73	2,82						
	62,83	2,62						
	<b>77,61</b>	<b>2,59</b>	<b>4,6010</b>	<b>-0,08612</b>	<b>121,98</b>	<b>0,038</b>	<b>50,65</b>	<b>0,04771</b>
<b>P4</b>	24,77	12,39						
<b>(0-42)</b>	31,93	7,98						
	43,98	6,28						
<b>(καλαμπόκι)</b>	58,28	5,83						
	76,14	5,37						
	92,51	5,14						
	108,13	4,51						
	<b>122,71</b>	<b>4,09</b>	<b>9,3609</b>	<b>-0,21974</b>	<b>204,99</b>	<b>0,046</b>	<b>61,80</b>	<b>0,02069</b>
<b>P5</b>	41,24	20,62						
<b>(0-30)</b>	53,88	13,47						
	72,45	10,35						
<b>(καλαμπόκι)</b>	91,26	9,13						
	114,83	8,20						
	138,13	7,67						
	168,25	7,01						
	<b>191,31</b>	<b>6,38</b>	<b>15,5079</b>	<b>-0,37829</b>	<b>317,87</b>	<b>0,049</b>	<b>62,60</b>	<b>0,01934</b>
<b>P6</b>	28,92	14,46						
<b>(0-31)</b>	34,99	8,74						
	42,04	6,01						
<b>(καλαμπόκι)</b>	50,56	5,06						
	60,61	4,33						
	75,59	4,20						
	93,80	3,91						
	<b>111,60</b>	<b>3,72</b>	<b>10,0894</b>	<b>-0,27784</b>	<b>183,19</b>	<b>0,055</b>	<b>55,35</b>	<b>0,03431</b>
<b>P7</b>	25,37	12,68						
<b>(0-30)</b>	33,60	8,40						
	55,75	7,96						

(καλαμπόκι)	77,06	7,71							
	107,33	7,67							
	128,72	7,15							
	154,61	6,44							
	<b>184,84</b>	<b>6,16</b>	<b>10,1675</b>	<b>-0,15752</b>	<b>328,14</b>	<b>0,031</b>	<b>58,59</b>	<b>0,02686</b>	
<b>P8</b>	28,04	14,02							
<b>(0-38)</b>	32,06	8,02							
	46,20	6,60							
(καλαμπόκι)	62,29	6,23							
	79,02	5,64							
	98,76	5,49							
	119,30	4,97							
	<b>143,55</b>	<b>4,78</b>	<b>9,9851</b>	<b>-0,22138</b>	<b>225,18</b>	<b>0,044</b>	<b>51,87</b>	<b>0,04392</b>	
<b>P9</b>	40,80	20,40							
<b>(0-44)</b>	52,51	13,13							
	66,99	9,58							
(καλαμπόκι)	81,66	8,17							
	97,78	6,98							
	117,69	6,54							
	142,36	5,93							
	<b>169,05</b>	<b>5,64</b>	<b>14,9873</b>	<b>-0,39934</b>	<b>281,24</b>	<b>0,053</b>	<b>61,43</b>	<b>0,02136</b>	
<b>P12</b>	24,94	12,47							
<b>(0-43)</b>	34,63	8,66							
	44,19	6,31							
(καλαμπόκι)	55,95	5,59							
	70,59	5,04							
	99,33	5,52							
	118,04	4,92							
	<b>131,17</b>	<b>4,37</b>	<b>9,4505</b>	<b>-0,20848</b>	<b>214,20</b>	<b>0,044</b>	<b>57,72</b>	<b>0,02874</b>	
<b>P13</b>	11,70	5,85							
<b>(0-30)</b>	16,88	4,17							
	24,79	3,54							
(καλαμπόκι)	33,17	3,32							
	45,84	3,27							
	58,08	3,23							
	71,00	2,96							
	<b>84,60</b>	<b>2,82</b>	<b>4,6748</b>	<b>-0,07558</b>	<b>144,57</b>	<b>0,032</b>	<b>57,82</b>	<b>0,02851</b>	
<b>P14</b>	17,56	8,78							
<b>(0-29)</b>	22,53	5,63							
	28,05	4,01							
(καλαμπόκι)	36,92	3,69							
	47,18	3,37							
	58,57	3,25							
	70,11	2,92							
	<b>87,37</b>	<b>2,91</b>	<b>6,3796</b>	<b>-0,15116</b>	<b>134,62</b>	<b>0,047</b>	<b>55,29</b>	<b>0,03446</b>	

<b>P15</b>	24,48	12,24						
<b>(0-35)</b>	31,62	7,91						
	37,80	5,40						
<b>(καλαμπόκι)</b>	46,47	4,65						
	57,86	4,13						
	67,30	3,74						
	88,62	3,69						
	<b>109,65</b>	<b>3,66</b>	<b>8,7823</b>	<b>-0,22788</b>	<b>169,24</b>	<b>0,052</b>	<b>55,73</b>	<b>0,03337</b>
<b>P16</b>	22,98	11,49						
<b>(0-35)</b>	32,87	8,22						
	50,35	7,19						
<b>(καλαμπόκι)</b>	70,98	7,10						
	96,09	6,86						
	113,55	6,31						
	139,23	5,80						
	<b>166,46</b>	<b>5,55</b>	<b>9,4157</b>	<b>-0,15418</b>	<b>287,50</b>	<b>0,033</b>	<b>64,81</b>	<b>0,01593</b>
<b>P17</b>	29,64	14,82						
<b>(0-30)</b>	42,07	10,52						
	62,75	8,96						
<b>(καλαμπόκι)</b>	84,19	8,42						
	107,69	7,69						
	127,81	7,10						
	156,46	6,52						
	<b>182,37</b>	<b>6,08</b>	<b>12,0157</b>	<b>-0,23867</b>	<b>302,46</b>	<b>0,040</b>	<b>69,06</b>	<b>0,01058</b>

**Πίνακας 18. Ανοργανοποίηση Αζώτου σε συνθήκες εργαστηρίου παρουσία φυτικών υπολλειμάτων καλαμποκιού σε ανόργανα εδάφη.**

(Θερμ. 35°C , η  $k_1$  εκφράζει τη σταθερά ορυκτοποίησης )

t1=2 εβδομ., t2=4 εβδομ., t3=7 εβδομ., t4=10 εβδομ., t5=14 εβδομ., t6=18 εβδομ., t7=24 εβδομ., t8=30 εβδομ

Εδαφοτομές	Nt mg/kg	y Nt/t	a Nok <sub>1</sub>	b N <sub>0</sub> k <sub>1</sub> <sup>2</sup> /2	No a <sup>2</sup> /2b mg/kg	k <sub>1</sub> 2b/a	R <sup>2</sup>	P
<b>P1</b>	4,84	2,42						
<b>(0-37)</b>	6,42	1,61						
	7,83	1,12						
	10,56	1,06						
	11,94	0,85						
	14,12	0,78						
	15,79	0,66						
	<b>19,77</b>	<b>0,66</b>	<b>1,8165</b>	<b>-0,04928</b>	<b>33,48</b>	<b>0,054</b>	<b>65,00</b>	<b>0,01565</b>
<b>P2</b>	11,73	5,87						
<b>(0-40)</b>	13,12	3,28						
	15,33	2,19						
	19,02	1,90						
	21,64	1,55						
	23,69	1,32						
	25,22	1,05						
	<b>30,83</b>	<b>1,03</b>	<b>4,0191</b>	<b>-0,12810</b>	<b>63,05</b>	<b>0,064</b>	<b>60,07</b>	<b>0,02387</b>
<b>P10</b>	8,81	4,41						
<b>(0-35)</b>	12,33	3,08						
	16,44	2,35						
	20,70	2,07						
	27,52	1,97						
	34,92	1,94						
	45,96	1,91						
	<b>57,30</b>	<b>1,91</b>	<b>3,3301</b>	<b>-0,06423</b>	<b>86,33</b>	<b>0,039</b>	<b>51,30</b>	<b>0,04565</b>
<b>P11</b>	8,19	4,10						
<b>(0-28)</b>	11,91	2,98						
	17,66	2,52						
	24,95	2,50						
	34,75	2,48						
	43,58	2,42						
	52,96	2,21						
	<b>62,60</b>	<b>2,09</b>	<b>3,3325</b>	<b>-0,04917</b>	<b>112,92</b>	<b>0,030</b>	<b>57,92</b>	<b>0,02829</b>

**Πίνακας 19. Ανοργανοποίηση Αζώτου σε συνθήκες εργαστηρίου παρουσία φυτικών υπολλειμάτων σιτηρών σε οργανικά εδάφη.**

(Θερμ. 35°C , η  $k_1$  εκφράζει τη σταθερά ανοργανοποίησης )

t1=2 εβδομ., t2=4 εβδομ, t3=7 εβδομ, t4=10 εβδομ, t5=14 εβδομ, t6=18 εβδομ, t7=24 εβδομ, t8=30 εβδομ

Εδαφοτομές	Nt mg/kg	y Nt/t	a Nok <sub>1</sub>	b N <sub>0</sub> k <sub>1</sub> <sup>2</sup> /2	No a <sup>2</sup> /2b mg/kg	k <sub>1</sub> 2b/a	R <sup>2</sup>	P
<b>P3</b>	10,88	5,44						
<b>(0-30)</b>	16,18	4,05						
	25,05	3,58						
	34,84	3,48						
	47,59	3,40						
	59,77	3,32						
	77,42	3,23						
	<b>95,79</b>	<b>3,19</b>	<b>4,4529</b>	<b>-0,05443</b>	<b>182,14</b>	<b>0,024</b>	<b>51,29</b>	<b>0,04569</b>
<b>P4</b>	23,67	11,84						
<b>(0-42)</b>	29,26	7,32						
	40,16	5,74						
	55,91	5,59						
	77,79	5,56						
	94,97	5,28						
	117,41	4,89						
	<b>131,67</b>	<b>4,39</b>	<b>8,7027</b>	<b>-0,17442</b>	<b>217,11</b>	<b>0,040</b>	<b>52,01</b>	<b>0,04350</b>
<b>P5</b>	38,97	19,48						
<b>(0-30)</b>	48,29	12,07						
	62,43	8,92						
	85,42	8,50						
	114,55	8,18						
	137,90	7,66						
	171,93	7,16						
	<b>201,16</b>	<b>6,71</b>	<b>14,0795</b>	<b>-0,31152</b>	<b>318,17</b>	<b>0,043</b>	<b>52,77</b>	<b>0,04126</b>
<b>P6</b>	29,12	14,56						
<b>(0-31)</b>	35,90	8,82						
	41,30	5,90						
	48,87	4,89						
	60,17	4,30						
	75,72	4,21						
	96,68	4,03						
	<b>120,29</b>	<b>4,01</b>	<b>10,0166</b>	<b>-0,26984</b>	<b>185,91</b>	<b>0,054</b>	<b>51,85</b>	<b>0,04397</b>
<b>P7</b>	18,02	9,01						
<b>(0-30)</b>	30,73	7,68						
	46,67	6,67						
	65,04	6,50						

	89,84	6,42						
	115,84	6,44						
	150,17	6,26						
	<b>188,31</b>	<b>6,28</b>	<b>7,8704</b>	<b>-0,07067</b>	<b>438,25</b>	<b>0,018</b>	<b>52,17</b>	<b>0,04302</b>
<b>P8</b>	21,78	10,89						
<b>(0-38)</b>	34,10	8,52						
	48,23	6,89						
	64,18	6,42						
	79,64	5,69						
	97,59	5,42						
	128,27	5,34						
	<b>156,83</b>	<b>5,23</b>	<b>9,0171</b>	<b>-0,16272</b>	<b>249,84</b>	<b>0,036</b>	<b>65,29</b>	<b>0,01524</b>
<b>P9</b>	37,83	18,92						
<b>(0-44)</b>	45,47	11,37						
	57,70	8,24						
	74,34	7,43						
	101,53	7,25						
	123,69	6,87						
	154,39	6,43						
	<b>180,55</b>	<b>6,02</b>	<b>13,3317</b>	<b>-0,31306</b>	<b>283,87</b>	<b>0,047</b>	<b>51,21</b>	<b>0,04593</b>
<b>P12</b>	32,33	16,17						
<b>(0-43)</b>	46,30	11,58						
	61,47	8,78						
	76,70	7,67						
	91,82	6,56						
	117,87	6,55						
	137,47	5,73						
	<b>153,30</b>	<b>5,11</b>	<b>12,7506</b>	<b>-0,31059</b>	<b>261,72</b>	<b>0,049</b>	<b>68,45</b>	<b>0,11250</b>
<b>P13</b>	11,65	5,83						
<b>(0-30)</b>	18,52	4,63						
	27,13	3,88						
	37,57	3,76						
	48,77	3,48						
	59,64	3,31						
	72,19	3,01						
	<b>88,01</b>	<b>2,93</b>	<b>4,9896</b>	<b>-0,08337</b>	<b>149,32</b>	<b>0,033</b>	<b>72,49</b>	<b>0,00731</b>
<b>P14</b>	18,02	9,01						
<b>(0-29)</b>	23,07	5,77						
	29,49	4,21						
	36,09	3,61						
	45,31	3,24						
	55,50	3,08						
	73,36	3,06						
	<b>90,21</b>	<b>3,01</b>	<b>6,4886</b>	<b>-0,15522</b>	<b>135,62</b>	<b>0,048</b>	<b>53,53</b>	<b>0,03911</b>
<b>P15</b>	27,54	13,77						
<b>(0-35)</b>	32,89	8,22						

	38,90	5,56						
	48,36	4,84						
	63,89	4,56						
	76,44	4,25						
	96,25	4,01						
	<b>117,76</b>	<b>3,93</b>	<b>9,4955</b>	<b>-0,24609</b>	<b>183,19</b>	<b>0,052</b>	<b>51,43</b>	<b>0,04525</b>
<b>P16</b>	18,04	9,02						
<b>(0-35)</b>	30,28	7,57						
	46,60	6,66						
	65,02	6,50						
	84,15	6,01						
	114,42	6,36						
	148,08	6,17						
	<b>175,97</b>	<b>5,87</b>	<b>7,8760</b>	<b>-0,08118</b>	<b>382,08</b>	<b>0,021</b>	<b>58,16</b>	<b>0,02777</b>
<b>P17</b>	23,94	11,97						
<b>(0-30)</b>	34,36	8,59						
	56,47	8,07						
	78,88	7,89						
	107,19	7,66						
	129,62	7,20						
	163,04	6,79						
	<b>192,02</b>	<b>6,40</b>	<b>9,9606</b>	<b>-0,13867</b>	<b>357,74</b>	<b>0,028</b>	<b>62,65</b>	<b>0,01925</b>



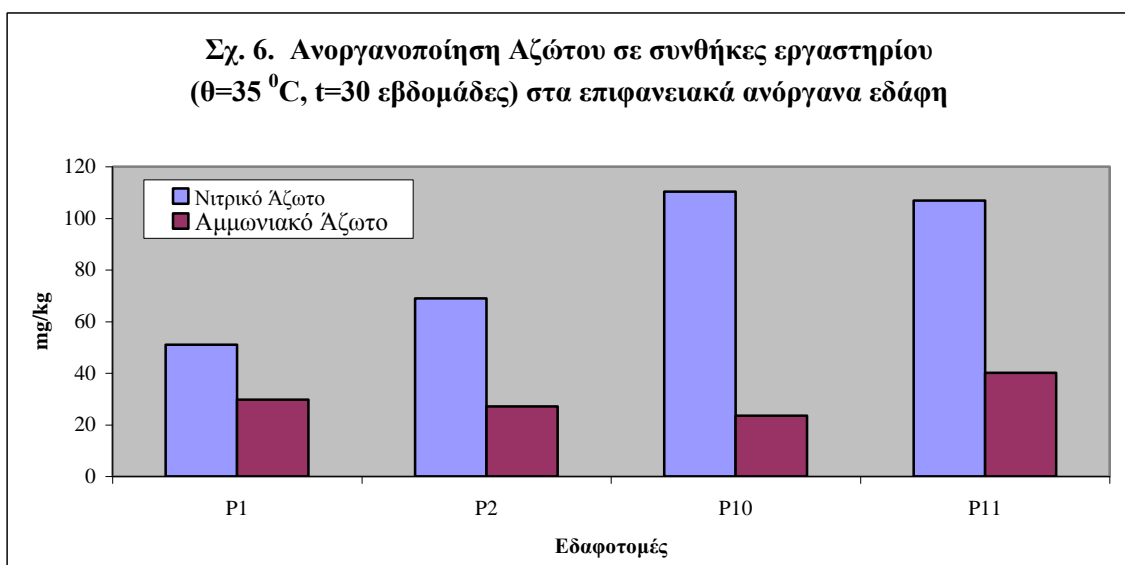
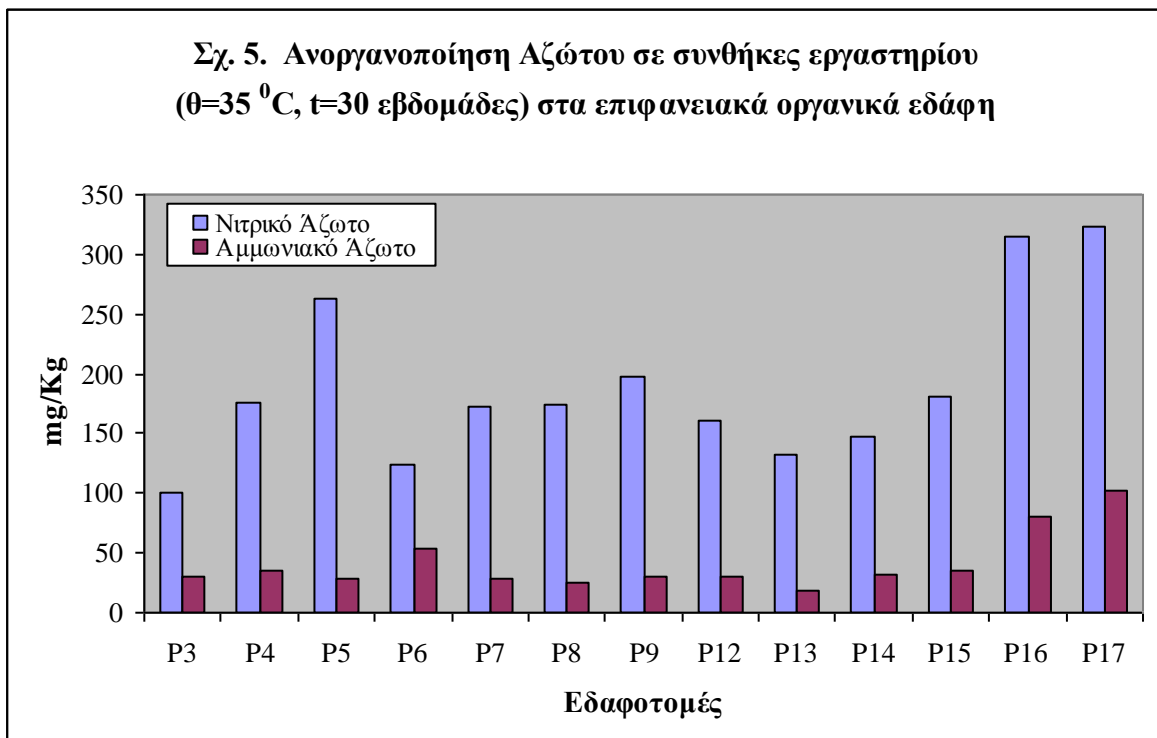
**Πίνακας 20. Ανοργανοποίηση Αζώτου σε συνθήκες εργαστηρίου παρουσία φυτικών υπολλειμάτων σιταριού σε ανόργανα εδάφη.**

(Θερμ. 35°C , η  $k_1$  εκφράζει τη σταθερά ανοργανοποίησης )

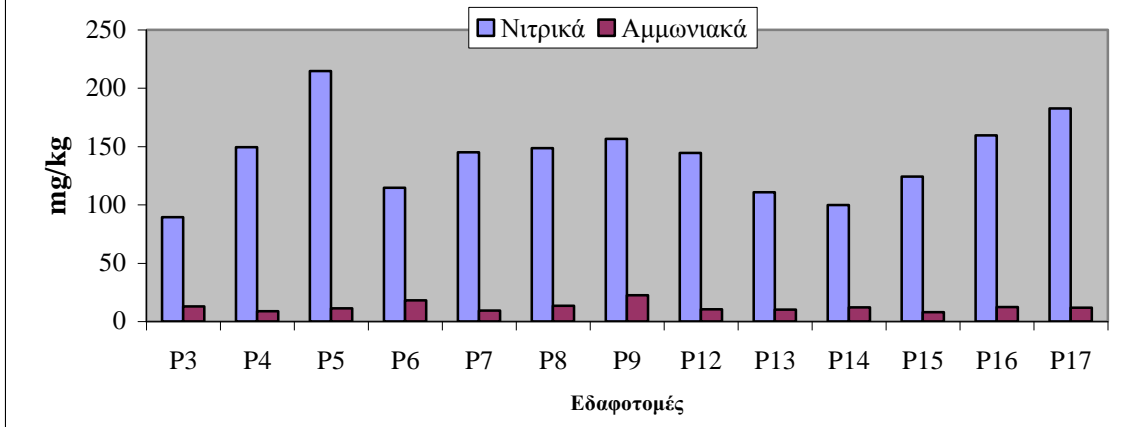
t1=2 εβδομ., t2=4 εβδομ., t3=7 εβδομ., t4=10 εβδομ., t5=14 εβδομ., t6=18 εβδομ., t7=24 εβδομ., t8=30 εβδομ

Εδαφοτομές	Nt mg/kg	y Nt/t	a Nok <sub>1</sub>	b N <sub>0</sub> k <sub>1</sub> <sup>2</sup> /2	No a <sup>2</sup> /2b mg/kg	k <sub>1</sub> 2b/a	R <sup>2</sup>	P
<b>P1</b>	6,38	3,19						
<b>(0-37)</b>	7,93	1,98						
	9,62	1,37						
	12,77	1,28						
	14,14	1,01						
	16,03	0,89						
	17,56	0,73						
	<b>20,87</b>	<b>0,70</b>	<b>2,3266</b>	<b>-0,06847</b>	<b>39,53</b>	<b>0,059</b>	<b>64,95</b>	<b>0,01571</b>
<b>P2</b>	13,04	6,52						
<b>(0-40)</b>	14,31	3,58						
	16,13	2,30						
	19,96	2,00						
	23,46	1,68						
	27,63	1,53						
	34,81	1,45						
	<b>44,07</b>	<b>1,44</b>	<b>4,3019</b>	<b>-0,12766</b>	<b>72,48</b>	<b>0,059</b>	<b>51,71</b>	<b>0,04438</b>
<b>P10</b>	10,50	5,25						
<b>(0-35)</b>	13,76	3,44						
	19,72	2,82						
	27,04	2,70						
	37,11	2,65						
	46,44	2,58						
	61,64	2,57						
	<b>78,76</b>	<b>2,63</b>	<b>3,8936</b>	<b>-0,05972</b>	<b>126,94</b>	<b>0,031</b>	<b>52,55</b>	<b>0,04189</b>
<b>P11</b>	7,52	3,76						
<b>(0-28)</b>	11,66	2,92						
	16,30	2,33						
	22,83	2,28						
	30,69	2,19						
	38,86	2,16						
	51,07	2,13						
	<b>63,55</b>	<b>2,12</b>	<b>3,0560</b>	<b>-0,04182</b>	<b>114,67</b>	<b>0,027</b>	<b>50,97</b>	<b>0,04670</b>

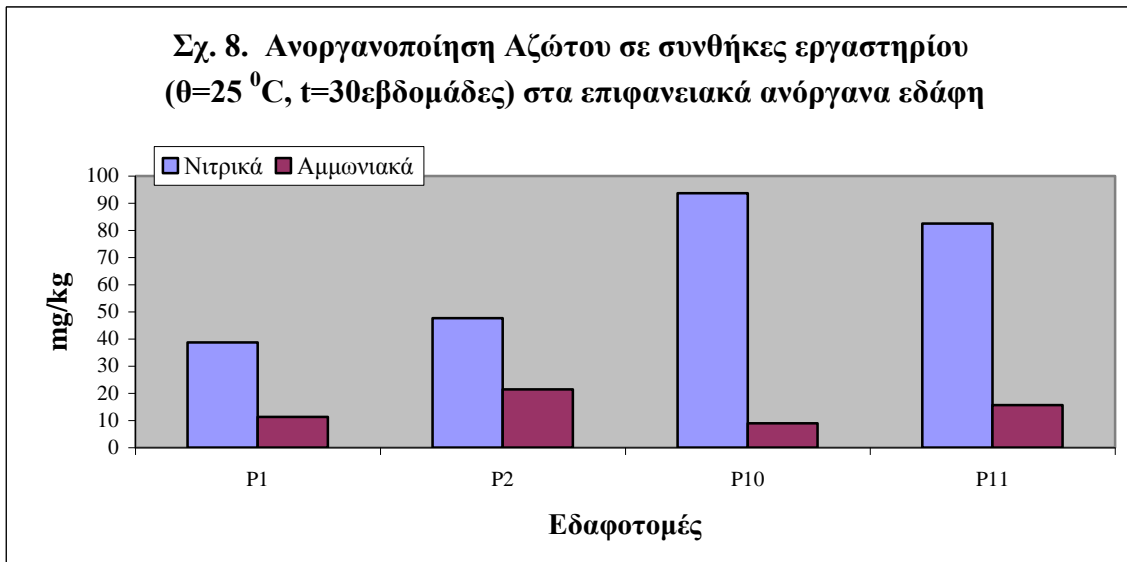
Από τους (Πίν.9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20 ) παρατηρείται ότι η ανοργανοποίηση συνεχίζεται μέχρι και την τελευταία εβδομάδα της επώασης. Αυτή είναι μεγαλύτερη τις πρώτες εβδομάδες, αλλά ο ρυθμός της μειώνεται σημαντικά, ειδικά τις τελευταίες εβδομάδες της επώασης. Πιθανόν, μεγαλύτερες από τις αναμενόμενες τιμές ανοργανοποίησης σε ορισμένα δείγματα να οφείλονται στην προέλευσή τους, δηλαδή ελήφθησαν από θέσεις οι οποίες σε προγενέστερη περίοδο είχαν υποστεί την επίπτωση της πυρκαγιάς, σχήμα 5. Σε αυτές τις τοποθεσίες το οργανικό υλικό που παρέμεινε στο έδαφος είχε ήδη υποστεί μια επίδραση και μπορούσε ευκολότερα να αποσυντεθεί (Charoulis et al., 2005).



**Σχ. 7. Ανοργανοποίηση Αζώτου σε συνθήκες εργαστηρίου (θ=25 °C, t=30εβδομάδες) στα επιφανειακά οργανικά εδάφη**



**Σχ. 8. Ανοργανοποίηση Αζώτου σε συνθήκες εργαστηρίου (θ=25 °C, t=30εβδομάδες) στα επιφανειακά ανόργανα εδάφη**



**Πίν. 21** Νιτροποίηση εδαφικού αζώτου ( $N_t$ ) σε πειράματα επώασης ( $t=30$  εβδομάδες)

	<b>ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ <math>\Theta = 25\text{ }^{\circ}\text{C}</math> (MG/KG)</b>	<b>ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ <math>\Theta = 25\text{ }^{\circ}\text{C}</math> (MG/KG)</b>	<b>ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ <math>\Theta = 35\text{ }^{\circ}\text{C}</math> (MG/KG)</b>	<b>ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ <math>\Theta = 35\text{ }^{\circ}\text{C}</math> (MG/KG)</b>
<b>Ανόργανα εδάφη</b>	93.65	38.67	110.38	51.04
<b>Οργανικά εδάφη</b>	214.61	89.40	322.91	101.04

**Πίν. 22** Αμμωνιοποίηση εδαφικού αζώτου ( $N_t$ ) σε πειράματα επώασης ( $t=30$  εβδομάδες)

	<b>ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ <math>\Theta = 25\text{ }^{\circ}\text{C}</math> (MG/KG)</b>	<b>ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ <math>\Theta = 25\text{ }^{\circ}\text{C}</math> (MG/KG)</b>	<b>ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ <math>\Theta = 35\text{ }^{\circ}\text{C}</math> (MG/KG)</b>	<b>ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ <math>\Theta = 35\text{ }^{\circ}\text{C}</math> (MG/KG)</b>
<b>Ανόργανα εδάφη</b>	21.36	8.97	40.12	23.49
<b>Οργανικά εδάφη</b>	22.35	7.87	102.93	19.07

**Πίν. 23** Τιμές ανοργανοποίησης αζώτου ( $N_t$ ) καλλιεργειών, σε πειράματα επώασης ( $t=30$  εβδομάδες)

<b>ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ</b>	<b>ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ <math>\Theta = 35\text{ }^{\circ}\text{C}</math> (MG/KG)</b>	<b>ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ <math>\Theta = 35\text{ }^{\circ}\text{C}</math> (MG/KG)</b>	<b>ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ <math>\Theta = 35\text{ }^{\circ}\text{C}</math> (MG/KG)</b>	<b>ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ <math>\Theta = 35\text{ }^{\circ}\text{C}</math> (MG/KG)</b>
	<b>Ανόργανα εδάφη</b>	<b>Ανόργανα εδάφη</b>	<b>Οργανικά εδάφη</b>	<b>Οργανικά εδάφη</b>
<b>Καλαμπόκι</b>	62.6	19.77	191.31	77.61
<b>τομάτα</b>	142.44	71.35	447.15	148.48
<b>ζαχαρότευτλα</b>	169.63	91.12	585.75	164.87
<b>σιτάρι</b>	78.76	20.87	201.16	88.01

**Πίν. 24 Υπολογισμός δυναμικών ανοργανοποίησης αζώτου (N<sub>o</sub>) καλλιεργειών, σε πειράματα επώασης (t=30 εβδομάδες, θ= 35 °C)**

ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (MG/KG)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (MG/KG)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (MG/KG)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (MG/KG)
	Ανόργανα εδάφη	Ανόργανα εδάφη	Οργανικά εδάφη	Οργανικά εδάφη
καλαμπόκι	112.92	33.48	328.14	121.98
τομάτα	274.62	137.31	1113.91	278.55
ζαχαρότευτλα	409.61	199.91	1464.67	311.18
σιτάρι	126.94	39.53	438.25	135.62

Επίσης, παρατηρήθηκε ότι ανοργανοποιήθηκε ένα μικρό ποσοστό του οργανικού εδαφικού αζώτου το οποίο κυμάνθηκε από 1.24-2.78% στα ανόργανα εδάφη και μεταξύ 0.88-1.24% στα οργανικά ( Πίν.25 ). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ποσότητα του αζώτου που ανοργανοποιήθηκε ήταν μεγαλύτερη στα οργανικά εδάφη (Πίν.23). Πάντως και στις δύο κατηγορίες εδαφών (οργανικά και ανόργανα), το ποσοστό ανοργανοποίησης του αζώτου ήταν αυξημένο στα πειράματα με θερμοκρασία 35 °C.

Γενικά, οι τιμές ανοργανοποίησης δεν οφείλονται μόνον στην προέλευση και την κατάσταση αποσύνθεσης της οργανικής ύλης, αλλά πρέπει σε ένα βαθμό να επιδρούν και το ιστορικό της διαχείρισης κάθε αγρού (π.χ. είδος καλλιέργειας, μέθοδος άρδευσης, λιπάνσεις, ποιότητα νερού άρδευσης κ.λ.π.).

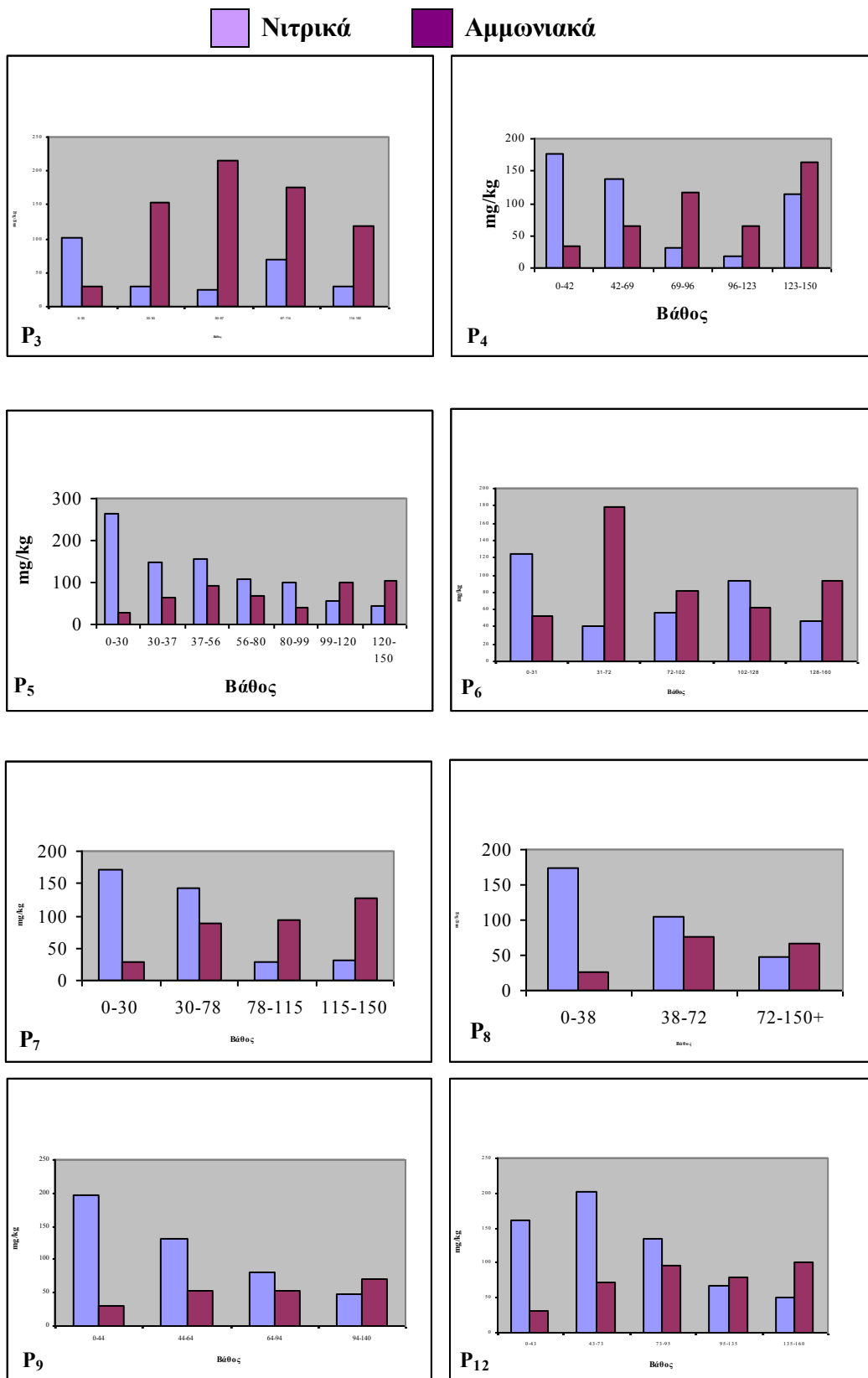
**Πίν. 25 Ποσοστό (%) ανοργανοποίησης ολικού εδαφικού αζώτου στα επιφανειακά εδάφη (t=30 εβδομάδες)**

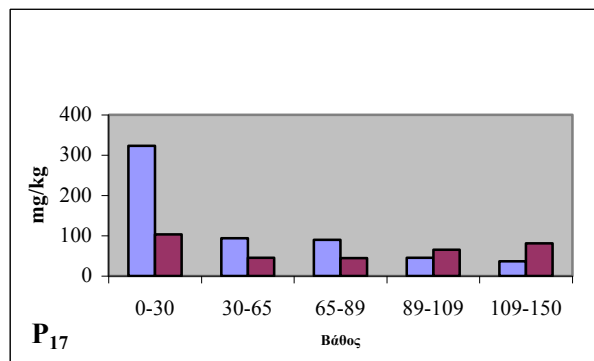
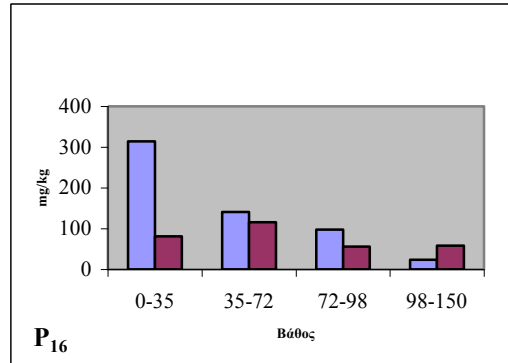
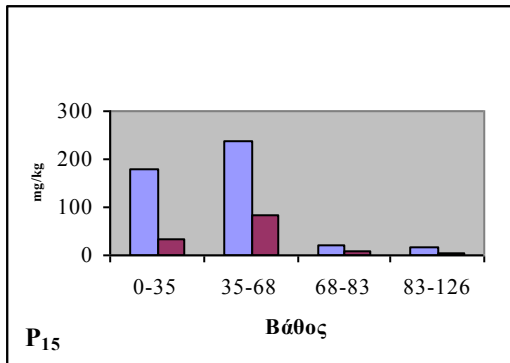
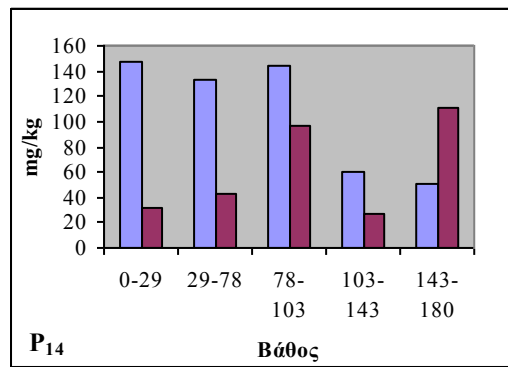
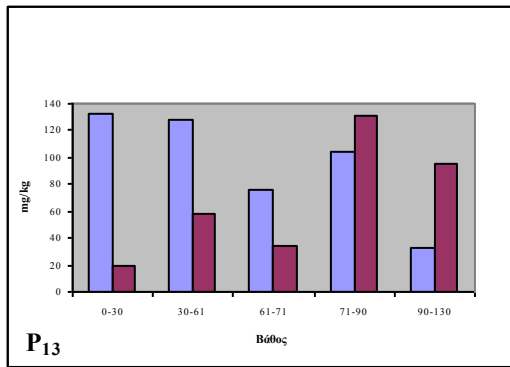
	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ
Ανόργανα εδάφη	2.78	1.24	4.49	1.61
Οργανικά εδάφη	1.83	0.88	2.34	1.17

**Πίν. 26 Ποσοστό (%) ανοργανοποίησης ολικού αζώτου φυτικών υπολειμμάτων (t=30 εβδομάδες, θ=35 °C)**

<b>ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ</b>	<b>ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ</b>	<b>ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ</b>	<b>ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ</b>	<b>ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ</b>
	<b>Ανόργανα εδάφη</b>	<b>Ανόργανα εδάφη</b>	<b>Οργανικά εδάφη</b>	<b>Οργανικά εδάφη</b>
<b>καλαμπόκι</b>	2.30	0.88	1.51	0.74
<b>τομάτα</b>	3.96	1.72	2.46	1.22
<b>ζαχαρότευτλα</b>	5.06	2.16	3.22	1.29
<b>σιτάρι</b>	1.26	0.88	1.61	0.80

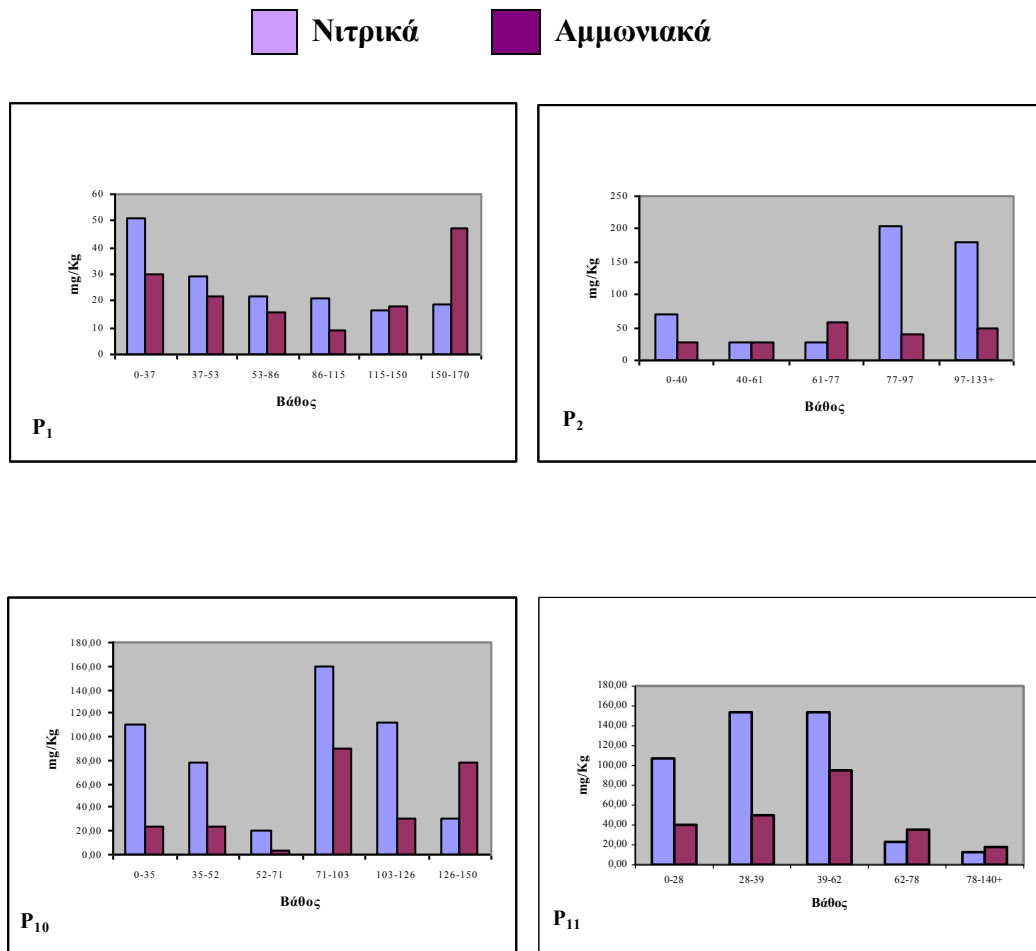
**Σχήμα 9. Ανοργανοποίηση αζώτου των επιφανειακών και υποεπιφανειακών εδαφικών οριζόντων στα οργανικά εδάφη ( $\theta=35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $t=30$  εβδομάδες)**



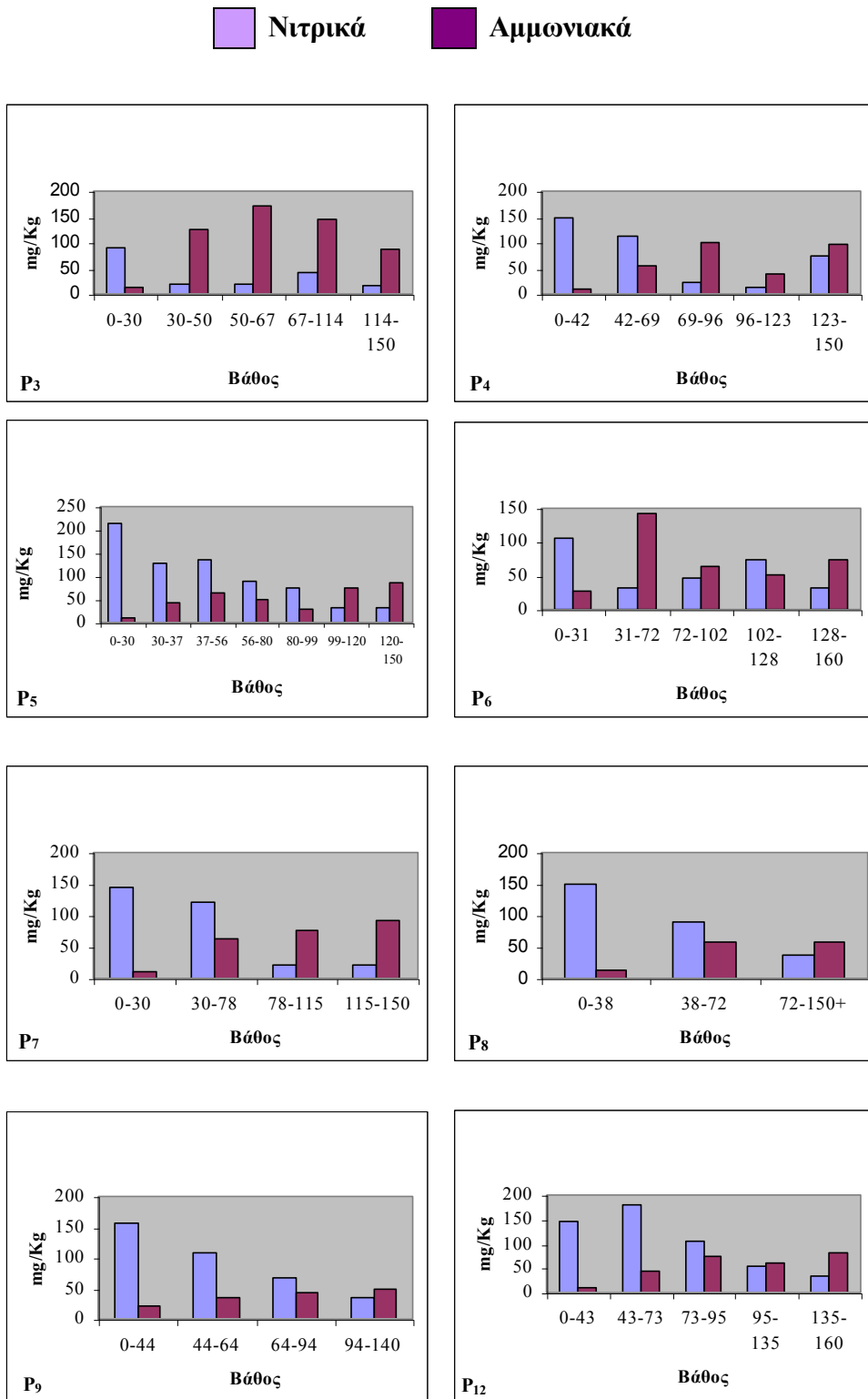


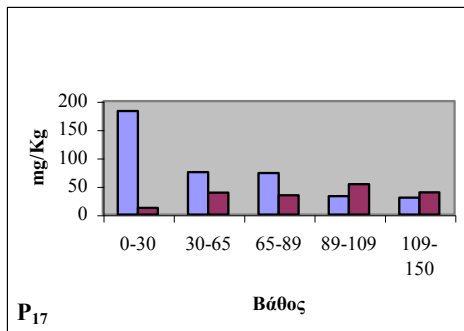
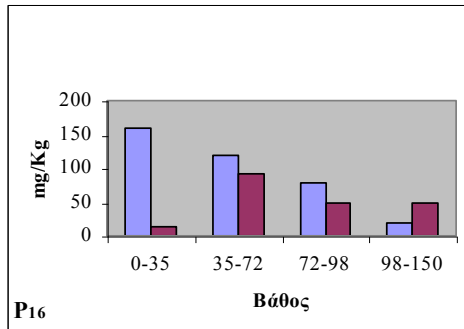
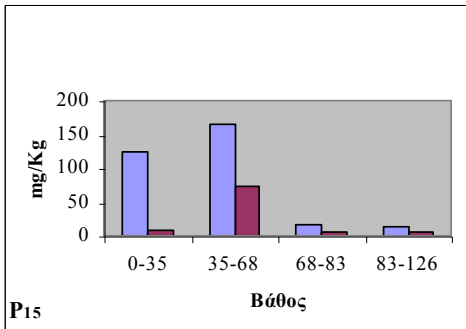
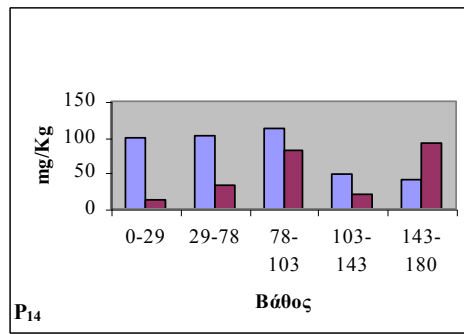
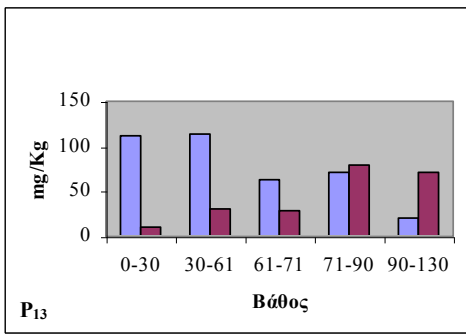


**Σχήμα 10. Ανοργανοποίηση αζώτου των επιφανειακών και υποεπιφανειακών εδαφικών οριζόντων στα ανόργανα εδάφη ( $\theta=35^{\circ}\text{C}$ ,  $t=30$  εβδομάδες)**

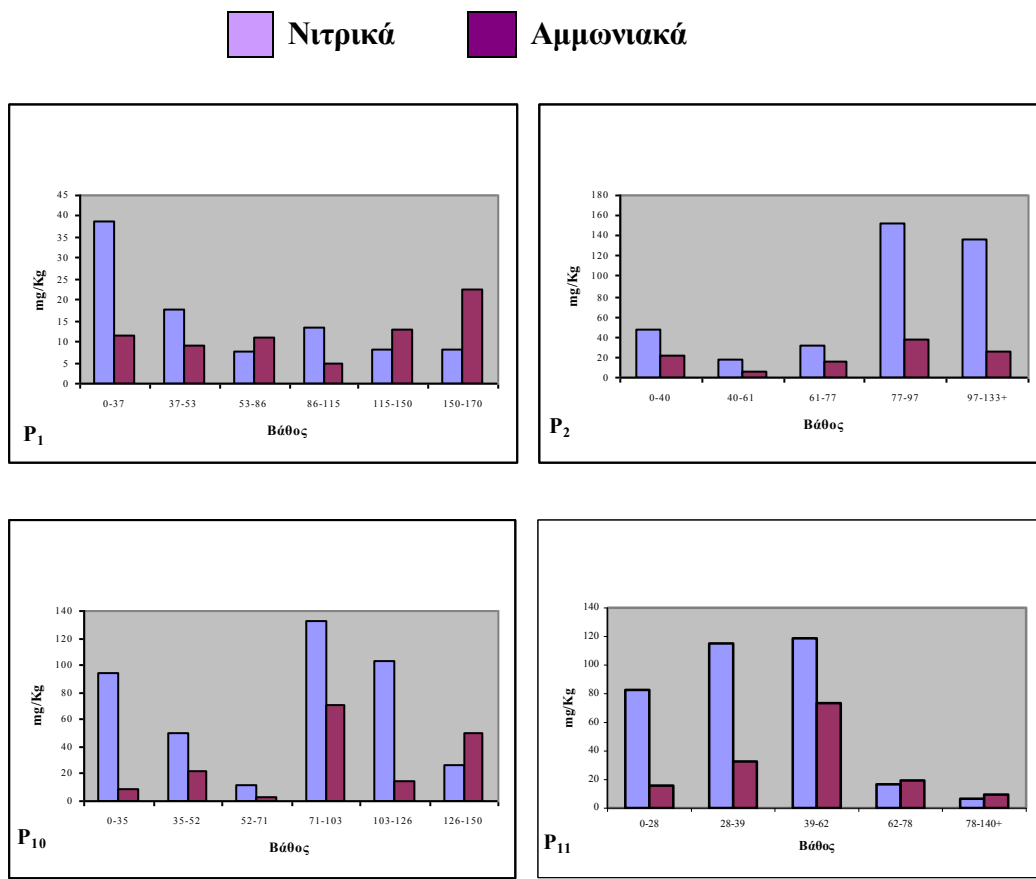


**Σχήμα 11. Ανοργανοποίηση αζώτου των επιφανειακών και υποεπιφανειακών εδαφικών οριζόντων στα οργανικά εδάφη ( $\theta=25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $t=30$  εβδομάδες)**





**Σχήμα 12. Ανοργανοποίηση αζώτου των επιφανειακών και υποεπιφανειακών εδαφικών οριζόντων στα ανόργανα εδάφη ( $\theta=25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $t=30$  εβδομάδες)**



Οι τιμές της σταθεράς ανοργανοποίησης αζώτου  $k$  των επιφανειακών οριζόντων των εδαφών που μελετήθηκαν διέφεραν (Πίν. 29,30 και Πίν.31,32) του παραρτήματος II και μάλιστα αυξήθηκαν με την αύξηση της θερμοκρασίας. Οι μέγιστες τιμές για τα οργανικά εδάφη ήταν 0.065 και 0.068 (ανά εβδομάδα) για τις αντίστοιχες θερμοκρασίες επώασης. Οι αντίστοιχες για τα ανόργανα εδάφη βρέθηκαν 0.060 και 0.062 (ανά εβδομάδα). Πάντως οι τιμές  $k$  σε αντίστοιχα πειράματα επώασης που έγιναν σε Ελληνικά ανόργανα εδάφη (Karyotis et al., 2001) δεν διέφεραν σημαντικά από τις τιμές  $k$  της παρούσας μελέτης. Οι τιμές  $k$  εξαρτώνται κυρίως από την προέλευση της οργανικής ουσίας των εδαφών και το βαθμό χουμοποίησης των οργανικών υλικών, δεδομένου ότι οι συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας κατά τη διάρκεια της αερόβιας επώασης ήταν ίδιες για όλα τα δείγματα.

Οι σταθερές  $k$  ανοργανοποίησης του αζώτου οι οποίες βρέθηκαν από τις επώσεις στις θερμοκρασίες 25 και 35 °C, συνδέονται στατιστικά με την παρακάτω σχέση:

$$Y_{k25^{\circ}\text{C}} = 0,9632X_{k35^{\circ}\text{C}} + 0,0037, \quad (n=17, R^2 = 0,9288^{***})$$

Μεταξύ των οριζόντων των οργανικών εδαφών παρατηρήθηκαν διαφορές στις τιμές ανοργανοποίησης αζώτου, οι οποίες μπορούν να αποδοθούν στην περιεκτικότητα και το είδος

της οργανικής ουσίας η περιεκτικότητα της οποίας είναι ανεξάρτητη από το βάθος της οργανικής στρώσης (λόγω στρωσιγένειας).

Στα ανόργανα εδάφη υπάρχει μια τάση μείωσης των τιμών της ανοργανοποίησης με το βάθος που υποδηλώνει τη μείωση της οργανικής ουσίας με το βάθος λόγω εδαφικής εξέλιξης. Στις περιπτώσεις όπου παρατηρείται θαμμένη οργανική στρώση, οι τιμές της ανοργανοποίησης βρέθηκαν αυξημένες.

Επίσης, υπολογίστηκε η τιμή  $Q_{10}$ , ( Πίν. 29,30 ) η οποία εκφράζει την μεταβολή της ανοργανοποίησης του αζώτου για μεταβολή της θερμοκρασίας επώασης  $10^{\circ}\text{C}$ .

Οι διαφορές οφείλονται στο είδος και την σταθερότητα της Οργανικής Ουσίας. και όπως αναφέρεται (Del Pino Machado, 2005) αυτή εκφράζεται από τον τύπο:

$$Q_{10}=(k_2/k_1)^{[10(T_2-T_1)]}$$

όπου  $k_1$  και  $k_2$  οι σταθερές ανοργανοποίησης για τις αντίστοιχες θερμοκρασίες επώασης και  $T_1$ ,  $T_2$  οι σταθερές θερμοκρασίες επώασης ( $25$  και  $35^{\circ}\text{C}$ , αντίστοιχα). Να σημειωθεί ότι η εξίσωση ισχύει για θερμοκρασιακό εύρος  $0-40^{\circ}\text{C}$ .

Η ενσωμάτωση φυτικών υπολειμμάτων καλλιεργειών είχε ως αποτέλεσμα τη μεταβολή των σταθερών ανοργανοποίησης  $k$ . Οι διακυμάνσεις των τιμών (ανά εβδομάδα) που υπολογίστηκαν για τα υπολείμματα των καλλιεργειών (Πίν.33,34 )του παραρτήματος II ήταν οι παρακάτω:

- ζαχαρότευτλα στα οργανικά εδάφη 0,0554-0,0683 και στα ανόργανα 0,061-0,067
- τομάτα στα οργανικά εδάφη 0,052-0,068 και στα ανόργανα 0,026-0,067
- καλαμπόκι στα οργανικά εδάφη 0,031- 0,055 και στα ανόργανα 0,030-0,064
- σιτηρά στα οργανικά εδάφη 0,018-0,054 και στα ανόργανα 0,027-0,059

Η ενσωμάτωση φυτικών υπολειμμάτων καλλιεργειών έδειξε ότι αυξήθηκαν οι τιμές του αζώτου το οποίο ανοργανοποιήθηκε, ενώ παρατηρήθηκαν διαφορές στα επίπεδα ανοργανοποίησης μεταξύ των καλλιεργειών. Οι διαφορές οφείλονται στο διαφορετικό βαθμό αποσύνθεσης των υπολειμμάτων σε συνδυασμό με τον εδαφικό τύπο που διεξήχθησαν τα πειράματα. Γενικά, τα φυτικά υπολείμματα σακχαροτεύτλων και τομάτας, φαίνεται ότι περιέχουν περισσότερο άζωτο και διασπώνται ευκολότερα, σε σχέση με την καλαμιά των σιτηρών (Karyotis et al., 2001).

Τα δυναμικά ανοργανοποίησης ( $N_0$ )  $35^{\circ}\text{C}$  των επιφανειακών οριζόντων στα οργανικά εδάφη κυμάνθηκε σε ευρέα όρια δηλαδή από  $254,46$  μέχρι  $1067,04 \text{ mg.kg}^{-1}$ , ( Πίν. 29,30 του παραρτήματος II), ενώ οι αντίστοιχες τιμές για τα ανόργανα εδάφη ήταν χαμηλότερες με μικρότερο εύρος τιμών που κυμάνθηκε μεταξύ  $151,02$  και  $274,69 \text{ mg.kg}^{-1}$ .

Η προσθήκη φυτικών υπολειμμάτων σακχαροτεύτων αύξησε τις τιμές  $N_o$  στα επιφανειακά οργανικά εδάφη οι οποίες κυμάνθηκαν από 311,18 μέχρι 1464,67  $mg.kg^{-1}$ , Πίν. 33 του παραρτήματος II. Οι αντίστοιχες τιμές στα ανόργανα επίσης αυξήθηκαν και κυμάνθηκαν από 199,91-409,61  $mg.kg^{-1}$ , Πίν. 34 του παραρτήματος II.

Μεταβολές των τιμών  $N_o$  βρέθηκαν και στις υπόλοιπες μεταχειρίσεις όπου χρησιμοποιήθηκαν φυτικά υπολείμματα τομάτας, καλαμποκιού και καλαμιάς σιτηρών (Πίν.35,36,37,38,39 και 40 του παραρτήματος II). Στην περίπτωση της προσθήκης καλαμιάς σιτηρών στα οργανικά εδάφη παρατηρήθηκε μείωση των τιμών  $N_o$  οι οποίες κυμάνθηκαν μεταξύ 135,62 και 438,25  $mg.kg^{-1}$ , δηλαδή παρατηρείται ακινητοποίηση (immobilization). Το ίδιο φαινόμενο παρατηρήθηκε και στα ανόργανα εδάφη (Πίν.39,40 ) του παραρτήματος II. Τα ερευνητικά αποτελέσματα (Dendooven and Vlassak,1994) απέδειξαν ότι ακινητοποίηση παρατηρήθηκε σε επώαση φυτικών υπολειμμάτων ζαχαροτεύτων στα πρώτα στάδια της επώασης.

Οι τιμές των δυναμικών ανοργανοποίησης ( $N_o$ ) για την επώαση που πραγματοποιήθηκε στους 25 °C των επιφανειακών οριζόντων στα οργανικά εδάφη κυμάνθηκε σε μικρότερα όρια από 188,22 μέχρι 416,75  $mg.kg^{-1}$  ( Πίν.31,32 ) του παραρτήματος II, ενώ οι αντίστοιχες τιμές για τα ανόργανα εδάφη ήταν σημαντικά χαμηλότερες με εύρος τιμών μεταξύ 95,82 και 190,76  $mg.kg^{-1}$ . Φαίνεται ότι η μεταβολή της θερμοκρασίας επιδρά περισσότερο στα οργανικά εδάφη, δηλαδή η δράση των μικροοργανισμών του εδάφους είναι περισσότερο έντονη.

Από τη στατιστική επεξεργασία βρέθηκε ότι υπάρχει σχέση μεταξύ του αζώτου των επιφανειακών εδαφικών οριζόντων που ανοργανοποιήθηκε στη θερμοκρασία των 25 °C και 35 °C ( $t=30$  εβδομάδες) με τον οργανικό εδαφικό άνθρακα, καθώς και με το ολικό άζωτο. Οι σχέσεις που βρέθηκαν είναι οι:

25 °C:	$Y_{N_{cum}} = 0,099X_{C_{org}} - 2,4027$	(n=17, $R^2 = 0,7635^{**}$ )
35 °C:	$Y_{N_{cum}} = 0,0466X_{C_{org}} + 1,6239$	(n=17, $R^2 = 0,7147^{**}$ )
25 °C:	$Y_{N_{cum}} = 0,0987X_{N_{tot}} - 2,3516$	(n=17, $R^2 = 0,7537^{**}$ )
35 °C:	$Y_{N_{cum}} = 0,0466 X_{N_{tot}} + 1,6239$	(n=17, $R^2 = 0,7147^{**}$ )

Επίσης, βρέθηκαν στατιστικά πολύ σημαντικές σχέσεις μεταξύ των δυναμικών ανοργανοποίησης αζώτου των επιφανειακών εδαφικών οριζόντων που ανοργανοποιήθηκε στη θερμοκρασία των 25 °C και 35 °C και του αζώτου που ορυκτοποιήθηκε στα πειράματα επώασης. Οι σχέσεις αυτές περιγράφονται από τις παρακάτω εξισώσεις:

25 °C	$Y_{N_0} = 0,4851X_{N_{cum}} + 11,008$	(n=17, $R^2 = 0,9378^{***}$ )
35 °C:	$Y_{N_0} = 0,3786X_{N_{cum}} + 43,628$	(n=17, $R^2 = 0,9772^{***}$ )

Παράλληλα, βρέθηκαν ισχυρά στατιστικά σημαντικές σχέσεις μεταξύ των δυναμικών ανοργανοποίησης αζώτου όλων των εδαφικών οριζόντων που ανοργανοποιήθηκε στη θερμοκρασία των 25 °C και 35 °C και του αζώτου που ορυκτοποιήθηκε στα πειράματα επώασης, οι οποίες εκφράζονται από τις εξισώσεις:

$$25\text{ }^{\circ}\text{C:} \quad Y_{\text{N0}} = 0,5155 N_{\text{cum}} + 4,0784 \quad (n=83, \quad R^2 = 0,9821^{***})$$

$$35\text{ }^{\circ}\text{C:} \quad Y_{\text{N0}} = 0,4392 N_{\text{cum}} + 20,755 \quad (n=83, \quad R^2 = 0,9719^{***})$$

Τέλος, οι αντίστοιχες συσχετίσεις μεταξύ των δυναμικών ανοργανοποίησης αζώτου των επιφανειακών εδαφικών οριζόντων όπου έγιναν μεταχειρίσεις με προσθήκη φυτικών υπολειμμάτων και του αζώτου που ορυκτοποιήθηκε στα πειράματα επώασης στη θερμοκρασία των 35 °C, παρουσιάζονται από τις εξισώσεις:

$$\text{Ζαχαρότευτλα:} \quad Y_{\text{N0}} = 0,3889 X_{\text{Ncum}} + 44,547 \quad (n=17, \quad R^2 = 0,9695^{***})$$

$$\text{Τομάτα:} \quad Y_{\text{N0}} = 0,3816 N_{\text{cum}} + 45,633 \quad (n=17, \quad R^2 = 0,98^{***})$$

$$\text{Καλαμπόκι:} \quad Y_{\text{N0}} = 0,4588 N_{\text{cum}} + 37,806 \quad (n=17, \quad R^2 = 0,6262^{***})$$

$$\text{Σιτάρι:} \quad Y_{\text{N0}} = 0,4665 N_{\text{cum}} + 21,977 \quad (n=17, \quad R^2 = 0,8922^{***})$$

Ο λόγος C/N θεωρείται σημαντικός παράγοντας που επιδρά στην ανοργανοποίηση.

Η ακινητοποίηση του εδαφικού αζώτου ευνοείται όταν η τιμή C/N είναι > 20, ενώ παρατηρείται ανοργανοποίηση σε τιμές < 20 (Vigil and Kissel, 1991).

Οι τιμές C/N που παρατηρήθηκαν στα οργανικά εδάφη ήταν 13,5-18,3 και 7,99-11,80 για τα ανόργανα. ( Πίν.31,32 του παραρτήματος II),

Επίσης, υπολογίσθηκαν οι τιμές Q<sub>10</sub>, δηλαδή η μεταβολή της ανοργανοποίησης με αύξηση 10 °C δηλαδή 25 και 35 °C. Βρέθηκε ότι η ελάχιστη τιμή ήταν 1,24 και η μέγιστη 2,3 (M.O. 1.43). (Πίν.29,30 του παραρτήματος II),

Οι τιμές αυτές είναι παραπλήσιες με εκείνες που βρέθηκαν σε αντίστοιχες εργασίες άλλων ερευνητών (Reddy, 1982) αν και οι Stanford et al. (1973) και Mikha et al. (2006), θεωρούν ως κατάλληλη την τιμή Q<sub>10</sub>=2.

Γενικά, οι τιμές της ανοργανοποίησης του αζώτου δίδουν πληροφορίες στους ερευνητές και στο επιστημονικό προσωπικό εφαρμογής της έρευνας, σχετικές με τα επίπεδα αζώτου που θεωρητικά μπορούν να απελευθερωθούν από το δεσμευμένο σε οργανική μορφή εδαφικό άζωτο. Μπορούν να αποτελέσουν ένα χρήσιμο εργαλείο συμβουλευτικής λίπανσης,

ειδικά στις Μεσογειακές ξηροθερμικές συνθήκες, εφόσον εγκατασταθούν πειράματα επώασης στον αγρό και οι τιμές του συσχετισθούν με εκείνες της εργαστηριακής επώασης.

Προκειμένου τα ευαίσθητα εδαφικά συστήματα της περιοχής Τεναγών να διατηρήσουν τις φυσικές και χημικές ιδιότητές τους καθώς και τη σταθερότητα της εδαφικής δομής, προτείνεται η εφαρμογή σχεδίων αμειψισποράς στα οποία πρέπει να συμπεριλαμβάνεται και η μηδική (Karyotis et al. 2005). Σε αυτή την περίπτωση τα εδάφη πρέπει να παραμείνουν αδιατάρακτα για μια περίοδο 4 ετών προκειμένου να αποφευχθεί το φαινόμενο της συνίζησης που οφείλεται κυρίως στην οξείδωση της οργανικής ουσίας.

Για την προστασία και τη συντήρηση της οργανικής ύλης από την ταχεία αποσύνθεση, πρέπει να ληφθούν ειδικά μέτρα προκειμένου να διατηρηθεί η στάθμη του υπόγειου νερού στο κατάλληλο βάθος.

Η άσκοπη ασβέστωση των εδαφών με αυξημένες ποσότητες υλικών ασβεστολιθικής προέλευσης πρέπει να αποφεύγεται επειδή μπορεί να προκληθούν προβλήματα τροφοπενιών.



## Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι τιμές της ανοργανοποίησης αζώτου, τα δυναμικά ανοργανοποίησης καθώς και οι σταθερές ανοργανοποίησης  $k$ , βρέθηκε ότι διέφεραν σημαντικά μεταξύ των εδαφών που μελετήθηκαν.

Το είδος της οργανικής ουσίας, οι καλλιεργητικές πρακτικές και η περιεκτικότητα σε οργανικό εδαφικό άζωτο, φαίνεται ότι συνιστούν τους βασικούς παράγοντες που επιδρούν στη διαδικασία της ανοργανοποίησης.

Τα εδάφη της περιοχής Τεναγών είναι πλούσια σε οργανική ουσία, οι παράγοντες οι οποίοι σχετίζονται με την τοπογραφία, τις υδρολογικές συνθήκες και η ανθρώπινη δραστηριότητα επέδρασαν σημαντικά στις εδαφικές ιδιότητες. Επίσης, τα αρδευτικά και στραγγιστικά έργα σε συνδυασμό με το ανάγλυφο και η μη ορθολογική εφαρμογή των αρδεύσεων είχαν επίπτωση στην οξείδωση της οργανικής εδαφικής ύλης.

Η μεγάλη διακύμανση στις τιμές των εδαφικών ιδιοτήτων οφείλεται σε παραμέτρους που εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την προέλευση, το είδος του υλικού, καθώς και το βαθμό αποσάθρωσης των ανόργανων υλικών και της διάσπασης της οργανικής ουσίας των υλικών του κάθε εδαφικού ορίζοντα ή εδαφικής στρώσης.

Από τη στατιστική επεξεργασία όλων των οριζόντων, τόσο στα οργανικά όσο και στα ανόργανα εδάφη, βρέθηκε στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ Ικανότητας Ανταλλαγής Κατιόντων ως εξηρημένης μεταβλητής και του Οργανικού Άνθρακα ως ανεξάρτητης μεταβλητής

Η περιεκτικότητα των εδαφών σε ολικό άζωτο, είναι σχετικά χαμηλή και η συγκέντρωσή του διαφέρει σημαντικά στα διάφορα βάθη όπως και η περιεκτικότητα του οργανικού άνθρακα.

Βρέθηκαν διάφορες συναρτήσεις του ολικού αζώτου με ορισμένες εδαφικές παραμέτρους για όλους τους ορίζοντες των οργανικών και ανόργανων εδαφών.

Οι τιμές  $Q_{10}$  οι οποίες αφορούν τη μεταβολή της ανοργανοποίησης για κάθε μεταβολή  $10^{\circ}\text{C}$  διέφεραν σημαντικά.

Παρατηρήθηκε ότι το ολικό άζωτο εξαρτάται σημαντικά από τον οργανικό άνθρακα τόσο στα οργανικά όσο και στα ανόργανα εδάφη. Το παραπάνω υποδηλώνει ότι το άζωτο είναι κυρίως δεσμευμένο στην οργανική ύλη των εδαφών.

Η περιεκτικότητα των ανταλλαξιμων κατιόντων ακολουθεί την παρακάτω φθίνουσα σειρά: Ca>Mg>K>Na. Στα αλκαλικά εδάφη το CaCO<sub>3</sub> προέρχεται από την αποσύνθεση των κελυφών των μικροοργανισμών που υπήρχαν στο εδαφικό σύστημα πριν την αποστράγγιση καθώς και από την απορροή και μετακίνηση των υδάτων που διασχίζουν ασβεστολιθικής προέλευσης πετρώματα.

Οι ασυνέχειες της συγκέντρωσης των ιχνοστοιχείων που παρατηρήθηκαν, κυρίως οφείλονται στη στρωσιγένεια καθώς και στις πρακτικές που αφορούν την κατεργασία των καλλιεργούμενων εδαφών και ειδικά στις ισοπεδώσεις.

Στους επιφανειακούς ορίζοντες η νιτροποίηση είναι πολύ μεγαλύτερη από την αμμωνιοποίηση, και οφείλεται στις συνθήκες οι οποίες ευνοούν την οξείδωση του αμμωνιακού αζώτου και τη μετατροπή του σε νιτρική μορφή.

Η ανοργανοποίηση είναι μεγαλύτερη τις πρώτες εβδομάδες, αλλά ο ρυθμός της μειώνεται σημαντικά, ειδικά τις τελευταίες εβδομάδες της επώασης.

Η ποσότητα του αζώτου που ανοργανοποιήθηκε ήταν μεγαλύτερη στα οργανικά εδάφη και το ποσοστό ανοργανοποίησης αυξήθηκε στα πειράματα που διεξήχθησαν σε θερμοκρασία 35 °C. Οι τιμές ανοργανοποίησης οφείλονται κυρίως στην προέλευση και την κατάσταση αποσύνθεσης της οργανικής ύλης, αλλά σε ένα βαθμό επηρεάζονται από το ιστορικό διαχείρισης όπως το είδος καλλιέργειας, μέθοδος άρδευσης, λιπάνσεις, ποιότητα νερού άρδευσης.

Μεταξύ των οριζόντων των οργανικών εδαφών παρατηρήθηκαν διαφορές στις τιμές ανοργανοποίησης αζώτου, οι οποίες μπορούν να αποδοθούν στην περιεκτικότητα και το είδος της οργανικής ουσίας η περιεκτικότητα της οποίας είναι ανεξάρτητη από το βάθος της οργανικής στρώσης (λόγω στρωσιγένειας).

Οι τιμές της σταθεράς ανοργανοποίησης αζώτου k των επιφανειακών οριζόντων των εδαφών που μελετήθηκαν διέφεραν και αυξήθηκαν με την αύξηση της θερμοκρασίας. Οι τιμές k εξαρτώνται κυρίως από την προέλευση της οργανικής ουσίας των εδαφών και το βαθμό αποσύνθεσης των οργανικών υλικών.

Η ενσωμάτωση φυτικών υπολειμμάτων καλλιεργειών αύξησε τις τιμές του αζώτου το οποίο ανοργανοποιήθηκε.

Παρατηρήθηκαν διαφορές στα επίπεδα ανοργανοποίησης μεταξύ των διαφόρων φυτικών υπολειμμάτων που μελετήθηκαν.

Η ενσωμάτωση φυτικών υπολειμμάτων καλλιεργειών είχε ως αποτέλεσμα τη μεταβολή των σταθερών ανοργανοποίησης k.

Τα δυναμικά ανοργανοποίησης ( $N_0$ ) 35 °C των επιφανειακών οριζόντων κυμάνθηκαν σε ευρέα όρια ενώ, οι αντίστοιχες τιμές για τα ανόργανα εδάφη ήταν χαμηλότερες.

Η προσθήκη φυτικών υπολειμμάτων σακχαροτεύτλων αύξησε τις τιμές  $N_0$  στα επιφανειακά εδάφη. Μεταβολές του  $N_0$  βρέθηκαν και στις υπόλοιπες μεταχειρίσεις όπου χρησιμοποιήθηκαν φυτικά υπολείμματα τομάτας, καλαμποκιού και καλαμιάς σιτηρών.

Στην περίπτωση της προσθήκης καλαμιάς σιτηρών στα οργανικά εδάφη παρατηρήθηκε ακινητοποίηση.

Οι τιμές της ανοργανοποίησης του αζώτου που μπορούν να αποτελέσουν ένα χρήσιμο εργαλείο συμβουλευτικής λίπανσης. Η πρακτική αξία της εκτίμησης των απαιτήσεων σε άζωτο των καλλιεργειών που βασίζεται στα δυναμικά ανοργανοποίησης ( $N_0$ ) απαιτεί περαιτέρω έρευνα και περαιτέρω ανάλυση των κλιματικών συνθηκών.

Προκειμένου τα ευαίσθητα εδαφικά συστήματα της περιοχής Τεναγών να διατηρήσουν τις φυσικές και χημικές ιδιότητές τους καθώς και τη σταθερότητα της εδαφικής δομής, προτείνεται η εφαρμογή εφαρμόσιμων σχεδίων αμειψισποράς στα οποία πρέπει να συμπεριλαμβάνονται ψυχανθή και κυρίως μηδική.

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος της συνίζησης, τα εδάφη πρέπει να παραμείνουν αδιατάρακτα για μια περίοδο ορισμένων ετών προκειμένου να μειωθούν οι κίνδυνοι της οξείδωσης της οργανικής ουσίας.

Για την προστασία και τη συντήρηση της οργανικής ύλης από την αποσύνθεση, απαιτούνται ειδικά μέτρα προκειμένου να διατηρηθεί η στάθμη του υπόγειου νερού στο κατάλληλο βάθος.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αλεξιάδης, Κ. Α (1976). Φυσική και χημική ανάλυση του εδάφους. ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.
- Alexander, M. 1977. Mineralization and immobilization of nitrogen. In: M. Alexander (ed.). Introduction to Soil Microbiology. J. Wiley 2<sup>nd</sup> Edit. pp. 136-247.
- Allison, F.E. 1966. The fate of Nitrogen applied to soils. *Adv. Agr.* 18:219- 258.
- Anderson, O. and F. Boswell. 1964. The influence of low temperature and various concentrations of ammonium nitrate on nitrification in acid soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 28:525-532.
- Allison, L.E. and Moodie, C.D. (1965) Carbonate. In Methods of Soil Analysis. Part 2; Black et al., Ed.; American Society of Agronomy: Madison, WI; Monogr. 9, 1379–1400.
- Allison F.E.1973. Soil organic matter and its role in crop production. Elsevier Scientific Publ. Co., Amsterdam, The Netherlands, pp. 637.
- Baethgen, W. and M. Alley. 1986. Nonexchangeable Ammonium Nitrogen Contribution to Plant Available Nitrogen. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 50:110-114.
- Bayley S., M. Thorman, and A. Szumigalski.2005. Nitrogen mineralization and decomposition in western boreal bog and fen peat. *Ecoscience*, 12(4) :455-465.
- Beauchamp, E., W. Reynolds, D. Brasche-Villeneuve, and K. Kirby. 1986. Nitrogen Mineralization Kinetics with Different Soil Pretreatments and Cropping Histories. *Soil Sci. Am. J.* 50:1478- 1483.
- Blake, G.R., 1965. Bulk density in methods of soil analysis. Part 1, p. 374, A.S.A. Madison, Wisc.
- Bockman,O.C.1994. Best Agricultural Practice for the Protection of Air. *Proceedings No 360*. The Fertilizer Society, Peterborough, U.K.
- Bremner, J., and K. Shaw. 1985b. Denitrification in soil. II. Factors affecting denitrification. *J. Agr. Sci.* 51:40-52.
- Britz W. 2008. *Automated model linkages: the example of CAPRI* Agrarwirtschaft, Jahrgang 57, Heft 8.
- Broadbent, F., 1986. Empirical model of soil nitrogen mineralization. *Soil Science* **141**:208-213.

- Bundy, L. and J. Bremner. 1973. Inhibition of nitrification in soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 37:396-398.
- Buresh, R., T. Woodhead, K. Shepherd, E. Flordelis, and R. Cabangon. 1989. Nitrate accumulation and loss in Mungbean lowland rice cropping system. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 53:477-482.
- Burns, R. and R. Hardy. 1975. Nitrogen Fixation in bacteria and higher plants. Springer-Berlag N.Y. Inc., N. York.
- Cambell, C., R. De Jong, and R. Zentner. 1984. Effect of cropping, summer fallow and fertilizer nitrogen on nitrate nitrogen lost by leaching on a Brown Chernozemic Loam. *Can. J. Soil Sci.* 64:61-74.
- Charoulis, A., Karyotis, Th., and J. Mitsios. 2005. Incubation experiments on net nitrogen mineralization in organic Greek soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, volume 36:1-3, pp. 231-240.
- Christanis, K., Georgakopoulos, A., Fernandez-Turiel, J.L., and Bouzinos, A. 1998. Geological factors influencing the concentration of trace elements in the Philippoi peatland, Eastern Macedonia, Greece. *Int. J. Coal Geol.*, 36: 295–313.
- Cole, V., C. Cerri, K. Minami, A. Mosier and N. Rosenberg, 1995. *Agricultural options for minigation of greenhouse gas emissions*. pp 745-771 In R.T. Watson et al (eds): *Climate Change. 1995 Impacts adaptations and mitigation of climate change : Scientific –technical analysis*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- De Martonne, E. (1940). *Tgaité de Géographie Phisique*, Paris.
- Del Pino Machado AS (2005) Estimating nitrogen mineralization potential of soils and the effect of water and temperature and crop residues on nitrogen net mineralization. Cuvillier Verlag Göttingen, pp. 172.
- Dendooven L, and K. Vlassak. 1994. Mineralization of sugar beets and bean residues in laboratory incubations: comparison of measurements and simulations. *Euro. J. Agron.* 375-378.
- Doran, W., 1987. Microbial biomass and mineralizable nitrogen distributions in no-tillage and plowed soils. *Biol. Fert. Soils* 5:68-75.
- ECETOC, 1988. Nitrate and Drinking water. Techn. Report No. 27. European centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals, Brussels.
- ECETOC, 1994. Ammonia Emissions to Air in Western Europe. *Techn. Report* No. 62. European centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals, Brussels.

- Erro J, Urrutia O, San Francisco S, Garcia-Mina JM.2007. Development and agronomical validation of new fertilizer compositions of high bioavailability and reduced potential nutrient losses. *J Agric Food Chem.* (19):7831-39
- F.A.O./F.I.A.C. 1982. F.A.O./F.I.A.C. working party on fertilizer statistics report. F.A.O./F.I.A.C. Meetings, 1-4 Mar. 1982, Rome, Italy.
- F.A.O., 1982. Current fertilizer situation and outlook. Commission on Fertilizers, Seventh Session, 7-10 September, Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Fenn, L. and Kissel D. 1976. The influence of cation exchange capacity and depth of incorporation on ammonia volatilization from ammonium compounds applied to calcareous soils. *Soils Sci.Soc. Amer .J.* 40:394-398.
- Flaig, W.,1971. Organic Compounds in soils. *Soil. Sci.* 111:19-33
- Gee, G. W., and J. W. Bauder. 1986. Particle size analysis. In *Methods of soil analyses, part 2, 2nd ed.*, ed. A. Klute, 383–411. Madison, Wisc.: *American Society of Agronomy and Soil Science Society of Agronomy.*
- Goring, C., 1962a. Control of nitrification by 2-chloro-6-(trichloromethyl) pyridine. *Soil Sci.* 93:211-218.
- Gracanin Z.(1950).Montly rain-factors and their significance for pedological investigation.(in Gracanin Z.1964: Soil mocromorphology edited by A. Jungerius p 251-260).
- Grontmig J., 1961. Soil Conditions and subsidense of the Tenagi Philippon.Μελέτη J. MONKS-ULEN.
- Hadas, A., A. Feigin, S. Feigenbaum and R. Portnoy. 1989. Nitrogen mineralization in the field at various soil depths. *Journal of Soil Sci.* 40:131-137.
- Hageman, R., 1984. Ammonium versus nitrate nutrition of higher plants. In:Nitrogen in crop production. *Amer. Soc. of Agronomy. Soil Sci. Soc. of America*, Madison, Wisc., U.S.A. pp. 67-96.
- Havelka, U., M. Boyle and R. Hardy. 1982. Biological Nitrogen fixation . In: Nitrogen in agricultural soils. *Agron. N. 22. Amer. Soc. of Agronomy*, Madison, Wisconsin, U.S.A. p 365-413.
- I.G.M.E., 1983. Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδας 1:500.000, Αθήνα. Δεύτερη Εκδοση.
- Janson, S. and J. Persson. 1982. Mineralization and Immobilization of Soil Nitrogen. In:Nitrogen in Agricultural Soils. *Agron. N. 22.* p 229-248.*Amer. Soc. of Agr.*, Madison, Wisconsin, U.S.A.

- Jarvis, S.C. and D.J. Hatch.1986. The effects of low concentrations of aluminium on the growth and uptake of nitrate -N by white clover. *Plant and Soil* 95:43-55.
- Kalaitzidis, S., Christanis, K., Georgakopoulos, A., Fernandez-Turiel, J.L., and S. Papazisimou. 2002. Influence of geological conditions during peat accumulation on trace element affinities and their behavior during peat combustion. *Energy Fuel*, **16**: 1476–1482.
- Καρυώτης, Θ.Κ., 1994. Ροή Εδαφικού Αζώτου σε σχέση με Χημικές και Φυσικές Ιδιότητες του Εδάφους, Διδακτορική Διατριβή, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Karyotis Th., Mitsimponas Th., and M. Tziouvalekas.2001. Net nitrogen mineralization in Greek soils, previously amended with sugar beet residues. *Balkan Ecology*, 4:35-43.
- Karyotis Th., A. Charoulis, Th. Mitsimponas and E. Vavoulidou.2005. Nutrients and Trace Elements of Arable Soils Rich in Organic Matter. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, **36**: 403–414.
- Karyotis Th., S. Orfanidis, and S. Reizopoulou.2006. Marine benthic macrophytes as possible nitrogen source in agriculture. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 169: 557–563.
- Kladivko, E. and D. Keeney. 1987. Soil nitrogen mineralization as affected by water and temperatures interactions. *Biol. Fertil. Soils* 5:248-252.
- Koeppen, W.S., 1931. Die Klimate der Erde. 2e Aufl. Walter der Gruyter, Berlin, pp.369.
- Kononova, M.M.,1961.Soil organic matter, Pergamon Press,London U.K. 2nd Ed., pp. 544.
- Kuo, S. 1996. Phosphorus. In: *Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods—Soil Science Society of America, Book Series 5*, Madison, Wisc., USA. pp. 869–960.
- Ladd, J., J. Parsons, and M. Amato. 1977b. Studies of nitrogen immobilization and mineralization in calcareous soils. II. Mineralization of immobilized nitrogen from fractions of different particle size and density. *Soil Biol. Biochem.* 9:319-325.
- Legg, J. and J. Meisinger. 1982. Soil Nitrogen Budgets. In: Nitrogen in Agricultural Soils. Agron. No 22, Amer. Soc. of Agron. Soil Sci. Soc. of Amer., Inc. Madison, Wisconsin, U.S.A. p 503-566.
- M<sub>c</sub>Dowell L.L., J.C. Stephens and E.H.Stewart.1969. Radiocarbon Chronology of the Florida Everglades Peat. *Soil Sci Soc Am J* 33:743-745

- McLean, F. (1982) Soil pH and lime requirement. In: Page, A.L., Ed.; *Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. American Society of Agronomy., Agr. Series Monograph No. 9, Madison, WI, 199–223.
- Marrs, R., 1988. Changes in soil nitrogen-mineralization and nitrification along an altitudinal transect in tropical rain forest in Costa Rica. *Journal of Ecology*, 76:466-482.
- Μελιδώνης Ν. 1969. ΦΙΛΙΠΠΟΙ (γεωλογικός χάρτης τυρφώνος), 1:50.000
- Mengel, K., and E. Kirkby. 1982. *Principles of Plant Nutrition* (3<sup>rd</sup> Edit.). International Potash Instit., Berne, Switzerland. p 295-318.
- Μήτσιος Ι.Κ.2001. Εδαφολογία. Εκδόσεις ZYMEL, Αθήνα
- Μήτσιος, Ι.Κ.2004. Γονιμότητα Εδαφών. Θρεπτικά στοιχεία φυτών (μακροθρεπτικά, μικροθρεπτικά) και Βαρέα μέταλλα. Μέθοδοι και εφαρμογές. Εκδόσεις ZYMEL, Αθήνα.
- Mikha M., C. Rice and J. Benjamin. 2006. Estimating Soil Mineralizable Nitrogen under Different Management Practices. *Soil Sci Soc Am J* 70:1522-1531
- Myers, R., and E. Paul. 1971. Plant uptake and immobilization of N-labelled ammonium nitrate in a field experiment with wheat. In: *Nitrogen -15 in Soil Plant Studies*, p. 55-64. I.A.E.A. Vienna.
- Nelson, D., 1982. Gaseous losses of nitrogen other than through denitrification. In: *Nitrogen in Agricultural Soils*. Agron. No 22, *Amer. Soc. of Agron.*, Madison, Wisconsin, U.S.A. p 327-363.
- Nelson, D.W.; Sommers, L.E., (1982). Total carbon, organic carbon and organic. In *Methods of soil analysis*, Page, A.L.; Miller, R.H.; Keeney, D.R., (Eds.), American Soc. of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA. 539-549.
- Nelson, D.W.; Sommers, L.E., (1982). Total carbon, organic carbon and organic. In *Methods of soil analysis*, Page, A.L.; Miller, R.H.; Keeney, D.R., (Eds.), American Soc. of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA. 539-549.
- Nommik, H., 1966. Particle-size effect on the rate of nitrification of nitrogen fertilizer materials with special reference to ammonium-fixing soils. *Plant Soil* 24:181-200.
- Nommik, H. and K. Bahtras. 1982. Retention and Fixation of Ammonium and Ammonia in Soils. In: *Nitrogen in Agricultural Soils*. Agron. N. 22, *Amer. Soc. of Agr.*, Madison, Wisc., U.S.A. p 123-171.
- O'Donnel, R. W., 1970. The effects of coal derived humic compounds on plants root initiation. Chemistry Division Saskatchewan, Research Council. Canada.



- Page, A. L. 1982. *Methods of soil analysis, part 2*, 2nd ed. Madison, Wisc.: American Society of Agronomy.
- Prather, M., R. Derwent, D. Ehhalt, P. Fraser, E. Sanhueza, and X. Zhou, 1995. *Other trace gases and atmospheric chemistry*. Pp 73-126 In J.T. Houghton et al (eds): *Climate change 1994; Radiative forcing of climate change and an evaluation of the IPCC IS92 emission scenarios*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- Reddy, K. R. 1982. Mineralization of nitrogen in organic soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46:561-566.
- Rhoades, J. 1982. Cation exchange capacity. In *Methods of soil analyses, part 2: Chemical and microbiological properties*, 2nd ed., ed. A. L. Page, 149–157. Madison, Wisc.: American Society of Agronomy and Soil Science Society of Agronomy.
- Schlesinger, W.H., and A.E. Hartley, 1992. A budget for atmospheric NH<sub>3</sub>. *Biogeochem.* 15:191-211.
- Schmidt E. 1982. Nitrogen in Agricultural Soils. *Agron. 22. Amer. Soc. of Agron., Inc. Madison, Wisconsin, U.S.A.*
- Schnitzer, M., and S. V. Khan, 1972. *Humic Substances in the environment*. Marcel Dekker Inc., New York
- Sherer, H., and K. Mengel. 1979. Der Gehalt an fixiertem Ammoniumstickstoff auf einigen repräsentativen hessischen Standorten. *Landwirt. Forsch.* 32:416-424.
- Smith, K. A., I.P. Mc Taggar, 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), 13:246-304.
- Soderlund, R., and H. Svensson. 1976. The global nitrogen cycle. *Ecol. Bull.* (Stockholm) 22:23-73.
- Soil Survey Staff, 1981. Examination and Description of soils in the field. Chapter 4, p. 1-107. *Soil Survey Manual, Issue 1, Directive 430 V-SSM, USDA-SCS, Washington DC.*
- Soil Taxonomy. 1999. *A Basic System of soil classification for Making and Interpreting Soil Surveys, Second Edition.*
- Soudi, B., A. Sbai, and C. Chiang. 1990. Nitrogen Mineralization in Semiarid Soils of Morocco: Rate Constant Variation with Depth. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54:756-761.
- Σταυρούλιας Π. 1994. Τα Τενάγη Φιλίππων (Τεχνική Μελέτη).

- Stanford, G., and S. Smith. 1972. Nitrogen Mineralization Potentials of Soils. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 36:465-472.
- Stanford, G., M. Frere and D. Schwaninger. 1973. Temperature coefficient of soil nitrogen mineralization. *Soil Science* Vol 115:321-323.
- Stevenson, F., 1982. Origin and distribution of nitrogen soil. In: Nitrogen in Agricultural Soils. Agron. 22. *Amer. Soc. of Agronomy*, Madison, Wisconsin, U.S.A.
- Tan, K.H., and A. Binger, 1986. Effect of humic acid on aluminum toxicity in corn plants. *Soil Sci.* 14(1):20-24
- Thomas, G. (1982) Exchangeable cations. In Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties; Page, A.L., Ed. Agronomy 9, 159–164.
- Ueda, K., Kobayashi, M. and E. Takahashi. 1988. Effect of anionic heavy metals on ammonification and nitrification in soil. *Soil Sci. and Plant Nutrition* 34:139-146.
- Velthof G.L., D. Oudendag, H.P. Witzke, W.A.H. Asman, Z. Klimont and O. Oenema. 2009. Integrated Assessment of Nitrogen Losses from Agriculture in EU-27 using MITERRA-EUROPE. *J. Environ Qual* 38:402-417
- Vigil M. and D. Kissel. 1991. Equations for estimating of nitrogen mineralized from crop residues. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 55:757-761.
- Weber, M., H. Schat and W. Ten Bookum-Van Der Maarel. 1991. The effect of copper toxicity on the contents of nitrogen compounds in *Silene Vulgaris* (Moench) Garcke. *Plant and Soil* 133:101-109.
- Weier, K. and J. Gilliam. 1986. Effect of acidity on nitrogen mineralization and nitrification in Atlantic Coastal Plain Soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Journal* 50:1211-1214.
- Yamamoto, H., K. Tatsuyama, and T. Matsumoto. 1986. Influences of Cadmium on soil nitrification: relation between nitrification rate and the population of nitrifying autotrophs in Cd contaminated soil. Bulletin of the Faculty of Agriculture, Shimane University 20:157-160.
- Young, J. and R. Aldag. 1982. Nitrogen in Agricultural Soils. Agr. No 22. *Am. Soc. of Agronomy*, Inc. Soil Sciences Soc. of America, Inc. Madison, Wisconsin, U.S.A.
- Υπουργείο Γεωργίας. 2001. Εδαφολογική Μελέτη Τεναγών
- Zerulla, W., T. Barth, J. Dressel, K. Erhardt, K. Horchler von Locquenghien, G. Pasda, M. Rädle, and A.H. Wissemeier. 2001. 3,4 Dimethylpyrazole phosphate (DMPP) a new nitrification inhibitor for agriculture and horticulture: An introduction. *Biol. Fertil. Soils* 34:9–84.

# Effect of physicochemical properties on mineralization of organic nitrogen in the Tenagi area of Philippoi

Athanasios Charoulis

## EXTENDED ABSTRACT

The main objective of this investigation was the study of physico-chemical soil properties on mineralization of soil organic nitrogen in both organic and inorganic soils of the Tenagi area of Philippoi. Moreover, factors which affect mineralization of plant residues originated from the main crops of the study area such as maize, processing tomatoes, sugar beets and wheat straw were also investigated.

For this reason, the Soil Map of the wider district was used, which had been drawn up according to the system of progressive and detailed Soil Mapping. The description of soil profiles was conducted according to Soil Survey Manual (1981) and soils were classified according to Soil Taxonomy (1999). In order to study various pedotransfer functions and to correlate them with physico-chemical soil properties, laboratory determinations were carried out in soil samples and in another set of experiments, in which plant residues were added in incubation tubes.

Seventeen soil profiles were described in the Philippoi peatland (Northern Greece) and samples were taken from each soil horizon or layer. According to Soil Taxonomy (1999) thirteen soil profiles belong to the order of *Histosols* and four to the order of *Entisols*.

The surface horizons consist mainly of well-humified organic materials mixed with mineral soil particles. Usually, they have moderate or insufficient drainage regime and conditions become favourable for microbial growth and activity. The organic matter of the study area has derived primarily from *Cyperaceae* (*Cladium mariscus*, various *Carex* species, etc.) and from decomposed residues of arable crops. The present study consisted of an area of 10,371 ha, where about 90% of the soils are organic. The main crops are maize (*Zea mays* L.), sugar beets (*Beta vulgaris* L.), tobacco (*Nicotiana tabacum* L.), cotton (*Gossypium hirsutum* L.), tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.), and wheat (*Triticum turgidum* L.).

The dominant soil characteristics are the following: high organic matter content and obvious stratification of soil horizons, although most of Greek arable soils are characterized

by low organic matter content. The stratification differentiates the physical and chemical properties. Furthermore, the groundwater table even during dry summers is 150 cm deep.

Under aerobic conditions incubation experiments of samples from soil horizons were carried out for the estimation of nitrogen mineralization dynamics and kinetic parameters.

The incubation tests involved the addition of duplicate 15 g air dried soil sample mixed with equal quantity of quartz sand (20 mesh). After the mixing of soil and quartz sand, samples were moistened by using a fine spray of distilled water and was retained in the 50 ml by means of a glass wool pad. The control consisted of a soil-quartz sand mixtures without incorporation of plant material. Soil columns were incubated in an upright position in the dark at 35°C and 25°C and N mineralization was determined at different time intervals for a period of 30 weeks. In another treatment, a subsample from each soil was mixed with plant material originated from different crop residues, air-dried and ground.

Leaching was conducted by adding CaCl<sub>2</sub> followed by N-free nutrient solution. The leachates were collected in glass beakers and the total volume was measured. After each incubation, nitrate nitrogen and NH<sub>4</sub>-N were measured.

The nitrogen mineralization potential (N<sub>0</sub>) was estimated by the expression (Stanford and Smith, 1972):  $N_t = N_0 (1 - e^{-kt})$ ,

where N<sub>t</sub> is the cumulative amount of N mineralized during a specific time interval (t) in weeks, N<sub>0</sub> is the N mineralization potential, and k is the rate constant. The e<sup>-kt</sup> term can be

transformed as a power series, giving:  $N_t = N_0 (k_1 t - \frac{k_1^2 t^2}{2!} + \frac{k_1^3 t^3}{3!} \dots\dots\dots)$ . Neglecting third or

higher order terms and rearranging, gives  $N_t/t = N_0 k_1 - N_0 k_1^2 t/2$ , namely a linear equation  $Y = a + bX$ . Although this is not fully accurate, the approach may be useful for obtaining N<sub>0</sub> values which can subsequently be refined by the Stanford and Smith (1972) procedure.

In order to investigate the physical and chemical soil properties, the following properties were measured: particle size distribution, pH, bulk density, organic matter, total nitrogen, cation exchange capacity, exchangeable bases, trace elements and CaCO<sub>3</sub>. The determined properties were used as independent variables in correlations with nitrogen mineralization variables.

The soils of Tenagi are rich in soil organic matter and factors such as topography, hydrological conditions and human activities have affected significantly certain soil properties. In addition, irrigation and drainage network, in combination to relief and non-sustainable water management have a negative impact which leads to enhanced oxidation of soil organic matter. The C/N ratio in the organic soils was higher than inorganic soil and ranged between 13.5 and 18.3, compared to values of 8.0-11.8 for inorganic soils.

Statistical analysis revealed a close relation between total soil nitrogen and cation exchange capacity, and between total soil nitrogen and soil organic carbon and clay content. Another significant relation was found between cation exchange capacity and soil organic carbon. The content of exchangeable bases follows the decreasing order such as:  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{K} > \text{Na}$ . In alkaline soils the presence of  $\text{CaCO}_3$  can be attributed to decomposition of shells which lived in the soil system before the period of drainage. Furthermore, an amount of calcium can be explained by the run off from upland parent materials, which are rich in limestone.

Plant available micronutrients represented a small percentage of the total content and, according to average concentrations over all studied soils, they follow the order  $\text{Fe} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Cu}$ .

It is obvious that any change in organic carbon and/or cation exchange capacity have had an influence to total nitrogen, in both organic and inorganic soils. Incubation experiments showed that nitrogen mineralization was higher during the initial weeks of incubation and this was decreased substantially later in the experiments. It was observed that mineralization values were affected significantly by the temperature change of incubation, due to increased microorganism activity at higher temperature.

The quantity of mineralized nitrogen under laboratory conditions for the same soils, at a constant temperature  $35\text{ }^\circ\text{C}$  was greater in comparison to values obtained at incubated samples at  $25\text{ }^\circ\text{C}$ . Furthermore, nitrification values of surface soils were found much higher than ammonification. In addition, the highest mineralization values were recorded in organic soils which previously had been amended with sugar beet residues and processing tomatoes. However, the estimated potentially mineralized nitrogen ( $\text{N}_0$ ) was greater than that of inorganic soils.

A significant linear correlation was found between total nitrogen of surface horizons and the cumulative mineralized nitrogen. The percentage of conversion of total soil nitrogen into inorganic nitrogen forms was also estimated. The constant  $k$  of N mineralization in the studied surface samples varied significantly and these values increased with temperature. It was also observed that there were a significant correlation between mineralized nitrogen of surface layers (at  $25\text{ }^\circ\text{C}$  and  $35\text{ }^\circ\text{C}$ , over the studied period of 30 weeks) with soil organic carbon, and total nitrogen.

Moreover, statistical relations were found between the potential mineralized nitrogen ( $\text{N}_0$ ) from all soil horizons at  $25\text{ }^\circ\text{C}$  and  $35\text{ }^\circ\text{C}$  and cumulative mineralized under incubation conditions. Finally, significant correlations were also found between  $\text{N}_0$  of the surface horizons in which crop residues were added and mineralized nitrogen, in the incubation

experiments at 35 °C. Based on these findings, it was concluded that nitrogen mineralization rates of crop residues depend strongly on plant species (origin), temperature and soil type in which they are incorporated.

It was found that mineralization values, potentially mineralized nitrogen and constant  $k$ , varied greatly among the studied soils. It can be stressed that the kind of soil organic matter, agricultural practices and content of organic soil nitrogen are the main factors which affect on the process of mineralization.

Values of  $Q_{10}$  were estimated by using the equation  $Q_{10}=(k_2/k_1)^{[10(T_2-T_1)]}$ . Values of  $Q_{10}$  varied and ranged between 1.24 and 2.3 (mean 1.47).

It was also observed that total nitrogen depended strongly from soil organic carbon in both organic and inorganic soils, and this denotes that total soil nitrogen is bound to soil organic matter.

Net N mineralization was higher during the initial period of incubation and a significant decline was observed in the final stages of experiments.

The amount of mineralized nitrogen was higher in the organic soils and the mineralized percentage was increased in the incubation experiments at 35 °C. Mineralization values can be attributed mainly to the origin and degree of decomposition, although the history of land use and management (such as type of crop, irrigation method, fertilization and quality of irrigation water) affect strongly this process.

Differences in the quantity of net nitrogen mineralization in the organic soils were observed among the studied soil horizons due to the kind and content of organic matter which is independent to depth of organic layer.

A declining trend with soil depth in the mineralized nitrogen was recorded in the inorganic soils. This denotes the decrease of soil organic matter content due to soil development process. In cases where buried organic layers occurred, net N mineralization was increased. It can thus be argued that the fluctuation of temperature affects organic soils much more than the inorganic due to the intense activity of soil microorganisms.

The values of constant  $k$  in the surface horizons also varied and these were increased with the rising of temperature. Values of mineralization constant  $k$  depend from the origin of organic matter and the degree of decomposition of organic material, taking into consideration the similar conditions of temperature and moisture during the aerobic incubation.

Differences on the level of mineralization were recorded among the various plant materials. It was found that mineralization was increased after incorporation of plant residues. And that the incorporation of plant material has affected the values of  $k$ .

It was recorded that the potentially mineralized nitrogen ( $N_0$ ) at 35 °C in the surface organic horizons varied greatly, whilst these values were higher than the inorganic soils.

The potentially mineralized nitrogen ( $N_0$ ) was increased in the samples treated with residues from sugar beets. Similarly, changes were also observed in the incubated samples in which residues from tomatoes, maize and wheat straw were added.

In the case of incorporation of wheat straw, immobilization was recorded instead of mineralization.

The quantity of net nitrogen mineralization constitutes a valuable tool for advisory fertilization. However, the estimation of nitrogen demands in various crops which is based on potentially mineralized values ( $N_0$ ) requires additional research and further detailed analysis regarding the fluctuation of climatic conditions is needed.

In order the sensitive soil systems of Tenagi to sustain their physical and chemical properties, the application of proper rotation schemes should be suggested in which legumes and especially alfalfa should play a dominant role.

The maintenance and protection of organic matter from rapid decomposition can be achieved by a set of measures, and emphasis should be given to proper drainage, so that water table may be appropriately deep.