



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ
ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ, ΜΕΤΑ ΤΗΝ
ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΜΕΝΩΝ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΙΤΑΡΙΟΥ ΚΑΙ
ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ



ΓΕΩΡΓΙΑ Ε. ΜΑΥΡΟΜΑΤΗ

ΑΘΗΝΑ 2012

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

**ΤΜΗΜΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ
ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ**

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ & ΕΛΑΦΟΛΟΓΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΓΕΩΡΓΙΑ Ε. ΜΑΥΡΟΜΑΤΗ

ΑΘΗΝΑ 2012

Στη μητέρα μου

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο σημείο αυτό, θέλω και οφείλω να ευχαριστήσω θερμά τους ανθρώπους οι οποίοι συνέβαλλαν, με διαφορετικό τρόπο ο καθένας, στην προσπάθεια μου να ολοκληρώσω την παρούσα μελέτη.

Αρχικά και πρώτιστα θέλω να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα Καθηγήτρια μου κα. Χαϊντούτη Κωνσταντίνα για την ανάθεση του θέματος της μεταπτυχιακής μου διατριβής, για την άψογη συνεργασία μας, καθώς και για την πολύτιμη βοήθεια και ενθάρρυνση που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διατριβής.

Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλα τα μέλη της τριμελούς επιτροπής μου, την Καθηγήτρια κα. Χαϊντούτη Κωνσταντίνα, τον Καθηγητή κ. Κοσμά Κωνσταντίνο και τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Μάσσα Ιωάννη που δέχτηκαν να αξιολογήσουν και να βαθμολογήσουν την παρούσα εργασία.

Ευχαριστώ ακόμη θερμά τον διδάκτορα κ. Γασπαράτο Διονύση για τις ουσιαστικές υποδείξεις του σε πολλά σημεία της διατριβής. Η συμβολή του ήταν καταλυτική μέσω διεξοδικών συζητήσεων και πολύτιμων συμβουλών. Τον ευχαριστώ ακόμη για την κατανόηση, τη συμπαραστάση και την ενθάρρυνση του στις δύσκολες στιγμές, τα οποία αποτέλεσαν για εμένα επιπλέον κίνητρο και με έκαναν να νιώσω ότι οι προσπάθειες μου θα πιάσουν τελικά τόπο. Ήταν μεγάλη χαρά και τιμή για εμένα να συνεργαστώ μαζί του και ευελπιστώ στο μέλλον η συνεργασία αυτή να συνεχισθεί.

Επιπροσθέτως, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον κ. Δάλλα Στυλιανό για την πολύτιμη βοήθεια του κατά τη διάρκεια διεξαγωγής των εργαστηριακών αναλύσεων της παρούσας εργασίας.

Τέλος, ευχαριστώ και όλους εκείνους που η κατά καιρούς συναναστροφή μου μαζί τους με έμαθε να εργάζομαι, να συνεργάζομαι και να σκέφτομαι θετικά. Ιδιαίτερα μάλιστα, τους ανθρώπους που καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου υπήρξαν πολύτιμοι υποστηρικτές μου τόσο ηθικά όσο και οικονομικά, τους γονείς μου και τον αδερφό μου, στους οποίους οφείλω απεριόριστη ευγνωμοσύνη για όσα μου έχουν προσφέρει όλα αυτά τα χρόνια.

Μαυρομάτη Ε. Γεωργία

Σελίδα | 3

Effects of tire wear particles in the environment, soil properties and growth of wheat crop

G. Mavromati

Abstract

In our days there is an imperative need of recycling and alternative management of products and in other inactive wastes. The car's tires are an inactive waste of which management, after the end of his life circle, is important.

The problematic management of tire is due to the long time as may be required for their hold digestion from nature (it is estimate that it takes thousand years) because of their composition.

The total amount of tires that recycling for the nonce is appreciable in little in comparison with the annual average of production. Therefore, the situation needs immediate research with daring innovations about the use of tires that will be friendly in the environment.

Existing studies about the effects of tires in the environment refer mostly in the quality of water resource, not to mention the quality of soil resource.

Although, there are researches about the positive influence using tire shred fills in physical properties of soils, there is no reports about the effects of tire shred fills in soil quality. Consequently, the primary purpose of this project was the study the effect of tires wear particles on soil properties and growth of wheat crop as well as the environmental implications.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	3
1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΣΚΟΠΟΣ	8
2.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ.....	11
2.1 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΜΕΝΩΝ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ.....	11
2.1.1 Σύστημα Διαχείρισης	11
2.1.2 Παραγωγή Ελαστικών.....	13
2.1.3 Μέθοδοι Διαχείρισης Μεταχειρισμένων Ελαστικών	14
2.1.4 Χρήση των Ελαστικών σε Γεωτεχνικά & Περιβαλλοντικά Έργα	17
2.1.5 Ελαστικά και Περιβάλλον.....	18
2.1.6 Η κατάσταση στην Ελλάδα	21
2.1.7 Νομοθεσία για τη Διαχείριση των Ελαστικών	23
2.2 ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	26
2.2.1 Το Νερό ως Φυσικός Πόρος	26
2.2.2 Αγροτική παραγωγή & Νερό	27
2.2.3 Ορθολογική Διαχείριση Νερού	29
2.3 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΙΤΑΡΙΟΥ	31
2.3.1 Γενικά Στοιχεία	31
2.3.2 Εδαφικές Συνθήκες	32
2.3.3 Κλιματικές Απαιτήσεις	33
2.3.4 Στάδια Ανάπτυξης.....	35
2.3.5 Καλλιεργητικές Πρακτικές	39
2.3.6 Η Σιτοκαλλιέργεια στην Ελλάδα	42
3. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	46
3.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	46
3.2 ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ.....	47
3.3 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	49

3.4 ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	54
Κλιματική κατάταξη κατά De Martonne	60
Κλιματική κατάταξη κατά Köppen	60
Καθεστώς εδαφικής θερμοκρασίας.....	63
Καθεστώς εδαφικής υγρασίας.....	63
3.5 ΕΔΑΦΗ.....	64
4. ΠΕΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ – ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ.....	67
4.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ – ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ	67
4.2 ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	77
✧ Μηχανική Ανάλυση	77
✧ pH.....	78
✧ Οργανική Ουσία.....	78
✧ Ισοδύναμο Ανθρακικό Ασβέστιο.....	78
✧ Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων (ΙΑΚ).....	78
✧ Ανταλλάξιμα Κατιόντα	78
✧ Ολικό άζωτο.....	78
✧ Ηλεκτρική Αγωγιμότητα.....	79
✧ Αφομοιώσιμος Φώσφορος.....	79
✧ Αφομοιώσιμες Μορφές Βαρέων μετάλλων	79
4.3 ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑ – ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ	80
4.4 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.....	82
5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	83
5.1 ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	83
5.1.1 ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ.....	83
5.1.2 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	86
5.1.3 ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΣΒΕΣΤΙΟ.....	90
5.1.4 ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ	94

5.1.5 ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ	98
5.1.6 ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΑΝΤΑΛΛΑΓΗΣ ΚΑΤΙΟΝΤΩΝ	103
5.1.7 ΟΛΙΚΟ ΑΖΩΤΟ	107
5.1.8 ΑΦΟΜΟΙΩΣΙΜΟΣ ΦΩΣΦΟΡΟΣ	111
5.1.9 ΑΝΤΑΛΛΑΞΙΜΟ Na.....	115
5.1.10 ΑΝΤΑΛΛΑΞΙΜΟ Κ.....	119
5.1.11 ΑΝΤΑΛΛΑΞΙΜΟ Mg.....	123
5.1.12 ΑΝΤΑΛΛΑΞΙΜΟ Ca	127
5.1.13 ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΣ Cu.....	131
5.1.14 ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΣ Pb	135
5.1.15 ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΣ Fe	139
5.1.16 ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΣ Zn.....	143
5.1.17 ΔΙΑΘΕΣΙΜΟ Ba	148
5.2 ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ	152
5.3 ΦΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ.....	155
5.4 ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ	158
5.5 ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑ – ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ	167
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	170
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	174

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΣΚΟΠΟΣ

Τα τελευταία χρόνια, όλο και συχνότερα, τονίζεται η ανάγκη ανακύκλωσης και εναλλακτικής διαχείρισης συσκευασιών, προϊόντων και άλλων αδρανών αποβλήτων. Ένα τέτοιο αδρανές απόβλητο του οποίου η διαχείριση, μετά το τέλος του κύκλου ζωής, είναι επιτακτικής σημασίας είναι τα ελαστικά των αυτοκινήτων.

Η προβληματικότητα της διαχείρισης των ελαστικών έγκειται στον πολύ μεγάλο χρόνο που απαιτείται για την πλήρη αφομοίωση τους από τη φύση (υπολογίζεται πως απαιτούνται μερικές χιλιάδες χρόνια) λόγω της σύνθεσης τους, στον πολύ μεγάλο και συνεχώς αυξανόμενο όγκο τους λόγω του διαρκώς αυξανόμενου στόλου των οχημάτων και στις δυσμενείς επιπτώσεις που μπορεί να επιφέρει η ανεξέλεγκτη απόθεση τους στη δημόσια υγεία και στο περιβάλλον (ως εστίες μόλυνσης από έντομα, εξαιτίας των στάσιμων νερών που είναι δυνατόν να εγκλωβιστούν στα κοίλα τους, καθώς και στην περίπτωση αιφνίδιας καύσης αυτών) (*Σκουπίδια και Ανακύκλωση, 1996*).

Έτσι λοιπόν, ενώ η διάθεση των ελαστικών στο τέλος του κύκλου ζωής τους στην Ευρώπη γινόταν επί το πλείστον με ταφή (εφόσον η απόρριψη τους σε χωματερές απαγορεύθηκε το 2006. Οδηγία 31/99 Ε.Ε.), η επιλογή αυτή σύντομα εγκαταλείφθηκε και λόγω του κινδύνου ανάφλεξης, αλλά και διότι τα ελαστικά μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν και να αξιοποιηθούν με σεβασμό προς το περιβάλλον μέσω διαφόρων τρόπων εναλλακτικής διαχείρισης, όπως:

- i. Επαναχρησιμοποίηση αυτών που είναι σε καλή κατάσταση (αναγόμωση, εμπόριο μεταχειρισμένων). Χρησιμοποίηση στην κατασκευή χώρων ταφής αποβλήτων, κ.λπ.
- ii. Ανακύκλωση μέσω άλεσης τους (παραγωγή τρίμματος μέσω μηχανικής ή κρυογεννούς κοκκοποίησης). Διάφορες άλλες τεχνικές ανακύκλωσης αποτελούν πεδίο έρευνας αν και εφαρμόζονται σε πιλοτική ή επιδεικτική κλίμακα ακόμη και σήμερα (αποβουλκανισμός, πυρόλυση μέσω τεχνολογίας μικροκυμάτων, αεριοποίηση).
- iii. Ανάκτηση ενέργειας και υλικών (μέσω καύσης, πυρόλυσης ή συναποτέφρωσης τους ως καύσιμο σε τσιμεντοβιομηχανίες ή ακόμα και αεριοποίησης αυτών).

Η συνολική ποσότητα όμως των ελαστικών που ανακυκλώνεται αυτή τη στιγμή σε δεδομένο έτος είναι σημαντικά μικρότερη του ετήσιου ρυθμού παραγωγής αυτών. Επομένως, υπάρχει πλέον η επιτακτική ανάγκη έρευνας καινοτόμων χρήσεων των ελαστικών που θα εξασφαλίζουν τη διάθεση τους με περιβαλλοντική ασφάλεια. Έτσι τα τελευταία χρόνια η χρήση των ελαστικών σε γεωτεχνικές και πεδολογικές εφαρμογές φαίνεται να αποκτά ιδιαίτερο επιστημονικό ενδιαφέρον, εξαιτίας των μοναδικών μηχανικών και φυσικών ιδιοτήτων των ελαστικών, χωρίς όμως να δίνεται ιδιαίτερη βαρύτητα στη μελέτη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Οι υπάρχουσες ερευνητικές εργασίες που αφορούν στην επίδραση των ελαστικών στο περιβάλλον αναφέρονται κυρίως στην ποιότητα των υδάτινων πόρων και της ατμόσφαιρας, χωρίς να αναφέρονται στην ποιότητα των εδαφικών πόρων.

Ιδιαίτερο επιστημονικό ενδιαφέρον παρουσιάζει η μη αρνητική επίδραση των ελαστικών στο περιβάλλον κατά την ενσωμάτωσή τους σε τεχνητό χλοοτάπητα αθλητικών εγκαταστάσεων, παρά τις ανησυχίες μιας ενδεχόμενης απελευθέρωσης επικίνδυνων σωματιδίων στον αέρα, το έδαφος και τα υπόγεια νερά και της εισπνοής αυτών από τους κατοίκους της περιοχής και τους χρήστες των εγκαταστάσεων (*Kemi, Swedish Chemicals Inspectorate, 2006; Bocca et al., 2009*). Σύμφωνα με τους *Mota et al. (2009)*, η χρήση επικαλυμμένων κόκκων ελαστικών μείωσαν την έκλυση και εκπομπή στο περιβάλλον πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων και βαρέων μετάλλων. Ακόμη, σύμφωνα με τους *Humphrey and Katz (2001)* δεν παρατηρήθηκε δυσμενής επίπτωση στην ποιότητα των υπόγειων υδάτων από την τοποθέτηση στρώσης τεμαχιδίων ελαστικών πάνω από τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα. Αν και οι συγκεντρώσεις του σιδήρου (Fe) και του ψευδαργύρου (Zn) αυξήθηκαν μέσα στις τάφρους με τα τεμαχίδια των ελαστικών, στη συνέχεια μειώθηκαν στα επίπεδα αναφοράς (background level) ακριβώς 0.6 m κάτω από την κλίση των τάφρων. Παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάζουν και οι *Downs et al. (1996)*, οι οποίοι διενήργησαν έρευνα της ποιότητας του νερού λόγω χρήσης τεμαχίων ελαστικού κάτω από τον υδροφόρο ορίζοντα. Ακόμη, οι *Edil and Bossecher (1992)* κατέληξαν στο ότι η έκλυση ελαστικών δεν είναι πιθανό να έχει αρνητικές επιπτώσεις στα υπόγεια νερά, ενώ και μελέτη που εκπονήθηκε από τους *Humphrey et al. (1997)* δεν εμφάνισε καμία ένδειξη σχετικά με την αύξηση συγκέντρωσης μετάλλων λόγω των τεμαχισμένων ελαστικών.

Αν και υπάρχουν κάποιες έρευνες για τη θετική επίδραση της χρήσης των τεμαχισμένων ελαστικών στις μηχανικές ιδιότητες των εδαφών, δεν υπάρχει σχεδόν καμία αναφορά στην επίδραση αυτών στην ποιότητα των εδαφικών πόρων. Επομένως με βάση τα παραπάνω, κύριος στόχος της παρούσας έρευνας ήταν η μελέτη των εδαφικών ιδιοτήτων μετά την προσθήκη στρώσης βουλκανισμένων τεμαχισμένων ελαστικών επισώτρων σε καλλιέργεια σιταριού και οι τυχόν περιβαλλοντικές επιπτώσεις στο έδαφος.

2.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ

2.1 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΜΕΝΩΝ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ

2.1.1 Σύστημα Διαχείρισης

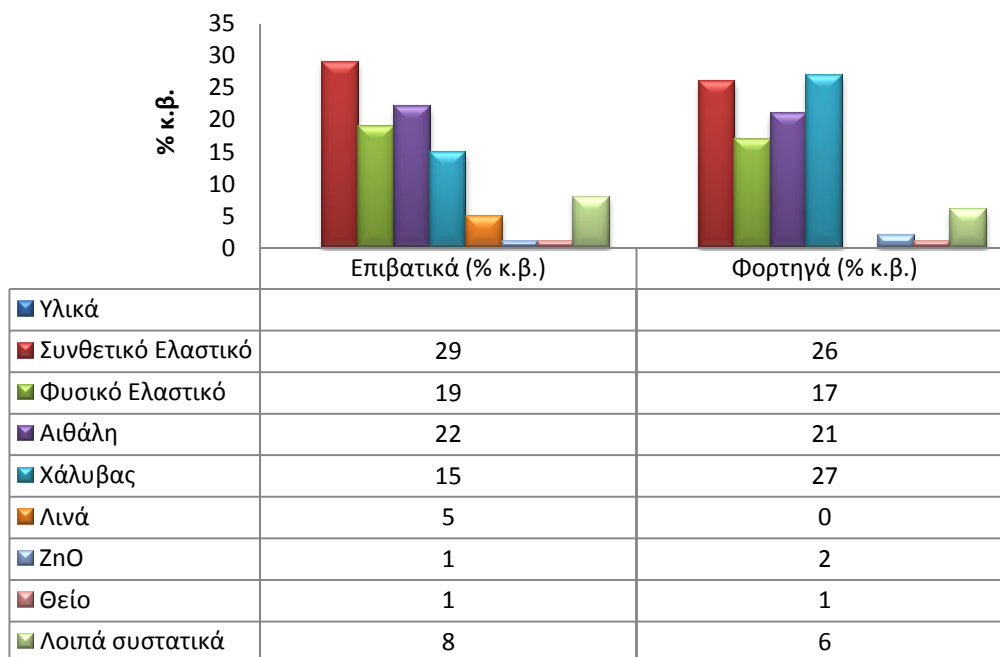
Στη βιομηχανία των ελαστικών χρησιμοποιείται μια μεγάλη ποικιλία συνθέσεων καουτσούκ. Γενικά, το πέλμα αποτελείται από μίγματα καουτσούκ, στυρολίου – βουταδιενίου, πολυβουταδιενίου και φυσικό καουτσούκ συνδυασμένο με άνθρακα και πυρίτιο (σαν ενισχυτικό παράγοντα / συμπλήρωμα), λάδια (σαν μαλακτικοί και διαλυτικοί παράγοντες) και χημικές ουσίες βουλκανισμού (*Konac and Rodgers, 1994*).

Η διαδικασία κατασκευής ξεκινά με την ανάμειξη των βασικών γομών με ειδικά έλαια, άνθρακα, αντιοξειδωτικά, επιταχυντικούς καταλύτες και άλλα πρόσθετα που το καθένα προσδίδει συγκεκριμένες ιδιότητες. Προστίθενται επίσης και άλλα συστατικά, όπως λινά, οξείδιο του ψευδαργύρου, θείο και διάφορες άλλες οργανικές ενώσεις (Πίνακας 1 & 2). Το λάδι και τα ειδικά μαλακτικά κάνουν τη γόμα πιο μαλακή, ενώ τα υπόλοιπα συστατικά τη σκληραίνουν. Πολύ σημαντικός εδώ είναι ο ρόλος που παίζουν ο άνθρακας και το πυρίτιο, τα οποία μειώνουν δραστικά την αντοχή στη φθορά. Ο άνθρακας, εκτός από το να σκληραίνει τη γόμα, φροντίζει να αυξάνει την αντοχή της σε όλων των ειδών τις καταπονήσεις και κυρίως στην αντίσταση στην ολίσθηση. Το πυρίτιο, μειώνει την τριβή ολίσθησης, η οποία επηρεάζει σημαντικά την κατανάλωση ενός αυτοκινήτου, και ταυτόχρονα αυξάνει το φάσμα της ωφέλιμης θερμοκρασίας λειτουργίας ενός ελαστικού. Τέλος, το θείο φροντίζει να δημιουργηθούν οι δεσμοί των μακρομορίων της γόμας. Χρησιμοποιείται επίσης επίστρωση από χάλυβα προκειμένου να αυξηθεί η αντοχή τους στο σημείο όπου ενώνονται με τις ζάντες.

Ο βουλκανισμός αποτελεί την τελευταία και πλέον σημαντική διαδικασία κατά τη δημιουργία της γόμας. Έπειτα από θέρμανση του μίγματος, αναπτύσσονται δεσμοί μεταξύ των μορίων της γόμας και των διάφορων πρόσθετων υλικών, με σχηματισμό τρισδιάστατου πλέγματος (ισοσθενής δεσμοί πολυισοπροπενίου με θείο), και το μίγμα ομογενοποιείται.

Πίνακας 1. Μέση σύσταση ελαστικών αυτοκινήτων.

(Πηγή: *European Tyre Recycling Association, 2006*)



Ενώ, όπως ήδη αναφέρθηκε, το κύριο συστατικό των ελαστικών είναι το συνθετικό καουτσούκ, ο τρόπος σύνθεσης καθώς και οι χημικές ουσίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως προστατευτικοί παράγοντες και ως επεξεργαστές ενίσχυσης μπορεί να διαφέρουν.

Πίνακας 2. Στοιχειακή ανάλυση ελαστικών επίσωτρων (κ.β. : κατά βάρος).

(Πηγή: *MWH 2004, ECOELASTIKA*)

	Επιβατικά	Φορτηγά
Στοιχεία	% κ.β.	% κ.β.
Υγρασία	0,45	0,57
Ανθρακας (C)	89,48	89,65
Υδρογόνο (H)	7,61	7,5
Άζωτο (N)	0,27	0,25
Θείο (S)	1,88	2,09
Οξυγόνο (O)	< 0,01	< 0,01
Χλώριο (Cl)	0,07	0,06
Στάχτη	3,9	5,5

2.1.2 Παραγωγή Ελαστικών

Η παγκόσμια παραγωγή ελαστικών επίσωτρων υπερέβαινε τα 800 εκατομμύρια τεμάχια ετησίως το 2000, ενώ το 2005 έφθανε τα 1,34 δισεκ. τεμάχια ετησίως για επιβατικά και ελαφρά φορτηγά οχήματα (*Βαρελίδης, 2003*). Το 2007, η πώληση ελαστικών για επιβατικά και ελαφρά φορτηγά οχήματα (αντικατάσταση και καινούργια οχήματα) στην Ευρωπαϊκή Ένωση και στην Τουρκία ανήλθε σε 452 εκατ. τεμάχια, μη συμπεριλαμβανομένων των εισαγωγών.

Οι κυριότεροι τύποι ελαστικών που παράγονται είναι τα ελαστικά αυτοκινήτων, φορτηγών, αεροσκαφών, αγροτικών και βιομηχανικών οχημάτων και τα ελαστικά μοτοσυκλετών, μοτοποδηλάτων και ποδηλάτων.

Ο μέσος χρόνος ζωής των ελαστικών οχημάτων έχει σχεδόν διπλασιαστεί τα τελευταία 35 χρόνια, λόγω της αλλαγής δομής του επισώτρου (από διαγώνια σε ακτινωτή διάταξη) καθώς και της βελτίωσης της χημικής σύστασης των υλικών κατασκευής του ελαστικού και στην χώρα μας ανέρχεται σε 3 χρόνια (απώλεια 20% του βάρους τους κατά τη διάρκεια του χρόνου ζωής τους) (*Βαρελίδης, 2003*). Έτσι, ενώ το 1973 ένα ελαστικό μπορούσε να διανύσει 24.000 μίλια, το 2000 μπορούσε να διανύσει περίπου 43.000 μίλια.

Σύμφωνα με τον *Dannis (1974)*, το μέσο ελαστικό ενός επιβατικού αυτοκινήτου διαρκεί για 40.000 km πριν φθαρεί, και κατά τη διάρκεια της ζωής του περίπου το 30% από το πέλμα του φθείρεται και εκπέμπεται στο περιβάλλον.

Κάθε χρόνο, σύμφωνα με την *ETRA* (Ευρωπαϊκή Ένωση για την Ανακύκλωση Ελαστικών), φτάνουν στο τέλος του κύκλου ζωής τους παγκοσμίως 1 δισεκατομμύριο ελαστικά. Από αυτά τα 250.000.000 στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Στην Ελλάδα κάθε χρόνο εισάγονται 47-50.000 τόνοι ελαστικών, το 57% των οποίων είναι ελαστικά επιβατικών και το 43% είναι ελαστικά φορτηγών. Το 20% κατά βάρος των εισαγόμενων ποσοτήτων ελαστικών έρχονται στη χώρα μας με τα εισαγόμενα αυτοκίνητα.

Η αύξηση της αντοχής και του χρόνου ζωής των ελαστικών δεν συνεπάγεται απαραίτητα και τη μείωση της ποσότητας των απορριπτόμενων παλαιών ελαστικών, αφού ο αριθμός των αυτοκινήτων αυξάνεται συνεχώς. Στη περίπτωση των ελαστικών

δεν μπορούμε να μιλάμε για μείωση της χρήσης, όπως μιλάμε για άλλα προϊόντα, προκειμένου να αποφύγουμε την αύξηση της ποσότητας των αποβλήτων.

Όμως, είναι εφικτή η μείωση της ποσότητας των ελαστικών που αποσύρονται, κυρίως μέσω της αύξησης του χρόνου ζωής τους με τη βοήθεια των νέων τεχνολογιών αλλά και της σωστής φροντίδας των ελαστικών από τους οδηγούς.

2.1.3 Μέθοδοι Διαχείρισης Μεταχειρισμένων Ελαστικών

Το πρόβλημα της διαχείρισής των ελαστικών μετά το τέλος του κύκλου ζωής τους οφείλεται στον μεγάλο ειδικό όγκο που καταλαμβάνουν καθώς και στη δομή της κατασκευής τους, όπως ήδη αναφέρθηκε, η οποία είναι πολύ ανθεκτική φυσικοχημικά με αποτέλεσμα να δυσχεραίνεται οποιαδήποτε διαδικασία αποσυναρμολόγησης – αποικοδόμησης και ανακύκλωσής τους.

Με βάση τα παραπάνω, γίνεται κατανοητό ότι υπάρχει άμεση ανάγκη για εύρεση οικονομικά εφικτών και περιβαλλοντικά συνετών εναλλακτικών χρήσεων των ελαστικών μετά το τέλος του κύκλου ζωής τους, με την ανακύκλωση να αποτελεί μονόδρομο για την αειφόρο ανάπτυξη και την προστασία του περιβάλλοντος.

Δυνατές μέθοδοι εναλλακτικής διαχείρισης των ελαστικών μετά το τέλος του κύκλου ζωής τους στην Ελλάδα είναι η αναγόμευση, η επαναχρησιμοποίηση, η ανακύκλωση (παραγωγή τρίμματος και πούδρας) μέσω μηχανικής ή κρυογενούς κοκκοποίησης, καθώς και η χρήση τους ως εναλλακτικό καύσιμο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή στη συναποτέφρωση σε τσιμεντοβιομηχανίες. Ενώ μικρότερες ποσότητες έπειτα από κατάλληλη μηχανική κοκκοποίηση μπορούν να οδηγηθούν στην κατασκευή γηπέδων 5x5, δαπέδων σε παιδικές χαρές ή στην κατασκευή ειδικών ελαστικών προϊόντων, σαμαράκια οδών κ.α.

Η αναγόμευση είναι η πρώτη δυνατότητα χρήσης των παλαιών ελαστικών. Τα αναγομωμένα ελαστικά εξοικονομούν σημαντικά ποσά στους χρήστες, εξασφαλίζοντας τις ίδιες προδιαγραφές με τα καινούργια ελαστικά. Ένα νέο ελαστικό περιέχει περίπου 4.8 κιλά μίγματος ελαστικού. Στην αναγόμευση το παλαιό πέλμα απομακρύνεται από το ελαστικό (μια ποσότητα του πέλματος ανακυκλώνεται με την προσθήκη του στο νέο μίγμα). Το πέλμα ανακατασκευάζεται προσθέτοντας 2-3 κιλά

νέου μίγματος ελαστικού για να καλυφθεί το επίσωτρο προκειμένου να δημιουργηθεί το νέο πέλμα (ETRA).

Η κοκκοποίηση είναι η βάση για την ανάκτηση υλικών πολλών παραγωγικών διαδικασιών. Οι βασικές μέθοδοι τεμαχισμού παλαιού ελαστικού είναι μέσω μηχανικής (πραγματοποιείται σε συνθήκες περιβάλλοντος) ή κρυογονικής (πραγματοποιείται από τους -80°C έως τους 120°C) επεξεργασίας. Η επιλογή της μεθόδου επεξεργασίας εξαρτάται από τα επιθυμητά προϊόντα και τις τιμές πώλησης αυτών (Πίνακας 3). Είναι ο οικονομικότερος χωρικά τρόπος περιορισμού των απορριπτέων ελαστικών που επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση ευρύτατων ποικιλιών πολυμερών. Το ανακυκλωμένο ελαστικό μπορεί να είναι με τη μορφή κόκκου ή αναμορφωμένου λάστιχου και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ολικό ή μερικό υποκατάστατο πρωτογενούς συστατικού. Το ανακυκλωμένο ελαστικό αναμιγμένο με πρωτογενές υλικό μπορεί να προστεθεί σε κάθε είδους προϊόντα από ελαστικό. Η διαδικασία αυτή χρησιμοποιείται για να αυξήσει τη ροή του ανακυκλωμένου υλικού στη παραγωγή νέων ελαστικών (ETRA).

Πίνακας 3. Χρήσεις των τελικών προϊόντων της ανακύκλωσης των ελαστικών (πηγή *ΕΕΔΣΑ, 2005*).

Στάδιο επεξεργασίας	Χρήσεις - Διάθεση υλικών
Προ-τεμαχισμός (Pre-shredding)	Καύση, υλικά κατασκευών, τεχνητές επιφάνειες, σταθεροποιητές, ηχομονώσεις, διάθεση σε ΧΥΤΑ
Τεμαχισμός (Shredding)	Αποχετεύσεις, μονώσεις, υλικά για πλήρωση κενών
Μηχανική κοκκοποίηση/ άλεση (Granulators/ Cutting mills)	Αθλητικές εγκαταστάσεις και δάπεδα, στρώματα, τροχοί, πλακάκια, παγκάκια, υλικά για στέγες, ασφαλτοστρώσεις, υλικά οδοπροστασίας
Κρυογενής κοκκοποίηση	Σόλες παπουτσιών, αθλητικός εξοπλισμός, επικάλυψη καλωδίων, μέρη αυτοκινήτου, επιστρώσεις, πλακάκια, αντιολισθητικά, δάπεδα παιδότοπων, οδοσήματα κλπ.

Στη χώρα μας σημαντικότερες εφαρμογές των ελαστικών μετά το τέλος του κύκλου ζωής τους αποτελούν η θερμική αξιοποίηση στις τσιμεντοβιομηχανίες ως εναλλακτικό καύσιμο καθώς και στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Το καύσιμο που προέρχεται από φθαρμένα ελαστικά (Tire Derived Fuel, TDF) είναι μια πρακτική η οποία περιλαμβάνει τόσες διαφορετικές διαδικασίες, όσες και αυτές της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία με καύσιμο των φούρνων τσιμεντοβιομηχανιών και των αναμικτήρων χαρτοβιομηχανιών, αλλά και στους διαφορετικούς τρόπους πυρόλυσης για την εξαγωγή άνθρακα κλπ. Το TDF μαζί με την αναγόμευση αποτελούν τους κύριους τρόπους ανακύκλωσης ελαστικών, ενώ συμβάλλουν αισθητά στη μείωση των όγκων των αποθέσεων των φθαρμένων ελαστικών.

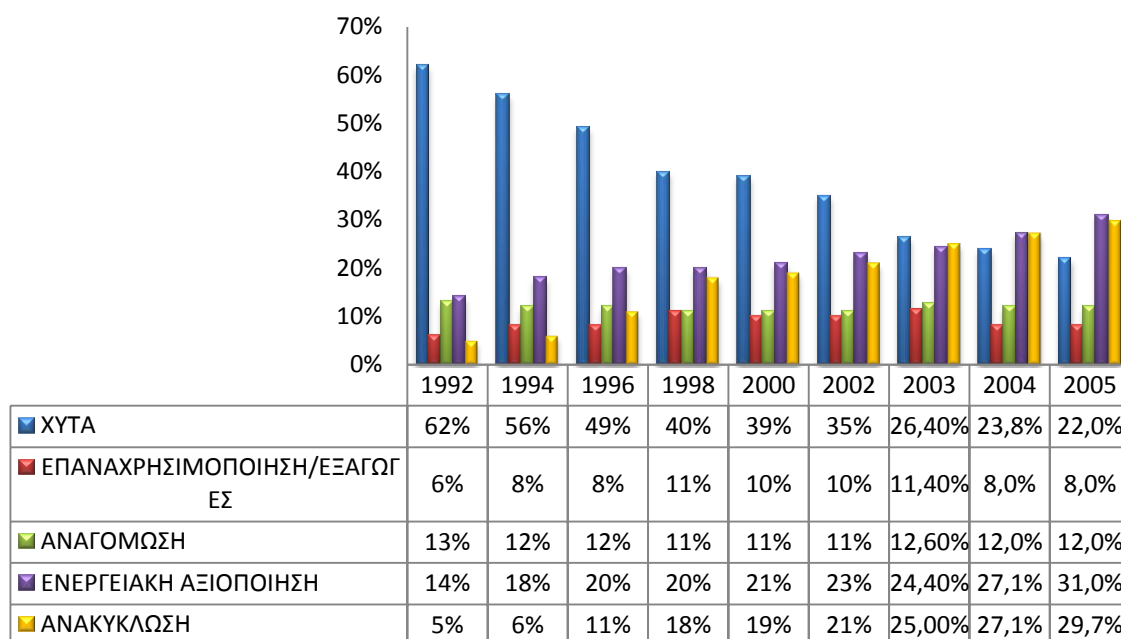
Η αποτέφρωση στις τσιμεντοβιομηχανίες καθίσταται ως μια οικονομικά και περιβαλλοντικά ασφαλής και συμφέρουσα λύση εναλλακτικής διαχείρισης μεγάλων ποσοτήτων ελαστικών μετά το τέλος του κύκλου ζωής τους λόγω των εξής παραγόντων (Συμεωνίδης, 2005):

- ✧ Οι υψηλές θερμοκρασίες που απαιτούνται στην παραγωγική διαδικασία του τσιμέντου
- ✧ Οι οξειδωτικές συνθήκες
- ✧ Το αλκαλικό περιβάλλον
- ✧ Οι μεγάλοι χρόνοι παραμονής των καυσαερίων
- ✧ Η υψηλή θερμική αδράνεια
- ✧ Η έλλειψη εναπομείναντος στάχτης στο κλινκερ
- ✧ Ο συνεχόμενος ανεφοδιασμός με καύσιμα
- ✧ Η γεωγραφική διασπορά των μονάδων τσιμεντοβιομηχανίας, καθώς και
- ✧ Το νομοθετικό πλαίσιο που καθορίζεται με την οδηγία 75/2000 της Ε.Ε.

Όλα τα παραπάνω επιβεβαιώνουν ότι υπάρχει πλήρης καταστροφή του ελαστικού καθώς και των υφασμάτων ινών που περιέχονται σε αυτά, δεν προκύπτει καπνός ή μυρωδιά, υπάρχει μείωση στις εκπομπές αερίων και οι ίνες σιδήρου ενσωματώνονται στο κλινκερ του τσιμέντου. Παράλληλα δεδομένης της ύπαρξης θείου στα ελαστικά, παράγεται διοξείδιο του θείου, το οποίο απορροφάται και εξουδετερώνεται από το οξείδιο του ασβεστίου που παράγεται, καθώς και από άλλα αλκαλικά υλικά μέσα στον κλίβανο.

Το 1992, περίπου το 65% των απορριπτόμενων ελαστικών κατέληγε σε χώρους ταφής. Δεκατρία χρόνια μετά, το 2005 η κατάσταση έχει ήδη αντιστραφεί στην Ε.Ε.

όπου πραγματοποιείται ανακύκλωση, αναγόμευση, επαναχρησιμοποίηση, ανάκτηση ενέργειας στο 78% των χρησιμοποιημένων ελαστικών, ενώ λιγότερο από το 22% καταλήγει σε χώρους ταφής (Σχήμα 1) (ETRA, 2006).



Σχήμα 1. Εξέλιξη της διαχείρισης των ελαστικών στην Ε.Ε. από το 1992 έως το 2005 (πηγή ETRA, 2006).

2.1.4 Χρήση των Ελαστικών σε Γεωτεχνικά & Περιβαλλοντικά Έργα

Σημαντικός αριθμός μελετών (Οικονόμου Ν. & Μαυρίδου Σ., 2008) έχει πραγματοποιηθεί με αντικείμενο τα μηχανικά χαρακτηριστικά τροποποιημένων με ελαστικά εδαφών τόσο σε εργαστηριακό όσο και σε εργοταξιακό επίπεδο (Edil & Bosscher 1994; Aydilek & Wartman 2004; Yoon et al. 2006). Τα χαρακτηριστικά αυτά κρίνουν την καταλληλότητα του ελαστικού ως υλικό για γεωτεχνικά έργα, από άποψη οικονομική, τεχνολογική και περιβαλλοντική, σε συνδυασμό με τις Αμερικανικές Προδιαγραφές ASTM D 6270. Φθαρμένα ελαστικά, διαφόρων μεγεθών κόκκου, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε γεωτεχνικά έργα. Αυτά λόγω του χαμηλού ειδικού βάρους, της ευκολίας διασποράς τους καθώς και των επιθυμητών ιδιοτήτων αποστράγγισης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές όπως επιχώματα, ως δευτερογενές υλικό πλήρωσης σε τοίχους αντιστήριξης, ως ενισχυτικό εδαφών, για το περιορισμό του φαινομένου της διάβρωσης και της διαφορικής καθίζησης εδαφών,

για σταθεροποίηση πρηνών και ως μέσο αποστράγγισης (*Lee 2007; Humphrey & Sandford 1993; Aydilek & Wartman 2004; Yoon et al. 2006*). Η προσθήκη φθαρμένων ελαστικών σε εδάφη και η επιρροή τους στο υπέδαφος και τον υδροφόρο ορίζοντα εξακολουθεί να αποτελεί θέμα συνεχών ελέγχων. Ωστόσο σύμφωνα με αρκετά αποτελέσματα στο πεδίο αυτό προέκυψε μηδαμινή, εντός των επιτρεπτών ορίων, ρύπανση του υδροφόρου ορίζοντα (*Tatlisoz et al. 1996*). Επιπρόσθετα, τα τεμάχια ελαστικού έχουν σχετικά υψηλή ικανότητα απορρόφησης οργανικών χημικών ενώσεων με βάση ανάλογες μετρήσεις (*Park et al. 1996*).

Τέλος, στις ΗΠΑ διερευνάται η χρήση του ελαστικού ως απορροφητικό μέσο. Εξαιτίας της μεγάλης αντοχής του ελαστικού στο νερό, το σκραπ των ελαστικών είναι δυνατόν να απορροφήσει και άλλα υγρά. Ορισμένες εργασίες σε Πανεπιστήμια των Η.Π.Α. πάνω στην προσρόφηση του πετρελαίου, από πολύ μικρά κομμάτια ελαστικών απέδειξαν ότι η απορροφητική δράση του καουτσούκ θα μπορούσε να παρομοιαστεί με αυτή του σφουγγαριού. Άλλες εργασίες, διαπίστωσαν ότι το καουτσούκ των ελαστικών ήταν σε θέση να απορροφήσει σε μεγάλες ποσότητες ουσίες όπως: οι υδρογονάνθρακες (τόσο σε υγρή όσο και σε αέρια μορφή), πολυχλωριομένα διφαινύλια (PCB's), μελάνι εκτυπωτών, λάσπη βιολογικών καθαρισμών και άλλα ελαιώδη απόβλητα (*Kershaw et al., 1997*). Στη συνέχεια το σκραπ του ελαστικού κομποστοποιείται. Έτσι εξετάζεται το ενδεχόμενο αντικατάστασης των ροκανιδιών (μικρά ξύλινα κομμάτια), με τρίμματα καουτσούκ προερχόμενα από παλιά ελαστικά, τα οποία χρησιμοποιούνται για την κομποστοποίηση της λάσπης που προκύπτει από την βιολογική επεξεργασία αστικών υγρών αποβλήτων. Σύμφωνα με τους υποστηρικτές αυτής της τεχνικής, με την προώθηση της μεθόδου της κομποστοποίησης είναι δυνατόν να εξαντληθεί το απόθεμα των παλιών ελαστικών με παράλληλη αξιοποίηση του.

2.1.5 Ελαστικά και Περιβάλλον

Μελέτες που πραγματοποιήθηκαν με αντικείμενο την ανάλυση των τμημάτων των ελαστικών στο περιβάλλον αποκάλυψαν ότι τα τεμαχίδια των ελαστικών είναι παρόν σε όλα τα περιβαλλοντικά τμήματα, περιλαμβανομένου του αέρα, του νερού, του εδάφους / ιζημάτων και των ζωντανών οργανισμών.

Η μεγαλύτερη φθορά των ελαστικών λαμβάνει χώρα κατά την κίνηση των οχημάτων. Το πραγματικό ποσοστό φθοράς ωστόσο, εξαρτάται από μια σειρά παραγόντων όπως το στυλ οδήγησης (ανάπτυξη ταχύτητας οχημάτων), οι καιρικές συνθήκες, καθώς και τα χαρακτηριστικά των ελαστικών και του δρόμου (*European Environmental Agency (EEA), 2003*). Έχει αποδειχθεί ότι το ποσοστό φθοράς, αρκετές φορές είναι μεγαλύτερο κατά τη διάρκεια της αστικής οδήγησης από ότι κατά τη διάρκεια οδήγησης σε αυτοκινητόδρομο, εξαιτίας της αυξημένης επιτάχυνσης, του φρεναρίσματος και των στροφών στις πόλεις (*Stalnaker et al., 1996*). Κάτω από αυτές τις έντονες συνθήκες τα μικροτεμαχίδια ελαστικών (διάμετρο < 10 μm) απελευθερώνονται στο περιβάλλον και εναποτίθενται στο δρόμο ή κοντά σε αυτόν (*Pierson and Brachaczek 1974; Cadle and Williams, 1978; Fauser, 1999*). Από τα τεμαχίδια αυτά της φθοράς των ελαστικών, λιγότερο από το 5% είναι αερομεταφερόμενα και λιγότερο από 1% εκπέμπονται με τη μορφή αέριων (υδρογονάνθρακες και ενώσεις του θείου) εκπομπών.

Μελέτες έχουν αποδείξει ότι οι συγκεντρώσεις των τεμαχιδίων των ελαστικών στη σκόνη του δρόμου μειώνεται με την απόσταση του δρόμου από το σημείο δειγματοληψίας, ενώ ο *Saito (1989)* αναφέρει ότι δεν υπήρχαν τεμαχίδια ελαστικών σε σκόνη που συλλέχθηκε σε απόσταση 30 μέτρων από το δρόμο. Ενώ και όσον αφορά τις συγκεντρώσεις των σωματιδίων των ελαστικών στο έδαφος, οι *Cadle and Williams (1978)* και *Fauser (1999)* αναφέρουν ότι οι συγκεντρώσεις αυτές μειώνονται δραστικά με την απόσταση από το δρόμο, και οι μειώσεις αυτές είναι >80% σε 30 μέτρα απόσταση από το δρόμο. Ακόμη, έχει αποδειχθεί ότι σε βάθος 3 εκατοστών οι συγκεντρώσεις των σωματιδίων των ελαστικών είναι 40 φορές χαμηλότερες από ότι στην επιφάνεια του εδάφους.

Όσον αφορά τις συγκεντρώσεις των σωματιδίων φθοράς των ελαστικών που μπορούν να συσσωρευτούν στα ιζήματα, οι υψηλότερες συγκεντρώσεις φαίνεται να παρατηρούνται σε περιοχές έντονης κυκλοφοριακής κίνησης και όπου το μοντέλο οδήγησης προκαλεί αυξημένο ρυθμό φθοράς. Οι *Wik et al. (2008)* ανέλυσαν τον εκχυλίσμο οργανικό ψευδάργυρο στα ιζήματα 18 συστημάτων κράτησης της απορροής του δρόμου και τις υψηλότερες συγκεντρώσεις τις βρήκαν σε δύο μικρές λίμνες που λαμβάνουν απορροή από μια γέφυρα με μια Μέση Ετήσια Ημερήσια Κυκλοφορία (ΜΕΗΚ) 12.500 οχήματα.

Σύμφωνα με τους *Fausser et al. (2002)* η συγκέντρωση μικροτεμαχιδίων ελαστικών που μεταφέρονταν με τον αέρα, μεγέθους μικρότερου από 1 μm , ήταν 40-50% υψηλότερη σε απόσταση 18 μέτρων από έναν δρόμο από ότι σε απόσταση 3 μέτρων. Η συγκέντρωση των μεγαλύτερων τεμαχιδίων, εντούτοις, βρέθηκε να μειώνεται με την απόσταση από το δρόμο. Δεν παρατηρήθηκε καμία ουσιαστική μείωση των συγκεντρώσεων στον αέρα μέσα σε μια απόσταση 30 μέτρων από έναν αυτοκινητόδρομο. Οι *Kim et al. (1990)*, βρήκαν τις συγκεντρώσεις των σωματιδίων φθοράς των ελαστικών σε ύψος 86 μέτρων, πάνω από ένα δρόμο, να είναι περίπου 30% των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων λίγο πάνω από το δρόμο. Επομένως, τα μικρότερα τεμαχίδια μπορούν να μεταφερθούν σε σχετικά μεγάλες αποστάσεις και οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία που συνδέονται με την εισπνοή αυτών είναι κατά ένα μεγάλο μέρος άγνωστες.

Τα δεδομένα οικοτοξικότητας για το χερσαίο περιβάλλον είναι πολύ λίγα. Μελέτες προσπάθησαν να αξιολογήσουν τις επιπτώσεις των ελαστικών γενικά στο χερσαίο περιβάλλον, εξετάζοντας τη μεγάλη συμμετοχή τους στις μειωμένες παραγωγές των κοινών φασολιών *Phaseolus (Schulz, 1987)*, της ανάπτυξης του *Chrysanthemum* (χρυσάνθεμο) (*Bowman et al., 1994*), του *Pelargonium* (πελαργόνιο) (*Newman et al., 1997*), της *Petunia* (πετούνια) και του *Impatiens*. Μετά την έρευνα, διαπιστώθηκε ότι το πιο ευαίσθητο φυτό ήταν η πετούνια. Μια αύξηση 5% των μορίων ελαστικού στην περιοχή που καλλιεργήθηκε, είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της ανάπτυξής του κατά 2%. Το μέγεθος του λάστιχου που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή τη μελέτη ήταν κυρίως χονδροειδή τεμαχίδια (>2mm). Οι δοκιμές με το χρυσάνθεμο έδειξαν ότι τα λεπτά τεμαχίδια (<2mm), προκάλεσαν σημαντικά μικρότερη ανάπτυξη με υψηλότερες συγκεντρώσεις ψευδάργυρου, έναντι των χονδροειδών μορίων. Σε όλες τις προαναφερθείσες δοκιμές φυτών, η μειωμένη ανάπτυξη φυτών αποδόθηκε στην τοξικότητα του ψευδάργυρου (καθώς τα σωματίδια φθοράς των ελαστικών είναι μια σημαντική πηγή ψευδαργύρου (*Davis et al., 2001; Councell et al., 2004; Hjortenkrans et al., 2007*). Δεν παρατηρήθηκε ωστόσο καμία μείωση του ποσοστού νιτροποίησης. Επιπλέον, βρέθηκε ότι μεταφορά μορίων ελαστικού και ταυτόχρονη αύξηση στο pH του εδάφους, περιόρισε την κινητοποίηση ψευδάργυρου και έτσι την τοξικότητά του (*Wik & Dave, 2008*).

Στους υδρόβιους οργανισμούς, ο κίνδυνος σχετίζεται κυρίως με την πρώτη επιφανειακή απορροή μετά από έντονη βροχόπτωση, λόγω της υψηλής συγκέντρωσης

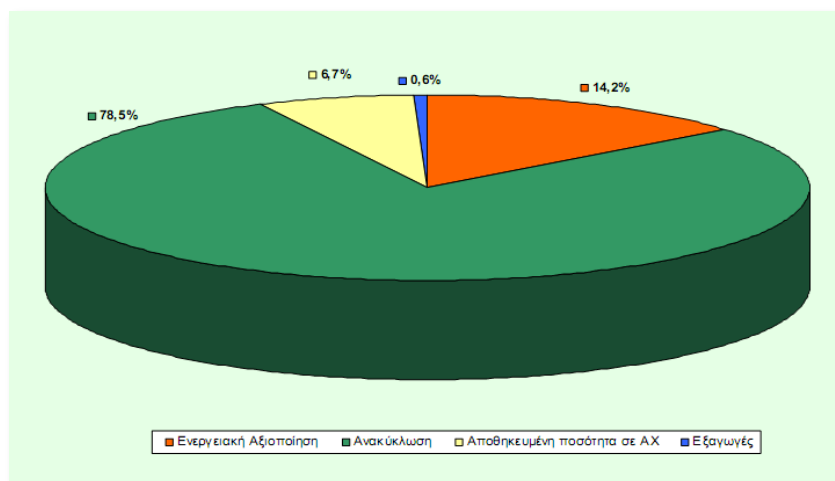
στο οδόστρωμα και στο έδαφος συστατικών των ελαστικών που προκαλούν τοξικότητα. Αυτό σημαίνει ότι οι μηχανισμοί συγκράτησης απορροών είναι σημαντικοί στην προστασία των επιφανειακών υδάτων. Η τοξικότητα της απόπλυσης μορίων ελαστικών στα υδατικά οικοσυστήματα, έχει ερευνηθεί σε διάφορες εργαστηριακές μελέτες χρησιμοποιώντας είδη που ανήκουν σε διαφορετικά taxa, όπως ψάρια, κωπήποδα, δεκάποδα, βακτήρια και άλγη. Στις περισσότερες διαπιστώθηκε οξεία τοξικότητα, εκτός ορισμένων περιπτώσεων όπου η απόπλυση μορίων γινόταν από ολόκληρο το ελαστικό (*Gualtieri et al., 2005b*).

Τα ελαστικά, όπως έχει ήδη αναφερθεί, δεν αποσυντίθενται εύκολα και γι' αυτό όταν εναποτίθενται σε ρεματιές και στο περιβάλλον γενικότερα, παραμένουν για πολύ μεγάλο διάστημα. Τα εγκαταλειμμένα στο περιβάλλον ελαστικά προκαλούν εκτός των άλλων και οπτική-αισθητική όχληση. Ακόμη, τα χρησιμοποιημένα ελαστικά όταν απορρίπτονται ανεξέλεγκτα μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα υγείας καθώς αποτελούν εστίες αναπαραγωγής εντόμων και τροφτικών τα οποία μπορούν να μεταφέρουν στον άνθρωπο μολυσματικές ασθένειες. Τα πεταμένα στο περιβάλλον ελαστικά αποτελούν εστία ανάφλεξης, γιατί είναι εύφλεκτα. Στην περίπτωση της ανάφλεξης των ελαστικών, ο κίνδυνος ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι υπαρκτός και παράγεται πυκνός μαύρος καπνός στον οποίο απαντάται βενζόλιο, πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες και φαινόλες τα οποία επηρεάζουν την ανθρώπινη υγεία (*Moreno et al., 2007*).

2.1.6 Η κατάσταση στην Ελλάδα

Στη χώρα μας δεν παράγονται πια ελαστικά. Τα δύο εργοστάσια παραγωγής ελαστικών που υπήρχαν στη Θεσσαλονίκη και την Πάτρα, διέκοψαν τη λειτουργία τους το 1991 και το 1996 αντίστοιχα, και από τότε στη χώρα μας εισάγονται ελαστικά. Η ετήσια ποσότητα μεταχειρισμένων ελαστικών στην Ελλάδα είναι περίπου 50.000 τόνοι, που χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο για ανακύκλωση όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.

Σύμφωνα με την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδας ο μέσος χρόνος ζωής των ελαστικών στη χώρα μας φθάνει τα 3 χρόνια (*Ε.Σ.Υ.Ε, 2007*).



Σχήμα 2: Ποσοστιαία ανάλυση διαχειριζόμενων ποσοτήτων (01/01/07 - 31/12/07) στην Ελλάδα (πηγή *ECOELASTIKA* www.ecoelastika.gr).

Τον Ιούλιο του 2004 εγκρίθηκε στη χώρα μας το σύστημα εναλλακτικής διαχείρισης παλαιών ελαστικών «ECOELASTIKA Α.Ε.», που δημιουργήθηκε από τους κυριότερους εισαγωγείς ελαστικών στην Ελλάδα σε εφαρμογή του ΠΔ 109/2004.

Η διαχείριση ξεκινά με τη συλλογή των μεταχειρισμένων ελαστικών από τα βουλκανιζατέρ, τα διαλυτήρια αυτοκινήτων, τα συνεργεία και τα αναγομωτήρια. Ο κατάλογος των σημείων συλλογής που εξυπηρετεί η εταιρία πανελλαδικά ξεπερνάει τα 3.000 καταστήματα. Με ένα τηλεφώνημα τα σημεία συλλογής έρχονται σε επαφή με τους συμβεβλημένους ή συνεργαζόμενους μεταφορείς της Ecoelastika και εκείνοι τα οδηγούν στις εταιρείες αξιοποίησης ή ανακύκλωσης ανάλογα με τις υποδείξεις του συστήματος.

Το ποσοστό ανάκτησης μέσω του συστήματος εναλλακτικής διαχείρισης ανέρχεται στο 100% της απορριπτόμενης ποσότητας, η οποία υπολογίζεται σε 50.000 τόνους ετησίως. Οι συνηθέστερες χρήσεις των μεταχειρισμένων ελαστικών είναι η μηχανική επεξεργασία για ανακύκλωση και η συναποτέφρωση σε ενεργοβόρες βιομηχανίες (π.χ. τσιμεντοβιομηχανία). Ο μεγάλος αριθμός των διαχειριζόμενων ποσοτήτων αυξάνει και την ανάγκη για την ανάπτυξη νέων αγορών απορρόφησης προϊόντων από μεταχειρισμένα ελαστικά όπως και την ανάγκη για τη διεύρυνση των υπάρχουσών αγορών.

Η εναλλακτική διαχείριση των μεταχειρισμένων ελαστικών αναμένεται ότι θα συμβάλει στην επιμήκυνση του διαθέσιμου χρόνου ζωής των Χώρων Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) σε ολόκληρη την χώρα που παραμένει ένα ιδιαίτερα οξύ πρόβλημα στις μέρες μας. Ήδη από τον Ιούλιο του 2003 ισχύει και στην χώρα μας η απαγόρευση διάθεσης ολόκληρων μεταχειρισμένων ελαστικών σε χώρους υγειονομικής ταφής και από τον Ιούλιο του 2006 έχει απαγορευθεί η διάθεση και τεμαχισμένων ελαστικών.

2.1.7 Νομοθεσία για τη Διαχείριση των Ελαστικών

Το νομοθετικό πλαίσιο που διέπει την διαχείριση ελαστικών στην χώρα μας είναι :

- Νόμος 2939/01 για την εναλλακτική διαχείριση των υλικών συσκευασίας και άλλων προϊόντων.
- Προεδρικό Διάταγμα (ΠΔ 109/2004): θέτει προδιαγραφές και στόχους για την διαχείριση των μεταχειρισμένων ελαστικών στην Ελλάδα.
- ΥΑ 106157/04: Έγκριση του συλλογικού συστήματος εναλλακτικής διαχείρισης της εταιρείας Ecoelastika.
- ΚΥΑ 50910/2727: Μέτρα και Όροι για τη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων. Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης.
- Πλήρης απαγόρευση διάθεσης παλαιών ελαστικών στους ΧΥΤΑ από τον 07/2006 (Οδηγία 31/99 Ε.Ε.).

Στο πλαίσιο αυτό, οι ευθύνες των εμπλεκομένων στην εισαγωγή, διακίνηση και εμπορία ελαστικών είναι οι εξής:

- ✧ Οι διακινητές και οι τελικοί πωλητές να διακινούν ελαστικά, τα οποία ανήκουν σε κάποιο πιστοποιημένο «σύστημα».
- ✧ Οι εισαγωγείς να μεριμνούν για τον βέλτιστο τρόπο διαχείρισης όλων των μεταχειρισμένων ελαστικών που συλλέγονται από τα σημεία περισυλλογής.

- ✧ Τα καταστήματα βουλκανιζατέρ να παραδίδουν τα παλαιά τους ελαστικά σε κάποιο πιστοποιημένο σύστημα εναλλακτικής διαχείρισης.
- ✧ Οι ιδιοκτήτες, κάτοχοι ή τελικοί χρήστες να τα μεταφέρουν οι ίδιοι και να τα παραδίδουν σε σημεία συλλογής ή σε νόμιμους συλλέκτες ή σε εγκεκριμένα συστήματα εναλλακτικής διαχείρισης.

Όμως, γίνεται λόγος για τον τρόπο διαχείρισης των χρησιμοποιημένων ελαστικών σε τρεις Οδηγίες της Ε.Ε.

- ✧ την Οδηγία για την Υγειονομική Ταφή των Αποβλήτων (1999/31/EC)
- ✧ την Οδηγία για τα Οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους (2000/53/EC)
- ✧ την Οδηγία για την Αποτέφρωση των Αποβλήτων (2000/76/EC).

Με την Οδηγία για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων (1999/31/EC) απαγορεύτηκε από τον Ιούλιο του 2003 η απόρριψη ολόκληρων των ελαστικών σε ΧΥΤΑ και από τον Ιούλιο του 2006 απαγορεύεται και η απόρριψη των τεμαχισμένων ελαστικών.

Στην Οδηγία για τα οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους (2000/53/EC) γίνεται σύντομη αναφορά στα ελαστικά. Η Οδηγία θέτει μέτρα στοχεύοντας στην πρόληψη της παραγωγής αποβλήτων από τα μεταχειρισμένα αυτοκίνητα και στην προώθηση της επαναχρησιμοποίησης, της ανακύκλωσης, και άλλων μορφών ανάκτησης των οχημάτων στο τέλος του κύκλου ζωής τους και των εξαρτημάτων τους. Με λίγα λόγια, θέτει στόχους ανακύκλωσης και ανάκτησης που πρέπει να επιτευχθούν μέχρι το 2015 και οι οποίοι αφορούν και τα ελαστικά. Επίσης, η Οδηγία ορίζει ότι θα πρέπει να παρθούν τα κατάλληλα μέτρα, έτσι ώστε τα οχήματα που κατασκευάζονται, των εξαρτημάτων τους συμπεριλαμβανομένων, να μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν, να ανακτηθούν και να ανακυκλωθούν. Τον Φεβρουάριο του 2003 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εξέδωσε την απόφαση 2003/138/EC, για τη θέσπιση προτύπων κωδικοποίησης για τα κατασκευαστικά στοιχεία και τα υλικά, στην οποία προβλέπεται και η κωδικοποίηση των ελαστικών (ΕΚΠΑΑ, 2008; ΦΕΚ Α' 81/5.3.2004; ΦΕΚ 1145B/28-07-2004; ΦΕΚ 1909B/22-12-2003).

Η Οδηγία για την Αποτέφρωση των Αποβλήτων (2000/76/EC), περιλαμβάνει ειδικές διατάξεις για τους τσιμεντοκλιβάνους που συναποτεφρώνουν απόβλητα και θέτει κάποιες οριακές τιμές εκπομπών.

Επίσης σύμφωνα με την Οδηγία:

- ✧ για την εφαρμογή των οριακών τιμών εκπομπών οξειδίων αζώτου NO_x, οι τσιμεντοκλιβάνοι που λειτουργούν και έχουν λάβει άδεια σύμφωνα με την ισχύουσα κοινοτική νομοθεσία, οι οποίοι αρχίζουν να συναποτεφρώνουν απόβλητα μετά τις 28 Δεκεμβρίου 2004, δεν θεωρούνται ως νέες μονάδες.
- ✧ Μέχρι την 1η Ιανουαρίου 2008, οι αρμόδιες αρχές μπορούν να επιτρέψουν εξαιρέσεις όσον αφορά τα οξειδία αζώτου NO_x για τους υφιστάμενους τσιμεντοκλιβάνους υγρής μεθόδου ή για τσιμεντοκλιβάνους οι οποίοι καίνε λιγότερο από τρεις τόνους αποβλήτων ανά ώρα, εφόσον η άδεια προβλέπει συνολική οριακή τιμή εκπομπών οξειδίων αζώτου NO_x το πολύ 1200 mg/m³.
- ✧ Μέχρι την 1η Ιανουαρίου 2008, οι αρμόδιες αρχές μπορούν να επιτρέψουν εξαιρέσεις όσον αφορά τον κονιορτό για τους τσιμεντοκλιβάνους που καίνε λιγότερο από τρεις τόνους αποβλήτων ανά ώρα, εφόσον η άδεια προβλέπει συνολική οριακή τιμή εκπομπών το πολύ 50 g/m³.

2.2 ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Το νερό είναι μοναδικός φυσικός πόρος, τόσο διότι είναι απαραίτητο για την επιβίωση των ανθρώπων και των άλλων οργανισμών του πλανήτη, όσο και διότι, σε μακροχρόνια κλίμακα, θεωρητικά η συνολική διαθέσιμη ποσότητα νερού σε κάθε περιοχή, είναι περίπου σταθερή (Αντωνόπουλος, 2001). Ωστόσο, οι υδατικοί πόροι αποτελούν και μια βασική παράμετρο αναπτυξιακής διαδικασίας και της ισορροπίας των οικοσυστημάτων, με αποτέλεσμα η οικονομία ολόκληρων κρατών και περιοχών να εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από την επάρκεια και την ποιότητα αυτών. Έτσι, αναγνωρίζεται σήμερα ότι η έλλειψη νερού αποτελεί μια τεράστια απειλή για την παγκόσμια ανάπτυξη, αν δεν διαχειριστεί σωστά (Χαρτζουλάκης & Μπερτάκη, 2009).

2.2.1 Το Νερό ως Φυσικός Πόρος

Το νερό είναι ένα σημαντικό αγαθό αλλά και ρυθμιστικός παράγοντας για την οικονομική, κοινωνική και πολιτισμική ανάπτυξη μιας χώρας. Αν και το αγαθό αυτό φαίνεται να υπάρχει σε αφθονία στη γη, αφού το 70% της επιφάνειάς της καλύπτεται από νερό, η τελική διαθέσιμη και κατάλληλη για χρήση ποσότητα του είναι πολύ μικρή και άνισα κατανεμημένη στον χώρο και στον χρόνο. Κατά συνέπεια, η ανεπάρκεια του νερού αποτελεί διεθνές ζήτημα και πρόβλημα το οποίο απασχολεί την παγκόσμια κοινότητα και δημιουργεί διενέξεις, καθώς πολλοί πιστεύουν ότι μπορεί να αποτελέσει την αιτία ενός μελλοντικού πολέμου, ανάμεσα σε χώρες που μοιράζονται νερά από διασυνοριακά ποτάμια, λίμνες και υπόγειους υδροφορείς. Επομένως, η ανεπάρκεια και η ανισοκατανομή των υδατικών πόρων καθιστούν απολύτως αναγκαία τη βέλτιστη διεύθετηση και διαχείρισή αυτών (Μιμίκου, 2009).

Τις τελευταίες δεκαετίες οι φυσικοί πόροι του πλανήτη έχουν υποστεί υπερεκμετάλλευση που οφείλεται στην αύξηση του πληθυσμού της γης και στη συνεχή ζήτηση για βελτίωση του επιπέδου διαβίωσης μεγάλων κοινωνικών ομάδων. Στους υδάτινους πόρους ειδικότερα, οι μεγαλύτερες πιέσεις προέρχονται από την αρδευόμενη γεωργία, αφού σε πολλές περιοχές του πλανήτη με ξηρές ή ημίξηρες κλιματικές συνθήκες αυτή είναι υπεύθυνη για την κατανάλωση του 80% περίπου των διαθέσιμων υδατικών πόρων. Η μεγάλη αυτή κατανάλωση νερού για άρδευση, δημιουργεί επιπλέον και ποιοτική επιβάρυνση στους υπόγειους υδροφορείς και στο περιβάλλον γενικότερα, λόγω της έκπλυσης λιπασμάτων και αγροχημικών ουσιών που χρησιμοποιούνται στις καλλιέργειες. Έτσι η αρδευόμενη γεωργία βρίσκεται και

καλείται να λειτουργήσει ανάμεσα σε δύο αντικρουόμενες πραγματικότητες. Η μία πραγματικότητα είναι το γεγονός, ότι πρέπει να ικανοποιήσει τις ανάγκες διατροφής και τις αυξανόμενες προσδοκίες για πιο άνετη ζωή όλο και περισσότερων ατόμων. Η άλλη είναι οι περιορισμοί που υπάρχουν στην εκμετάλλευση των φυσικών πόρων και στη δυνατότητα απορρόφησης των περιβαλλοντικών στρεβλώσεων που δημιουργούνται από την εκμετάλλευσή τους. Το γεγονός αυτό επιβάλλει την ορθολογική διαχείριση των φυσικών πόρων και δημιουργεί τη συνεχή ανάγκη για βελτίωση των μεθόδων διαχείρισης αυτών (Αλεξίου, 2005).

Στη χώρα μας, η συγκέντρωση του πληθυσμού στα αστικά κέντρα, η ευρύτατη και ανεξέλεγκτη εφαρμογή χημικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων στη γεωργία, η ραγδαία αυξανόμενη εισαγωγή χημικών ουσιών στο περιβάλλον και η ευρύτατη διασυνοριακή μεταφορά ρύπων σε συνδυασμό με την απουσία συστηματικής εφαρμογής μέτρων ελέγχου, είχε ως αποτέλεσμα τη γενική αλλαγή των υδρογεωλογικών κύκλων και το συνεχώς αυξανόμενο έλλειμμα νερού που συνοδεύεται από υποβάθμιση της ποιότητάς του ως φυσικό πόρο (Μιγκίρος, 2008).

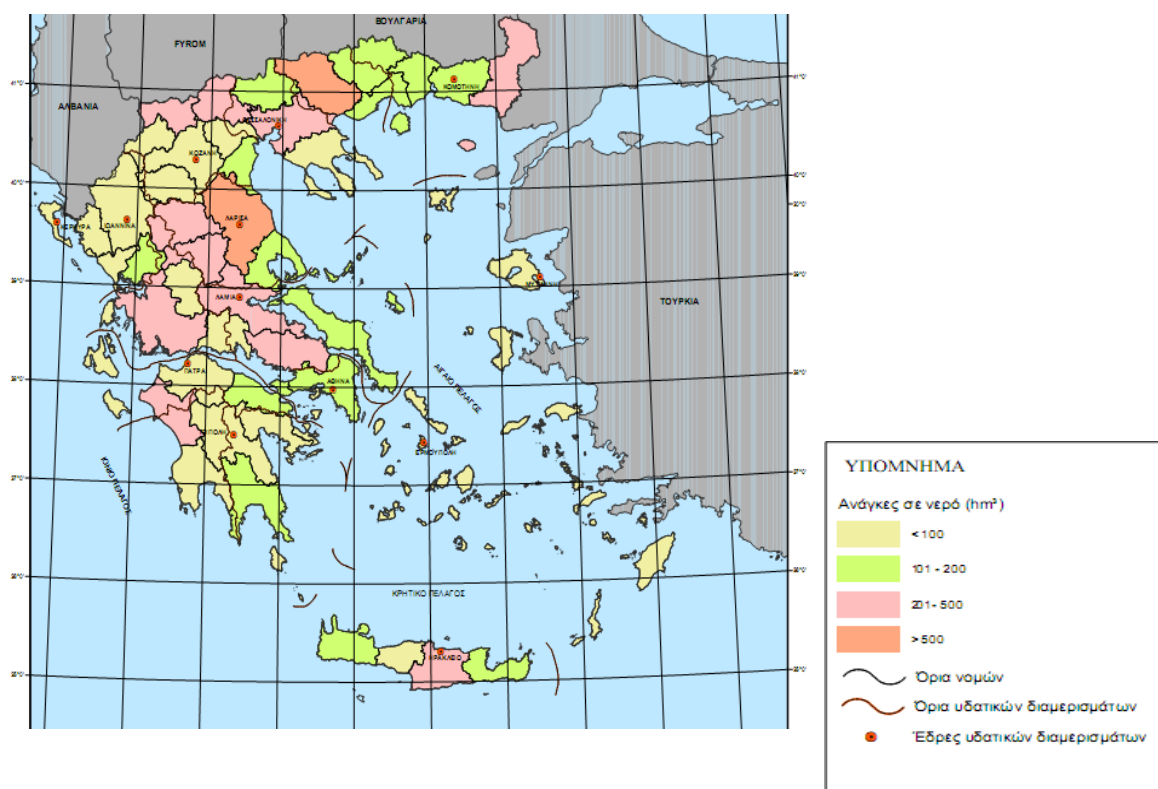
2.2.2 Αγροτική παραγωγή & Νερό

Η γεωργία είναι ο μεγαλύτερος καταναλωτής νερού (70% σε παγκόσμιο επίπεδο και πάνω από 80% στις περισσότερες Μεσογειακές χώρες), για τη παραγωγή τροφίμων, πρώτων υλών αλλά και παροχή εργασίας σε εκατομμύρια κατοίκων των αγροτικών περιοχών. Τα τελευταία χρόνια όμως, τόσο η ξηρική όσο και η αρδευόμενη γεωργία δέχονται ισχυρές πιέσεις από την έλλειψη νερού με αποτέλεσμα να απειλείται η διαβίωση δισεκατομμυρίων ανθρώπων, κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες, εφόσον το νερό αποτελεί ένα περιοριστικό παράγοντα για την οικονομική ανάπτυξη και βελτίωση του βιοτικού επιπέδου των χωρών αυτών (Hamdy *et al.*, 1995).

Η γεωργική παραγωγή της Ελλάδας προέρχεται από την καλλιέργεια συνολικής έκτασης 39.638.000 στρέμματα. Το ποσοστό των αρδευόμενων γεωργικών γαιών ανέρχεται στο 32% του συνόλου, ενώ περίπου το 60% των πεδινών εδαφών αρδεύεται. Ειδικότερα, από τα συλλογικά εγγειοβελτιωτικά έργα αρμοδιότητας του Υπουργείου Γεωργίας αρδεύεται ποσοστό 40% της συνολικά αρδευόμενης έκτασης, δηλαδή 5.200.000 στρέμματα επί συνόλου 13.200.000 (Σχήμα 3). Από αυτά το 35–40% με επιφανειακές μεθόδους, το 50–55% με συστήματα καταιονισμού, και το 10%

με στάγδην άρδευση και λοιπά συστήματα μικροαρδεύσεων. Το υπόλοιπο 60% των αρδευόμενων εκτάσεων της χώρας αρδεύεται από ιδιωτικά αρδευτικά έργα. Παρά το γεγονός ότι στις εκτάσεις αυτές καταναλώνεται πάνω από το 80% του διαθέσιμου νερού, οι απαιτήσεις των καλλιεργειών δεν ικανοποιούνται πλήρως. Αναμφίβολα αυτό είναι αποτέλεσμα κακής διαχείρισης που συνεπάγεται τη μείωση της παραγωγής και εισοδήματος.

Η Ελλάδα θεωρείται πλούσια χώρα σε νερό, με το μέσο ύψος των ετήσιων βροχοπτώσεων να φτάνει στα 700 mm, που αντιστοιχεί σε 115 δισ. m³. Από αυτά χάνεται το 50% λόγω εξατμισοδιαπνοής και το 30% (περίπου 35 δισ. m³) λόγω επιφανειακής απορροής (καταλήγουν στη θάλασσα). Η άνιση κατανομή των βροχοπτώσεων, τα ακραία καιρικά φαινόμενα και οι ανθρωπογενείς παρεμβάσεις έχουν σαν αποτέλεσμα τα φαινόμενα λειψυδρίας που παρατηρούνται σε ορισμένες περιοχές της χώρας.



Σχήμα 3: Ανάγκες σε νερό κατά Νομό (πηγή ΥΠΑΑΤ, 2002)

Τα διαθέσιμα υδατικά αποθέματα διαρκώς μειώνονται και η δυνατότητα ανεύρεσης νέων πηγών καλής ποιότητας νερού έχει περιορισθεί σημαντικά. Κάτω από αυτές τις συνθήκες, η εξοικονόμηση υδατικών πόρων αποκτά μεγάλη σημασία, ιδιαίτερα στη

γεωργία. Το συντριπτικά μεγάλο ποσοστό των καταναλωτικών χρήσεων νερού στην Ελλάδα (μεγαλύτερο του 80%), ανήκει στην άρδευση όπως έχει ήδη αναφερθεί. Αυτό το ποσοστό, που είναι μεγαλύτερο σε σχέση με κάθε άλλη ευρωπαϊκή χώρα, έχει θεωρηθεί από πολλούς ως δείκτης της κυριαρχίας της αγροτικής παραγωγής στην χώρα. Το ποσοστό αυτό, καθώς και οι διαφοροποιήσεις σε σχέση με άλλες ευρωπαϊκές χώρες, επιβάλλονται από φυσικούς παράγοντες και κυρίως την κλιματολογία της χώρας (Καλλιτσάρη, 2009).

Τη μελλοντική όμως προοπτική της γεωργικής παραγωγής και κατ' επέκταση της επισιτιστικής ασφάλειας απειλεί άμεσα και η κλιματική αλλαγή, που θα έχει αρκετές και πολύπλοκες επιπτώσεις. Ο όγκος, η ποιότητα και η σταθερότητα της γεωργικής παραγωγής, καθώς και το φυσικό περιβάλλον στο οποίο εντάσσεται η γεωργία θα επηρεαστούν από αναμενόμενες μεταβολές σε φυσικά φαινόμενα, όπως η αύξηση της θερμοκρασίας, η συχνότητα και η ένταση των βροχοπτώσεων καθώς και οι ακραίες καιρικές καταστάσεις που θα επικρατούν εποχικά κατά τόπους (πλημμύρες και ξηρασίες). Οι δύο κύριες απειλές της αλλαγής του κλίματος στη γεωργία είναι η μείωση της γονιμότητας των καλλιεργούμενων εδαφών και η ελάττωση του διαθέσιμου νερού για την άρδυσή τους.

2.2.3 Ορθολογική Διαχείριση Νερού

Η έλλειψη νερού έχει επισημανθεί σαν ένα από τα κυρίαρχα προβλήματα για τις γενιές που έρχονται, αν και τις συνέπειές της τις έχουν ήδη υποστεί σε κάποιες περιοχές της γης. Η ζήτηση σε νερό αυξάνεται εκθετικά, και πιο γρήγορα από την αύξηση του πληθυσμού. Αναγνωρίζεται σήμερα ότι η έλλειψη νερού αποτελεί μια τεράστια απειλή για τη παγκόσμια σταθερότητα και ανάπτυξη, αν δεν διαχειριστεί σωστά (Χαρτζουλάκης & Μπερτάκη, 2009).

Η ορθολογική χρήση του νερού είναι μια αναγκαιότητα σε περιοχές με έλλειψη νερού. Στην αναπτυγμένη γεωργία, οι απώλειες της παραγωγής λόγω μη ικανοποιητικής θρέψης ή φυτοπροστασίας έχουν μειωθεί σημαντικά, ενώ αυτές που έχουν σχέση με την διαθεσιμότητα του νερού άρδευσης συνεχίζουν να είναι μεγαλύτερες από τις απώλειες που προκαλούνται από όλες τις άλλες αιτίες συνολικά (Passioura, 2002).

Η αναγκαιότητα της επέκτασης και βελτίωσης των αρδεύσεων για την εξασφάλιση βιώσιμης και αειφόρου γεωργίας ολοένα και αυξάνεται. Με δεδομένο ότι υπάρχουν σοβαροί περιορισμοί για την ανάπτυξη νέων πηγών νερού, ιδιαίτερα από τους υπόγειους υδροφορείς, και τον ανταγωνισμό από τους άλλους χρήστες (ύδρευση και βιομηχανία) η μοναδική λύση για την κάλυψη των αυξανόμενων αναγκών της γεωργίας σε νερό είναι η ορθολογική διαχείριση και πιο αποτελεσματική χρήση του με:

- Εφαρμογή ορθής αρδευτικής πρακτικής.
- Εφαρμογή ορθής διαχείρισης του εδάφους.
- Εφαρμογή ορθής διαχείρισης της καλλιέργειας.

Στην αποτελεσματική εφαρμογή της ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδατικών πόρων θα συμβάλει και η πολιτική τιμολόγησης του νερού άρδευσης. Η πολιτική της τιμολόγησης (Οδηγία για το Νερό της Ε.Ε WFD 2000/60) θα πρέπει να προωθεί την μελλοντική εξασφάλιση της επάρκειας, να αποθαρρύνει τη σπατάλη, να ενθαρρύνει την εισαγωγή νέας τεχνολογίας και να κινητοποιεί τις ιδιωτικές επενδύσεις.

Μπροστά στις νέες αυτές προκλήσεις, επιβάλλεται η διερεύνηση της αποτελεσματικότητας νέων τεχνολογιών περιβάλλοντος, ώστε να μπορέσουν να προσφέρουν λύσεις και κατευθυντήριες γραμμές για την αντιμετώπιση προβλημάτων που σχετίζονται με την σωστή διαχείριση του αρδευτικού νερού.

Με βάση τα παραπάνω, κύριος στόχος της προτεινόμενης έρευνας είναι η διερεύνηση της δυνατότητας επαναχρησιμοποίησης και αξιοποίησης των μεταχειρισμένων βουλκανισμένων τεμαχισμένων ελαστικών επίσωτρων σε γεωργικές καλλιέργειες, ως μέσου συγκράτησης υγρασίας και εξοικονόμησης νερού στα εδάφη καθώς και οι τυχόν επιπτώσεις στο περιβάλλον.

2.3 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΙΤΑΡΙΟΥ

2.3.1 Γενικά Στοιχεία

Τα σιτηρά ανήκουν στην οικογένεια των αγρωστωδών (*Gramineae*) και στο γένος *Triticum*. Ανάλογα με την εποχή σποράς στη χώρα μας, τα διακρίνουμε σε χειμερινά και εαρινά. Χειμερινά είναι αυτά που σπέρνονται το φθινόπωρο ή στην αρχή του χειμώνα και εαρινά αυτά που σπέρνονται την άνοιξη. Στα χειμερινά κατατάσσονται το σιτάρι, το κριθάρι, η βρώμη, η σικάλη και η σιταρόβριζα και στα εαρινά το καλαμπόκι, το ρύζι, το σόργο και το κεχρί. Καλλιεργούνται σε όλες τις χώρες του κόσμου και έχουν παγκόσμια οικονομική σημασία επειδή σε εκτατικές συνθήκες καλλιέργειας παράγουν περισσότερο από όλες τις άλλες κατηγορίες φυτών, παρουσιάζουν μεγάλη προσαρμοστικότητα σε διαφορετικές συνθήκες περιβάλλοντος, αποτελούν την κυριότερη πηγή τροφίμων, αποθηκεύονται εύκολα γιατί περιέχουν μικρό ποσοστό υγρασίας, δεν απαιτούν μεγάλο χώρο αποθήκευσης γιατί είναι υψηλής συμπύκνωσης, η διαχείρισή τους γίνεται εύκολα με μηχανές και η καλλιέργειά τους δεν ρυπαίνει το περιβάλλον. Οι εκτάσεις που καταλαμβάνουν τα χειμερινά σιτηρά είναι, στο μεγαλύτερο ποσοστό, ημιορεινές πλαγιές και ημιγόνιμες πεδινές, μη αρδευόμενες. Τη μεγαλύτερη σπουδαιότητα για τη χώρα μας την έχει το σιτάρι και το κριθάρι (Παπακώστα, 1997).

Το σιτάρι αποτελεί το πιο διαδεδομένο καλλιεργούμενο σιτηρό στον κόσμο. Σε όρια εξάπλωσης υστερεί μόνον έναντι του κριθαριού, που καλλιεργείται σε κάπως μεγαλύτερα υψόμετρα. Είναι κατά κύριο λόγο καλλιέργεια της Εύκρατης ζώνης. Στις τροπικές περιοχές καλλιεργείται από υψόμετρο 2000 έως 3000 m. Είναι χειμερινή καλλιέργεια, αλλά σε περιοχές με δριμύ χειμώνα καλλιεργείται σαν εαρινή. Το πιο διαδεδομένο είδος σιταριού παγκοσμίως είναι το μαλακό, γιατί παρουσιάζει μεγαλύτερη προσαρμοστικότητα και αντοχή στο κρύο από το σκληρό. Το σκληρό σιτάρι δίνει καλή ποιότητα σε ξηροθερμικά περιβάλλοντα. Η μέση απόδοση του μαλακού σιταριού στην Ελλάδα κυμαίνεται από 300-350 kg/στρέμμα και του σκληρού από 250-300 kg/στρέμμα. Μόνον τρία από τα είδη *Triticum* έχουν εμπορική σημασία: *T. aestivum* (εξαπλοειδές), *T. durum* (τετραπλοειδές) και *T. compactum* (εξαπλοειδές). Το πιο διαδεδομένο παγκοσμίως είναι το *T. aestivum*, ακολουθεί με μεγάλη διαφορά το *T. durum*, ενώ το *T. compactum* καλλιεργείται ελάχιστα. Σε πολύ μικρές εκτάσεις καλλιεργούνται και ορισμένα άλλα είδη, κυρίως όμως για ζωοτροφή.

Στην Ελλάδα καλλιεργούνται μόνο τα δύο πρώτα είδη. Το *T. aestivum* ή μαλακό σιτάρι που χρησιμοποιείται για την παρασκευή ψωμιού και το *T. durum* ή σκληρό σιτάρι που χρησιμοποιείται στην παραγωγή ζυμαρικών (Βαγιωνά, 2007).



Εικόνα 1: (α) Καλλιέργεια σκληρού σιταριού στο στάδιο του ξεσταχύσματος (β) Ανθοταξία σιταριού – στάχυ.

2.3.2 Εδαφικές Συνθήκες

Αν και καλλιεργείται σε ποικιλία εδαφών (από αμμώδη μέχρι βαριά αργιλώδη), το σιτάρι ευδοκίμει κυρίως σε εδάφη μέσης σύστασης μέχρι βαριά (αμμοπηλώδη, πηλώδη, αργιλώδη), βαθιά και καλά αποστραγγιζόμενα. Δεν ευδοκίμει σε εδάφη με υψηλό υδατικό ορίζοντα, ενώ εδάφη πλούσια σε οργανική ουσία δημιουργούν προδιάθεση για πλάγιασμα (Καραμάνος, 1992; Αντωνίου 2004).

Οι μεγαλύτερες αποδόσεις επιτυγχάνονται στα γόνιμα ιλοπηλώδη ή αργιλοπηλώδη εδάφη, με επαρκή υγρασία και ελεύθερα ζιζανίων. Τα πολύ αμμώδη και τα κακώς αποστραγγιζόμενα δίνουν μικρές αποδόσεις. Ακατάλληλα για τη σιτοκαλλιέργεια είναι επίσης τα όξινα και τα ισχυρώς εκπλυθέντα εδάφη. Ως προς την υφή του εδάφους, ο σπουδαιότερος ρόλος της, που επηρεάζει τις αποδόσεις του σιταριού, είναι η συγκράτηση της υγρασίας, ιδίως κατά την περίοδο των αυξημένων αναγκών των φυτών (Σφήκας, 1995).

Η αποδοτικότητα του σιταριού αυξάνεται από 1000 σε 3000 kg/ha καθώς αυξάνεται το διαθέσιμο νερό στην καλλιέργεια από 220 σε 440 mm, ενώ στις ημίξηρες περιοχές σύμφωνα με τους Good and Smika (1978) η αγρανάπαυση θεωρείται απαραίτητη πρακτική για την αύξηση του αποθηκευμένου στο έδαφος νερού.

σιταριού σχετίζεται θετικά και γραμμικά με το νερό του εδάφους που βρίσκεται ως απόθεμα για την καλλιέργεια και αυτή η σχέση είναι πιο σημαντική από τη σχέση με το εποχιακό νερό που χρησιμοποιείται από την καλλιέργεια (*Musick et al., 1994*). Αυτό εξηγείται από το ρόλο που παίζει η κατεργασία του εδάφους στην αλλαγή της διαθεσιμότητας του νερού για τα φυτά. Η κατεργασία της επιφάνειας του εδάφους (όργωμα, καλλιεργητής κ.λπ.) οδηγεί σε αλλαγές στην ισορροπία του εδαφικού νερού με την εξάτμιση και τη διήθησή του. Οι πρακτικές διαχείρισης του εδάφους επιδρούν στην αποδοτικότητα της χρήσης του νερού. Παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή μιας επιφάνειας για συγκεκριμένη χρονική περίοδο είναι η κλίση του εδάφους, η θερμοκρασία και η ταχύτητα του ανέμου, η υγρασία του εδάφους και η ικανότητα του φυτού να προσλαμβάνει νερό όταν η υγρασία εδάφους είναι σε χαμηλά επίπεδα (*Musick et al., 1994*).

Επίσης, η απόδοση της καλλιέργειας του σιταριού αυξάνεται με αύξηση της αναλογίας σποράς και με μείωση των αποστάσεων μεταξύ των γραμμών. Η ικανότητα της χρήσης του νερού αυξάνεται όταν η απόσταση μεταξύ των γραμμών σποράς μειώνεται από 36 σε 9 cm και η αναλογία σποράς αυξάνεται από 35 σε 140 kg/ha (*Tompkins et al., 1991; Αντωνίου, 2004*).

Τέλος, η γονιμότητα του εδάφους και κυρίως η περιεκτικότητα σε άζωτο είναι μια ακόμη σημαντική εδαφική παράμετρος που επηρεάζει την ποιότητα της απόδοσης του σιταριού. Πιο συγκεκριμένα, η περιεκτικότητα του εδάφους σε άζωτο επηρεάζει την περιεκτικότητα του κόκκου σε πρωτεΐνη, για το λόγο ότι το N είναι συστατικό της πρωτεΐνης και εφόσον υπάρχει διαθέσιμο χρησιμοποιείται στη σύνθεσή της. Η διαχείριση της εφαρμογής του αζώτου στην καλλιέργεια του σιταριού μπορεί να επηρεάσει την απόδοση και την ποιότητα των κόκκων (*Fowler et al., 1990*), ανάλογα την ικανότητα χρήσης του αζώτου που ορίζεται ως kg N ανά ha που ανακτάται ως άζωτο του κόκκου για κάθε 10 kg N ανά ha που εφαρμόζεται ως λίπασμα. Η ικανότητα χρήσης του αζώτου είναι μέγιστη στα χαμηλά επίπεδα εφαρμογής του και μειώνεται γρήγορα σε αυξανόμενη ποσότητα εφαρμογής του.

2.3.3 Κλιματικές Απαιτήσεις

Το σιτάρι δεν ευδοκimeί στα θερμά ή υγρά κλίματα εκτός εάν διαθέτουν μια περίοδο σχετικά δροσερή που να ευνοεί την ανάπτυξη των φυτών και να επιβραδύνει τη δράση των παρασιτικών ασθενειών. Η κύρια καλλιέργεια του σιταριού βρίσκεται

στην Εύκρατη ζώνη. Στην τροπική ζώνη μπορεί να καλλιεργηθεί μόνο σε μεγάλα υψόμετρα, στα δε βόρεια πλάτη ως εαρινή καλλιέργεια.

Τη μεγαλύτερη αντοχή στο ψύχος έχει το μαλακό σιτάρι, που είναι και πιο διαδεδομένο. Τα σκληρά σιτάρια καλλιεργούνται σχεδόν αποκλειστικά την άνοιξη στις ψυχρές περιοχές (Σφήκας, 1995). Το σκληρό σιτάρι καλλιεργείται κυρίως στις παραμεσόγειες χώρες, όπου φαίνεται να προσαρμόζεται στο ξηροθερμικό των περιβάλλον. Η άριστη θερμοκρασία βλαστήσεως του σίτου είναι 20-22°C, η ελάχιστη 3-4°C και η μέγιστη 35°C. Στις υψηλές θερμοκρασίες το ενδοσπέρμιο υφίσταται αποσύνθεση από μικροβιακή δράση και το έμβρυο πεθαίνει (Σφήκας, 1995). Οι εαρινές ποικιλίες αντέχουν στο ψύχος μέχρι -10°C, οι χειμερινές ως -20°C ή μετά από σκληραγώγηση ως -30°C και κάτω από χιόνι ως -40°C. Κυρίως ενδιαφέρει η θερμοκρασία στο βάθος του 1-3 cm όπου βρίσκεται ο σταυρός, στον οποίο η ζημιά έχει τις σοβαρότερες επιπτώσεις. Άριστη θερμοκρασία για το αδέλωμα είναι η 14-18°C και για τη φωτοσύνθεση γύρω στους 22°C (Σφήκας, 1995; Αντωνίου 2004).

Το σιτάρι καλλιεργείται παγκοσμίως σε περιοχές όπου η ετήσια βροχόπτωση κυμαίνεται από 270 έως 1750 mm αλλά συνήθως (στο 75% της συνολικής έκτασης) σε περιοχές όπου η ετήσια βροχόπτωση είναι 375-775 mm H₂O (ημίξηρες μέχρι ύφυγρες περιοχές) (Peterson, 1965). Σημασία έχει η κατανομή της βροχόπτωσης σε συνδυασμό και με άλλους παράγοντες, όπως η θερμοκρασία. Περισσότερο νερό (το 70% των αναγκών του) χρειάζεται το σιτάρι στην περίοδο μεταξύ καλαμώματος και ανθήσεως. Στο προηγούμενο του καλαμώματος διάστημα καταναλίσκεται μόνο 10% του νερού και από το ξεστάχασμα ως την ωρίμανση 20%. Από την πλευρά αυτή η κατανομή της βροχής στην Ελλάδα είναι δυσμενής επειδή το πιο πολύ νερό πέφτει το χειμώνα και επιπλέον η κατανομή την άνοιξη είναι ακανόνιστη. Για το λόγο αυτό η άρδευση του σιταριού είναι πολλές φορές χρήσιμη μέχρι πολύ αποτελεσματική (Σφήκας, 1995).

Στις φθινοπωρινές καλλιέργειες έλλειψη βροχών μετά τη σπορά και το φύτερωμα δημιουργεί πιθανότητες αποτυχίας της καλλιέργειας, λόγω κακού φυτρώματος και καθυστέρησης της ανάδυσης (μείωση καλλιεργητικής περιόδου). Συνήθως οι βροχές του Ιανουαρίου και Φεβρουαρίου ξεπερνούν τις ανάγκες των φυτών, γίνεται αποθήκευση στο έδαφος και χρησιμοποίηση της υγρασίας αργότερα. Οι βροχές της άνοιξης είναι ευεργετικές λόγω σύμπτωσής τους με την κρίσιμη

περίοδο όπου τα φυτά έχουν ένα μέγιστο αναγκών σε νερό και θρεπτικά συστατικά. Όψιμες βροχές (κατά το γέμισμα) είναι χωρίς ουσιαστικό αποτέλεσμα και συνήθως ανεπιθύμητες γιατί ευνοούν το όψιμο πλάγιασμα, προσβολές από σκωριάσεις, ενώ καθυστερούν και την ωρίμανση των καρπών (Καραμάνος, 1992). Η ολική ετήσια υδατοκατανάλωση ανέρχεται σε 400mm περίπου για ξηρικές καλλιέργειες και μεσογειακό περιβάλλον, αλλά μπορεί να είναι και διπλάσια υπό αρδευόμενες συνθήκες (Καραμάνος, 1992).

Η ποικιλία, η γονιμότητα του εδάφους και το κλίμα επηρεάζουν επίσης την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες του καρπού των σιτηρών. Όσον αφορά στο κλίμα, ο δριμύς χειμώνας που τον ακολουθεί δροσερή και ξηρή θερινή περίοδος ευνοεί την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (Στέπες Ρωσίας, Β. και Κ. ΗΠΑ και Καναδάς). Σε περιοχές με ηπιότερο κλίμα (Α. ΗΠΑ και Δ. Ευρώπη) η πρωτεΐνη στο σιτάρι είναι λιγότερη. Αυτό φαίνεται να σχετίζεται με τη διάρκεια της περιόδου ωριμάσεως του κόκκου. Στις ξηρές περιοχές η περίοδος αυτή είναι μικρότερη, λόγω της υψηλής θερμοκρασίας και της ξηρασίας. Με ηπιότερες συνθήκες η περίοδος αυτή αυξάνει και προστίθενται σε αναλογία πιο πολλοί υδατάνθρακες στον καρπό, ώστε τελικά το ποσοστό πρωτεΐνης να είναι μικρότερο (Σφήκας, 1995).

2.3.4 Στάδια Ανάπτυξης

✧ *Βλάστηση σπόρου και φύτευμα*

Το σιτάρι σπέρνεται στην Ελλάδα το φθινόπωρο. Για τις πιο ορεινές περιοχές κατάλληλος μήνας σποράς θεωρείται ο Οκτώβριος, ενώ για τις υπόλοιπες ο Νοέμβριος (Παπακώστα, 1997). Ο καθορισμός του καταλληλότερου χρόνου σποράς επηρεάζεται από τις κλιματολογικές συνθήκες κατά το χειμώνα, από τον τύπο του εδάφους και από την ποικιλία (Καραμάνος, 1992).

Ο σπόρος δεν βλαστάνει αμέσως μόλις ωριμάσει, αλλά περνάει πρώτα από μια περίοδο λήθαργου, κατά την οποία υφίσταται ορισμένες μεταβολές. Η θερμοκρασία και η υγρασία του εδάφους καθορίζουν την έναρξη του φυτρώματος. Για το σιτάρι η ελάχιστη θερμοκρασία φυτρώματος είναι 4°C, η άριστη 20-25°C και η μέγιστη 35-37°C. Σε ευνοϊκές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας εδάφους η κολεοπτίλη εμφανίζεται 4-5 ημέρες μετά τη σπορά (Παπακώστα, 1997). Η βλάστηση αρχίζει όταν οι σπόροι απορροφήσουν μικρά ποσά υγρασίας, τουλάχιστον το 35-45% του ξηρού βάρους τους. Το φώς δεν επηρεάζει τη βλάστηση (Καραμάνος, 1992).

Μεγαλύτεροι σπόροι συνεπάγονται ταχύτερη εγκατάσταση φυταρίων, καλύτερο ανταγωνισμό με τα ζιζάνια και πιθανόν υψηλότερες αποδόσεις. Πάντως φαίνεται ότι η περιεκτικότητα των σπόρων σε πρωτεΐνη επηρεάζει την ανάπτυξη των φυταρίων περισσότερο από ότι το μέγεθος του σπόρου (Καραμάνος, 1992).

Η βλαστική ικανότητα του σπόρου μειώνεται αν αυτός εκτεθεί σε υψηλή θερμοκρασία και υγρασία. Ο στεγνός σπόρος μπορεί να ανεχθεί υψηλές θερμοκρασίες. Η ηλικία του σπόρου μειώνει επίσης τη βλαστική του ικανότητα αλλά σε μικρότερο βαθμό. Κάτω από ιδανικές συνθήκες αποθήκευσης μπορεί να διατηρήσει τη βλαστική του ικανότητα σε ικανοποιητικό βαθμό για δέκα χρόνια. Κατά τη σπορά χρησιμοποιούνται συνήθως σπόροι της προηγούμενης σοδειάς. Οι πιο παλιοί σπόροι μπορεί να αποδειχθούν καλύτεροι γιατί βλαστάνουν μόνο οι πιο υγιείς και δίνουν ζωντανά φυτά.

✧ *Ανάπτυξη ριζών και φυλλώματος*

Στα πρώτα στάδια ανάπτυξης (μέχρι την εμφάνιση του 4ου φύλλου) επικρατούν οι εμβρυακές ρίζες ενώ η συμβολή των μονίμων ριζών αυξάνει βαθμιαία. Οι εμβρυακές ρίζες μπορούν να φθάσουν σε βάθος 100-200 cm και παραμένουν ενεργές σε όλη τη ζωή των φυτών. Οι μόνιμες μπορεί να φθάνουν τις 100. Η αύξηση των ριζών συνεχίζεται μέχρι το ξεστάχυσμα οπότε φαίνεται ότι σταματά. Υπάρχουν διαφορές μεταξύ των γενοτύπων στο μήκος και την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος που έχουν ως αποτέλεσμα διαφορές ως προς την αντοχή τους στην ξηρασία. Φαίνεται ότι το ριζικό σύστημα είναι ελαφρά μεγαλύτερο στις νάνες ποικιλίες (Καραμάνος, 1992). Η διαφοροποίηση, ανάδυση και εκδίπλωση των φύλλων επηρεάζονται θετικά από τη θερμοκρασία, την ένταση της ακτινοβολίας, τη φωτοπερίοδο και τη θρεπτική κατάσταση του φυτού, ενώ το τελικό μέγεθος του ελάσματος επηρεάζεται σημαντικά από την επάρκεια νερού, θρεπτικών συστατικών (κυρίως αζώτου) και από τη θερμοκρασία του αέρα (άριστη θερμοκρασία είναι 20°C) (Καραμάνος, 1992).

✧ *Αδέλφωμα*

Είναι η δυνατότητα των σιτηρών να σχηματίζουν πολλούς βλαστούς, τα αδέλφια, από οφθαλμούς οι οποίοι βρίσκονται στα γόνατα του στελέχους λίγο πιο κάτω ή ακριβώς πάνω στην επιφάνεια του εδάφους (Παπακώστα, 1997). Όταν περάσουν περίπου 10-15 μέρες μετά τη σπορά, ο ακραίος οφθαλμός φτάνει κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Τότε σχηματίζονται γρήγορα πολλοί πλευρικοί οφθαλμοί στις

μασχάλες των φύλλων, που είναι ακόμα υποτυπώδη. Από αυτούς τους οφθαλμούς εκφύονται καινούρια δευτερεύοντα στελέχη, τα οποία αναπτύσσουν δικό τους ριζικό σύστημα και ονομάζονται αδέρφια. Η έκπτυξή τους διαρκεί 30-40 μέρες. Στις χειμωνιάτικες ποικιλίες σιτηρών το αδέλωμα αρχίζει το φθινόπωρο και κατά το χειμώνα αναστέλλεται για να ανακτήσει τον κανονικό του ρυθμό την άνοιξη (Φολίνας, 1990).

Ο αριθμός των αδελφιών που παράγεται από ένα φυτό επηρεάζεται από γενετικούς και οικολογικούς παράγοντες. Από τους οικολογικούς παράγοντες σημαντικότερο ρόλο παίζουν ο φωτισμός, η πυκνότητα και το βάθος της σποράς, η γονιμότητα του εδάφους, η πρωιμότητα της σποράς, η επάρκεια υγρασίας, η κατάλληλη θερμοκρασία (14°C-18°C θεωρείται ιδανική θερμοκρασία) και η αζωτούχος λίπανση. Ο αριθμός των αδελφιών, εκτός από την περίπτωση που τα αδέρφια σχηματίζονται πολύ όψιμα, παρουσιάζει θετική συσχέτιση με την απόδοση (Φολίνας, 1990). Στο σιτάρι, στις συνήθεις συνθήκες καλλιέργειας (πυκνότητα φυτοκοινότητας), στάχεις σχηματίζουν συνήθως ο κύριος βλαστός και τα αδέρφια που σχηματίζονται νωρίς (όταν το φυτό έχει 4-6 φύλλα) (Kirby, 1983).

Το κανονικό αδέλωμα έχει μεγάλη σημασία για δύο λόγους:

- i. Γιατί με το αδέλωμα μπορούν να αντισταθμιστούν απρόβλεπτες ανωμαλίες κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των φυτών, όπως το αραιό φύτεμα, ο αποδεκατισμός της καλλιέργειας από ασθένειες, έντομα ή άλλες αιτίες, οπότε και η συνέχιση της καλλιέργειας θα ήταν προβληματική αν τα φυτά δεν είχαν την ικανότητα να αδελφώνουν
- ii. Γιατί με το αδέλωμα αυξάνεται η στρεμματική απόδοση, δεδομένου ότι η συσχέτιση μεταξύ παραγωγής και αριθμού αδελφιών είναι θετική (Μετζάκης, 1998).

✧ **Καλάμωμα**

Την άνοιξη τα φυτά εισέρχονται σε μία περίοδο ταχείας ανάπτυξης στην οποία γίνεται επιμήκυνση του στελέχους (καλάμι) και συγχρόνως αρχίζει η αύξηση των φύλλων, των ριζών και της ταξιανθίας (Παπακόστα, 1997). Η αντοχή του στελέχους και το τελικό ύψος, που κυμαίνεται από 30cm μέχρι και πάνω από 150cm εξαρτώνται τόσο από το γενότυπο όσο και από τις συνθήκες ανάπτυξης. Οι υψηλές θερμοκρασίες και η επάρκεια νερού και αζώτου στο έδαφος ευνοούν την επιμήκυνση των

μεσογονατίων (Καραμάνος, 1992). Γενικά οι διαφορές στο ύψος οφείλονται περισσότερο στο μήκος των μεσογονατίων απ' ό τι στον αριθμό τους. Τα στελέχη που έχουν μικρό ύψος, μεγάλη διάμετρο, παχύ τοίχωμα, ελαστικότητα, μεγάλο βάρος ανά μονάδα μήκους, υψηλή περιεκτικότητα σε κυτταρίνες και λιγνίνη παρουσιάζουν αντοχή στο πλάγιασμα (Παπακώστα, 1997).

✧ **Ξεστάχιασμα**

Την ανάπτυξη του στελέχους ακολουθεί η αύξηση του μεγέθους του στάχους και η μετακίνησή του από την βάση του φυτού προς την κορυφή. Ο στάχης βρίσκεται πάντα στη βάση του υψηλότερου από το έδαφος κόμβου. Όταν ο στάχης φθάσει στον κολεό του τελευταίου φύλλου ο κολεός διογκώνεται και το στάδιο αυτό λέγεται φούσκωμα. Στη συνέχεια ο κολεός του φύλλου-σημαία σχίζεται κατά μήκος και εμφανίζεται η ταξιανθία. Το στάδιο αυτό λέγεται έκπτυξη ταξιανθίας ή ξεστάχιασμα. Η εποχή ξεσταχυάσματος παρόλο ότι επηρεάζεται από τη θερμοκρασία και την υγρασία του περιβάλλοντος, από την εποχή σποράς, τη γονιμότητα του εδάφους, και από άλλους παράγοντες, είναι χαρακτηριστικό του κάθε γενοτύπου και θεωρείται σαν δείκτης πρωιμότητας των ποικιλιών (Παπακώστα, 1997).

✧ **Άνθηση**

Χαρακτηρίζεται από την έξοδο των στημόνων μέσα από τα λεπυρίδια και παρατηρείται συνήθως 4 έως 10 μέρες μετά το ξεστάχιασμα. Στο σιτάρι, όπως και στο κριθάρι και τη βρώμη, παρατηρείται το φαινόμενο της κλειστογαμίας κατά το οποίο οι ανθήρες σπάζουν πριν την έξοδό τους από το άνθος και πραγματοποιείται αυτεπικονίαση. Η ελάχιστη θερμοκρασία για την άνθηση στο σιτάρι είναι 10°C, η μέγιστη 32°C και η άριστη 18-24°C. Υψηλές και χαμηλές θερμοκρασίες κατά την άνθηση και γονιμοποίηση μπορεί να μειώσουν σημαντικά τον αριθμό των καρπών ανά στάχυ, ενώ σοβαρές ανωμαλίες προκαλεί επίσης και η υπερβολικά ξηρή ατμόσφαιρα (Καραμάνος, 1992).

✧ **Γέμισμα καρπών**

Χαρακτηρίζεται από τη συσσώρευση ουσιών στους αναπτυσσόμενους καρπούς. Διακρίνεται στα εξής στάδια:

- i.* Υδατώδης καρπός (1-2 εβδομάδες από τη γονιμοποίηση).
- ii.* Γαλακτώδης καρπός (2-3 εβδομάδες από τη γονιμοποίηση).
- iii.* Στάδια ζύμης (3-6 εβδομάδες από τη γονιμοποίηση).

Η χρονική πορεία του γεμίσματος είναι σιγμοειδούς μορφής. Έχει διάρκεια 30-60 ημέρες από την άνθηση, ανάλογα με το γενότυπο και τις συνθήκες του περιβάλλοντος. Το τελικό βάρος του καρπού επηρεάζεται κυρίως από τη διάρκεια και δευτερευόντως από το ρυθμό γεμίσματος. Οι παράγοντες του περιβάλλοντος που επηρεάζουν το γέμισμα είναι:

- 1) **Θερμοκρασία** (ημέρας και νύχτας): Υψηλότερες θερμοκρασίες συνεπάγονται χαμηλότερο τελικό βάρος λόγω μείωσης της διάρκειας του γεμίσματος, αυξημένης αναπνοής και ταχύτερης γήρανσης των φωτοσυνθετικών οργάνων. Θεωρείται ότι η άριστη θερμοκρασία της ημέρας είναι 25°C και της νύχτας 12°C.
- 2) **Ηλιακή ακτινοβολία**: Μειώνει και αυτή τη διάρκεια του γεμίσματος, πιθανόν λόγω αλληλεπίδρασης με τη θερμοκρασία.
- 3) **Έλλειψη νερού**: Προκαλεί μείωση του γεμίσματος και μείωση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας με αποτέλεσμα μικρότερο τελικό βάρος καρπών ή και συρρικνωμένους καρπούς (Καραμάνος, 1992).

✧ **Ωρίμανση**

Χαρακτηρίζεται από αφυδάτωση των καρπών και το βαθμιαίο θάνατο των φυτών από το λαιμό προς το στάχυ. Στην οικονομική ωρίμανση, που προσδιορίζει το χρόνο συγκομιδής των φυτών, όλο το φυτό είναι ξηρό και εύθραυστο. Ο καρπός είναι σκληρός, ασυμπίεστος και δεν χαράζεται εύκολα (Καραμάνος, 1992).

2.3.5 Καλλιεργητικές Πρακτικές

Η σημαντική αύξηση των αποδόσεων και της παραγωγικότητας των καλλιεργειών στη γεωργία προέρχονται από τη συνδυασμένη δράση των παραγόντων α) της δημιουργίας νέων ποικιλιών με υψηλότερο δυναμικό απόδοσης και καλύτερη ποιότητα και β) της εφεύρεσης νέας τεχνολογίας στη σποροπαραγωγή, στην εγκατάσταση της καλλιέργειας, στην τεχνική υποστήριξής της και στη συγκομιδή (Αντωνίου, 2004).

✧ **Αμειψισπορά**

Η πρώτη καλλιεργητική φροντίδα για την καλύτερη εκμετάλλευση της γονιμότητας του εδάφους και την καταπολέμηση των παρασίτων και ζιζανίων των φυτών είναι η αμειψισπορά. Μονοκαλλιέργεια σιταριού μπορεί να εφαρμοστεί για αρκετά έτη (5-10) σε γόνιμα, χωρίς ζιζάνια και ασθένειες εδάφη. Ενδείκνυται σε πολύ φτωχά εδάφη

η εφαρμογή του εκτατικού συστήματος αγρανάπαυση-σιτηρά. Σε χώρες με μικρή βροχόπτωση εφαρμόζεται το σύστημα αγρανάπαυση-σιτηρά, με το οποίο γίνεται εκμετάλλευση της βροχόπτωσης δύο ετών σε μία σοδιά. Το καλύτερο σύστημα για το σιτάρι είναι το τριετές: ψυχανθές-σκαλιστικό-σιτάρι (Σφήκας, 1995).

✧ **Κατεργασία εδάφους**

Από τις σημαντικότερες καλλιεργητικές επεμβάσεις είναι η κατεργασία του εδάφους. Για την προετοιμασία του εδάφους για σπορά, ο αριθμός, το βάθος των όργωμάτων και ο χρόνος εκτέλεσής τους εξαρτώνται από την προηγούμενη καλλιέργεια, την ύπαρξη ζιζανίων και την υγρασία του εδάφους. Το πρώτο όργωμα πραγματοποιείται συνήθως μετά τις αρχικές φθινοπωρινές βροχές και είναι μικρού βάθους αν προηγήθηκε χειμερινό σιτηρό, ενώ είναι βαθύτερο μετά από καλλιέργεια καλαμποκιού για καλύτερο θάψιμο των στελεχών. Πριν την σπορά μπορεί να υλοποιηθεί ένα ενδιάμεσο όργωμα ή μόνο το όργωμα της σποράς και αν χρειάζεται ακολουθεί καλλιεργητής (Σφήκας, 1995).

✧ **Λίπανση**

Η λίπανση αποτελεί μια καθοριστικής σημασίας καλλιεργητική τεχνική για το σιτάρι, και ιδίως η αζωτούχος λίπανση, και θα πρέπει να δίδεται στον κατάλληλο χρόνο και με τις ευνοϊκότερες δυνατές συνθήκες αξιοποίησης. Με τη λίπανση αυξάνει η απόδοση, αλλά μέχρι ενός ορίου πέρα από το οποίο η αύξηση της απόδοσης δεν καλύπτει την αξία του επί πλέον λιπάσματος (νόμος της μη αναλόγου απόδοσης). Η χρησιμοποίηση αυξημένων ποσοτήτων λιπασμάτων, πέρα από τη ζημιά που μπορεί να προκαλέσει στην καλλιέργεια (κυρίως σε ξηροθερμική άνοιξη) αποτελεί και απειλή για το περιβάλλον.

Η λίπανση για να είναι αποτελεσματική θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ανάγκες του φυτού σε κάποιο θρεπτικό στοιχείο, η ύπαρξη νερού για την αξιοποίηση του στοιχείου αυτού, αλλά και η ύπαρξη άλλων θρεπτικών στοιχείων ώστε να βρίσκονται σε ισόρροπες αναλογίες.

✧ **Σπορά**

Η επόμενη σημαντική καλλιεργητική πρακτική είναι η σπορά. Αφού πρώτα επιλεγεί η ποικιλία για τις συνθήκες της περιοχής, ακολουθεί η ετοιμασία του σπόρου από τον οποίο εξαρτάται το γρήγορο και κανονικό φύτρωμα, η πρώτη ανάπτυξη των φυτών, η καθαρότητα και ομοιογένεια της καλλιέργειας. Η ποσότητα του σπόρου που

σπέρνεται ανά στρέμμα έχει μεγάλη διακύμανση, ανάλογα με την ποιότητά του (βλαστικότητα, βάρος) και τις συνθήκες σποράς (εδαφοκλιματικές, χρόνος σποράς κ.λπ.). Προτείνεται ποσότητα σπόρου από 6 ως 15 kg/στρέμμα σύμφωνα με την ποικιλία. Η σπορά γίνεται μηχανικά με σπαρτικές μηχανές σε γραμμές που απέχουν μεταξύ τους από 14 έως 20 cm και επί της γραμμής από 2,5 έως 5 cm. Το βάθος σποράς κυμαίνεται από 2,5 έως 5 cm. Μεγαλύτερο βάθος εφαρμόζεται σε ελαφρά εδάφη με πρώιμη σπορά και συνθήκες ελλείψεως υγρασίας. Οι γραμμές σποράς προτείνονται να είναι (κατά το δυνατόν) παράλληλες με την κίνηση του ήλιου και κάθετες προς τους επικρατέστερους ανέμους της περιοχής, ώστε να εξασφαλιστεί περισσότερος φωτισμός και να μειωθούν επιπτώσεις από χαμηλές θερμοκρασίες (Αντωνίου, 2004).

✧ *Άρδευση*

Τα χειμωνιάτικα σιτηρά έχουν τις μεγαλύτερες ανάγκες σε νερό (70% επί του συνόλου) τη χρονική περίοδο μεταξύ καλαμώματος και άνθησης. Η περίοδος αυτή αρχίζει περίπου στα μέσα Μαρτίου και τελειώνει στα μέσα Μαΐου και είναι για τη χώρα μας η περίοδος με τις λιγότερες βροχοπτώσεις, τουλάχιστον στα κεντρικά και νότια διαμερίσματα. Στις περιοχές αυτές τα χειμωνιάτικα σιτηρά σπάνια ωριμάζουν φυσιολογικά. Συνήθως εκεί ο βιολογικός κύκλος των φυτών, κλείνει βίαια κάτω από τις ξηροθερμικές συνθήκες των μηνών Μαρτίου, Απριλίου και Μαΐου. Για τους λόγους αυτούς και επειδή οι νέες ποικιλίες που σήμερα καλλιεργούνται στη χώρα μας έχουν υψηλό δυναμικό απόδοσης, μία τουλάχιστον άρδευση κοντά στο ξεστάχιασμα, εφόσον υπάρχει ανάγκη και δυνατότητα εφαρμογής, πρέπει να γίνεται αφού το κόστος εφαρμογής του υπερκαλύπτεται από την αυξημένη απόδοση.

✧ *Συγκομιδή*

Η ωριμότητα των καρπών του σιταριού πραγματοποιείται όταν το ενδοσπέρμιο είναι σκληρό και έχει υγρασία 25-35%. Η συγκομιδή όμως των καρπών από το χωράφι πραγματοποιείται με θεριζοαλωνιστικές μηχανές (Εικόνα 2) μετά από 6-10 ημέρες από την ωρίμανσή τους, ώστε να μειωθεί το ποσοστό της υγρασίας καθώς δημιουργεί προβλήματα στο θερισμό και την αποθήκευση. Απαραίτητη προϋπόθεση για την αποθήκευση των καρπών των σιτηρών είναι το ποσοστό υγρασίας τους να βρίσκεται σε επίπεδα κάτω του 14%. Αποθηκεύονται σε χώρους ξηρούς και δροσερούς, μέσα σε μεταλλικά δοχεία, σάκους ή χύμα, καθώς και σε μεγάλα σιλό. Ο ρυθμός αναπνοής των καρπών με υγρασία μικρότερη του 14% και θερμοκρασία κάτω

των 20°C είναι βραδύς ώστε να μην διατρέχουν κίνδυνο σημαντικής αλλοίωσης. Σε επίπεδα υγρασίας 8-10% και θερμοκρασίας 4°C σταματά και η δραστηριότητα των εντόμων στους αποθηκευτικούς χώρους (Σφήκας 1995; Αντωνίου 2004).



Εικόνα 2: Συγκομιδή σιταριού με θεριζοαλωνιστική μηχανή.

2.3.6 Η Σιτοκαλλιέργεια στην Ελλάδα

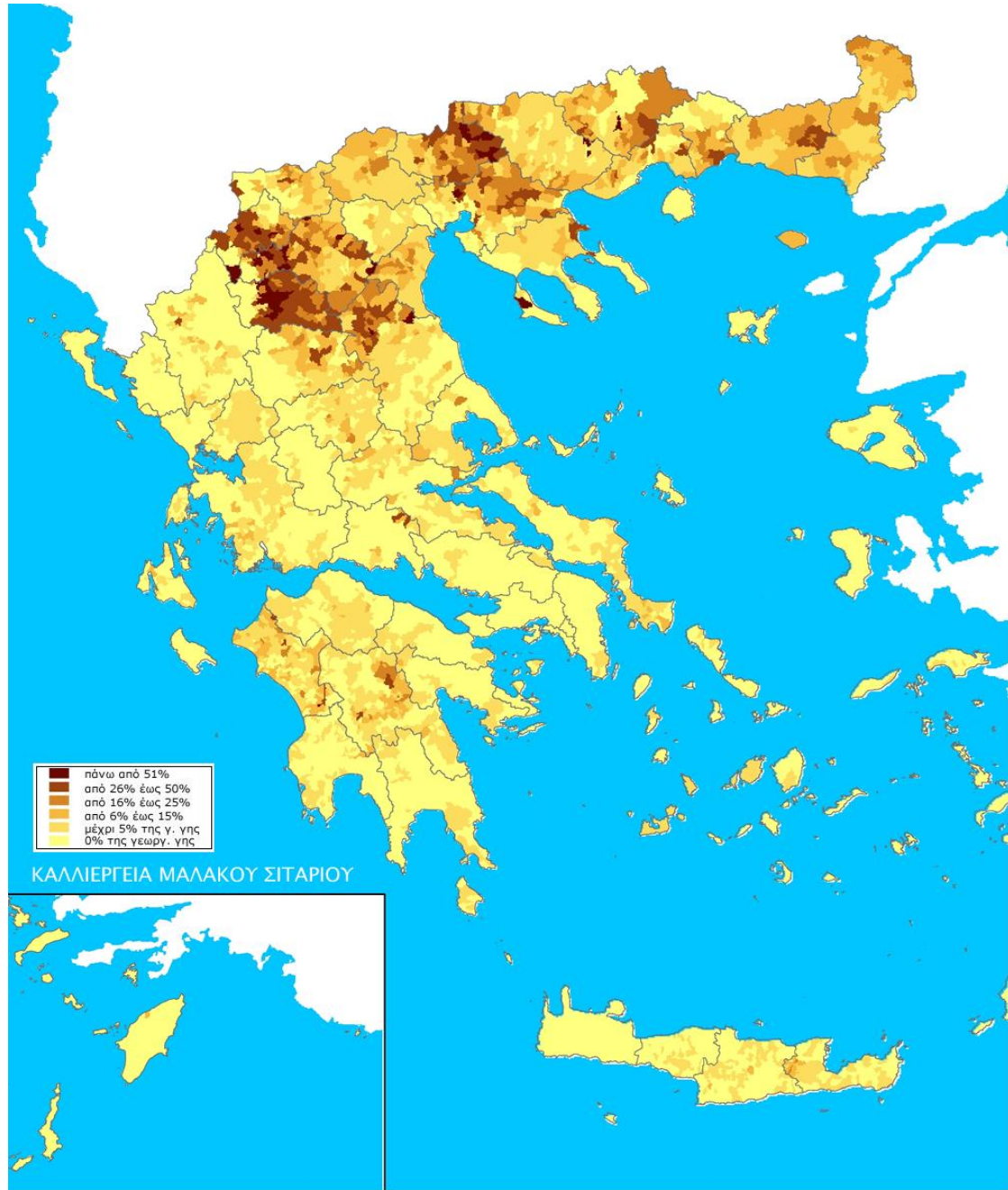
Στη χώρα μας η σύγκριση παραγωγή-κατανάλωση σιταριού ήταν ελλειμματική μέχρι το 1957 περίπου. Η μικρή παραγωγή ήταν αποτέλεσμα της χαμηλής ποιότητας του γενετικού υλικού, της χαμηλής γονιμότητας των εδαφών και της κακής καλλιεργητικής τεχνικής. Οι αυξημένες ανάγκες της χώρας σε σιτάρι (αρτοποιήσιμο) ώθησαν τους επιστήμονες και τους παραγωγούς σε προσπάθειες αύξησης της παραγωγής μαλακού σιταριού κυρίως με τη δημιουργία νέων βελτιωμένων ποικιλιών. Αυτό είχε σαν συνέπεια το μαλακό σιτάρι να επεκταθεί σε βάρος του σκληρού (Αντωνίου, 2004).

Μετά το 1957 ακολούθησε υπερπαραγωγή (πλεόνασμα 400.000-600.000 tn/χρόνο) και αδυναμία διάθεσης του προϊόντος λόγω κορεσμού της διεθνούς αγοράς. Έτσι επικράτησε πολιτική μείωσης των καλλιεργούμενων εκτάσεων πολλές από τις οποίες ήταν ποτιστικές (περίπου 300.000 στρ.). Μετέπειτα έγινε μια προσπάθεια για στροφή προς το σκληρό σιτάρι (καλύτερες τιμές και υποστήριξη από την Ε.Ο.Κ.) με μειονεκτήματα την εξάρτηση της ποιότητας των καρπών από τις συνθήκες του περιβάλλοντος και τις χαμηλότερες αποδόσεις σε σύγκριση με το μαλακό σιτάρι (Καραμάνος, 1992).

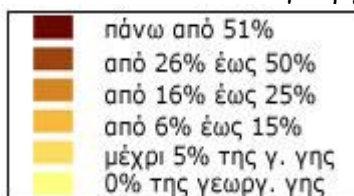
Η καλλιέργεια του μαλακού σιταριού στην Ελλάδα καταλάμβανε το 1961 έκταση 8.105.894 στρέμματα με απόδοση 157 kg/στρέμμα. Η εξέλιξη της καλλιέργειας

σημείωσε άνοδο τις επόμενες δύο δεκαετίες, ενώ μετέπειτα μειώθηκε όπου μέχρι και σήμερα σε σημαντικό βαθμό. Το έτος 2010 κατέλαβε έκταση 1.279.230 στρέμματα με απόδοση 272 kg/στρέμμα. Κατά την εξέλιξη της καλλιέργειας του σκληρού σιταριού παρουσιάζεται μια μείωση της έκτασης στη δεκαετία του '70, στη συνέχεια όμως αυξάνεται μέχρι το 2005 όπου στη συνέχεια σταθεροποιείται. Έτσι το έτος 1961 καταλάμβανε έκταση 2.652.347 στρέμματα με απόδοση 118 kg/στρέμμα, ενώ το 2005 κατέλαβε έκταση 7.455.000 στρέμματα, με απόδοση 200 kg/στρέμμα. Σταθμό στην εξέλιξη των αποδόσεων και στην παραγωγή του σκληρού σιταριού αποτέλεσε η επέκταση της καλλιέργειας σε γονιμότερα εδάφη με την εισαγωγή από το έτος 1980 νέων βελτιωμένων κοντοστέλεχων ποικιλιών του Ινστιτούτου Σιτηρών, που δέχονται αυξημένη αζωτούχο λίπανση. Έτσι κατά τη δεκαετία του '80 παρατηρήθηκε μια μέση αύξηση των αποδόσεων κατά 20% περίπου σε σύγκριση με την προηγούμενη δεκαετία (Αντωνίου, 2004).

ΧΑΡΤΗΣ ΚΛΙΜΑΚΩΣΗΣ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΜΑΛΑΚΟΥ ΣΙΤΑΡΙΟΥ

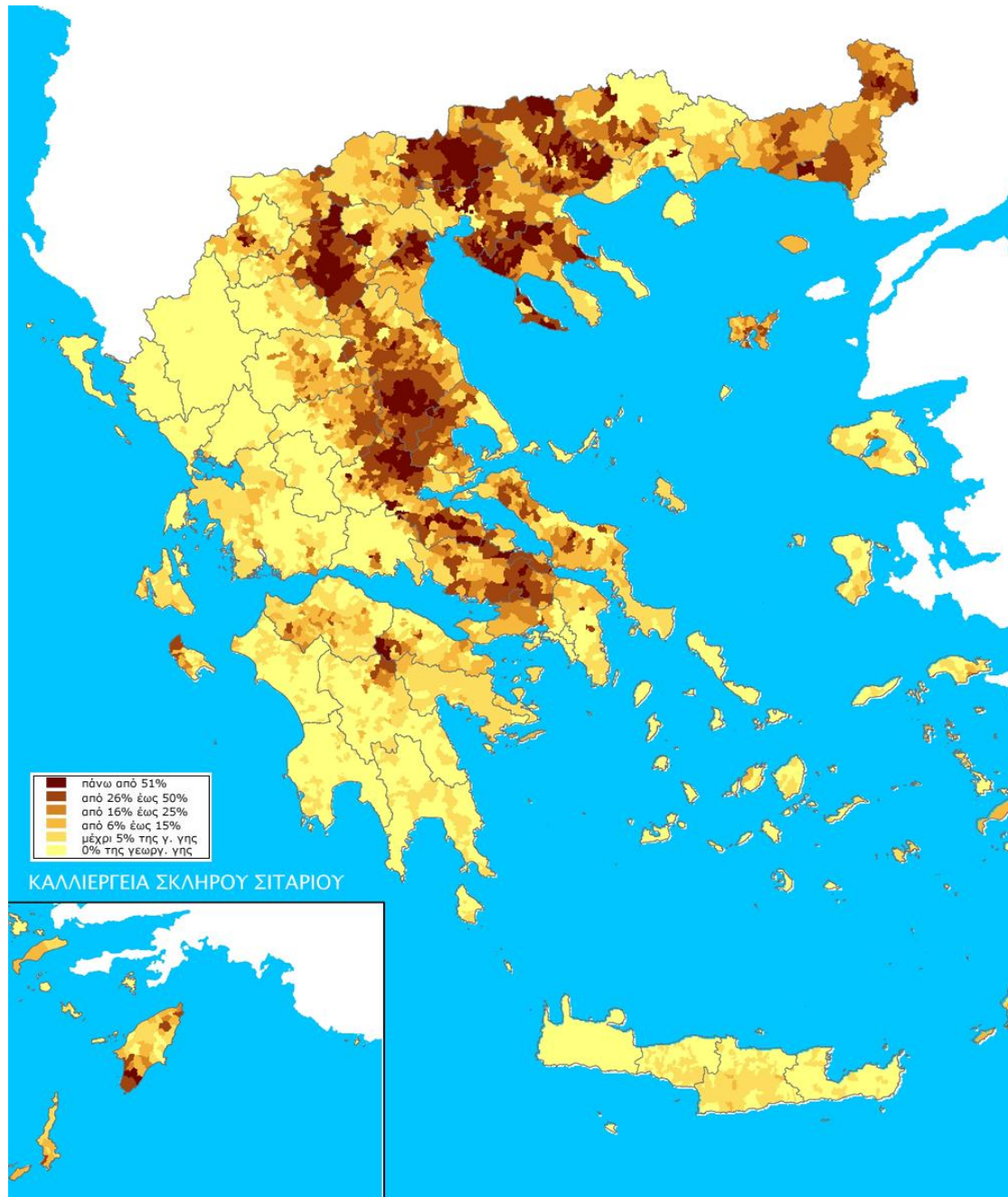


Ο χάρτης απεικονίζει περιοχές, στις οποίες η καλλιέργεια μαλακού σιταριού καλύπτει τα ακόλουθα ποσοστά γεωργικής γης:

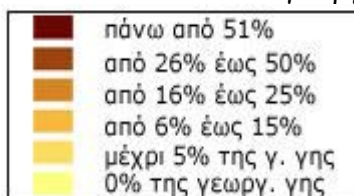


Πηγή: ΥΠ.Α.Α.Τ, Δ/νση Αγροτικής Πολιτικής & Τεκμηρίωσης, Τμήμα Τεκμηρίωσης, 2012 (http://www.minagric.gr/greek/agro_pol/maps/sitari_m1.htm) από την ετήσια στατιστική έρευνα 2007 της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής, ανά δημοτικό και κοινοτικό διαμέρισμα (Καλλικράτης 2007).

ΧΑΡΤΗΣ ΚΛΙΜΑΚΩΣΗΣ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΣΚΛΗΡΟΥ ΣΙΤΑΡΙΟΥ



Ο χάρτης απεικονίζει περιοχές, στις οποίες η καλλιέργεια σκληρού σιταριού καλύπτει τα ακόλουθα ποσοστά γεωργικής γης:



Πηγή: ΥΠ.Α.Α.Τ, Δ/ση Αγροτικής Πολιτικής & Τεκμηρίωσης, Τμήμα Τεκμηρίωσης, 2012 (http://www.minagric.gr/greek/agro_pol/maps/sitari_s1.htm) από την ετήσια στατιστική έρευνα 2007 της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής, ανά δημοτικό και κοινοτικό διαμέρισμα (Καλλικράτης 2007).

3. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στο Δήμο Ερυθρών Ν. Αττικής, στη θέση «Καλαμάτα» και αποτελεί κωμόπολη της Δυτικής Αττικής. Απέχει 7 Km βορειοανατολικά από τον οικισμό των Ερυθρών (παλαιότερα Κρικεύκι), ακριβώς στα σύνορα των Νομών Αττικής – Βοιωτίας, γειτονεύει με τον ποταμό Ασωπό και είναι χτισμένη σε υψόμετρο 390 μέτρων στις ανατολικές πλαγιές του Κιθαίρινα στα βορειοδυτικά του νομού (Εικόνα 3). Το γεωγραφικό πλάτος της είναι $38^{\circ}15'28.63''\text{B}$ και το γεωγραφικό μήκος $23^{\circ}21'26.60''$. Ακόμη απέχει 800 m βόρεια από το κανάλι του Μόρνου που υδρεύει την Αθήνα.



Εικόνα 3: Άποψη του πεδίου των Ερυθρών (πηγή www.erythres.gr).

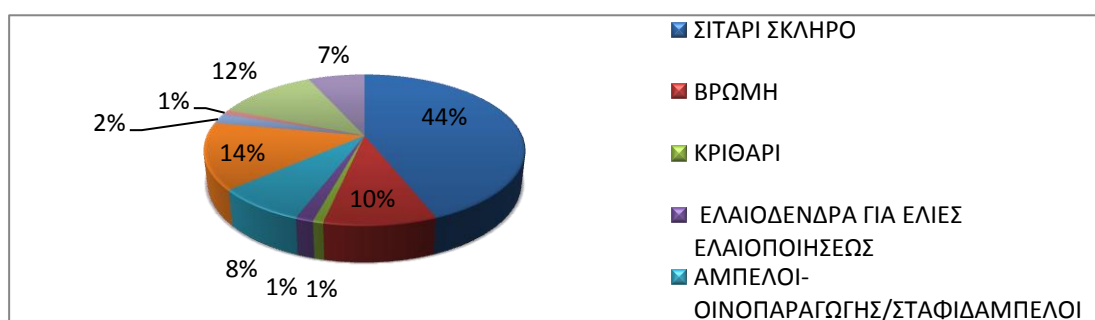
Απέχει 65 Km από την Αθήνα. Συνορεύει βόρεια με το Δήμο Θηβαίων (όπου απέχει 12 Km από την πόλη της Θήβας), τις Κοινότητες Λουτουφίου και Νεοχωρακίου, νότια με το Δήμο Βιλλίων και την Κοινότητα Οινόης, ανατολικά με την Κοινότητα Δάφνης και Δυτικά με το Δήμο Πλαταιών. Αν και ανήκουν στο Νομό Αττικής συνδέονται περισσότερο με το διοικητικό κέντρο της Θήβας με την οποία βρίσκονται πολύ κοντά. Αποτελούν έδρα Δήμου και έχουν συνολικό πληθυσμό 3.326 κατοίκων.

3.2 ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ

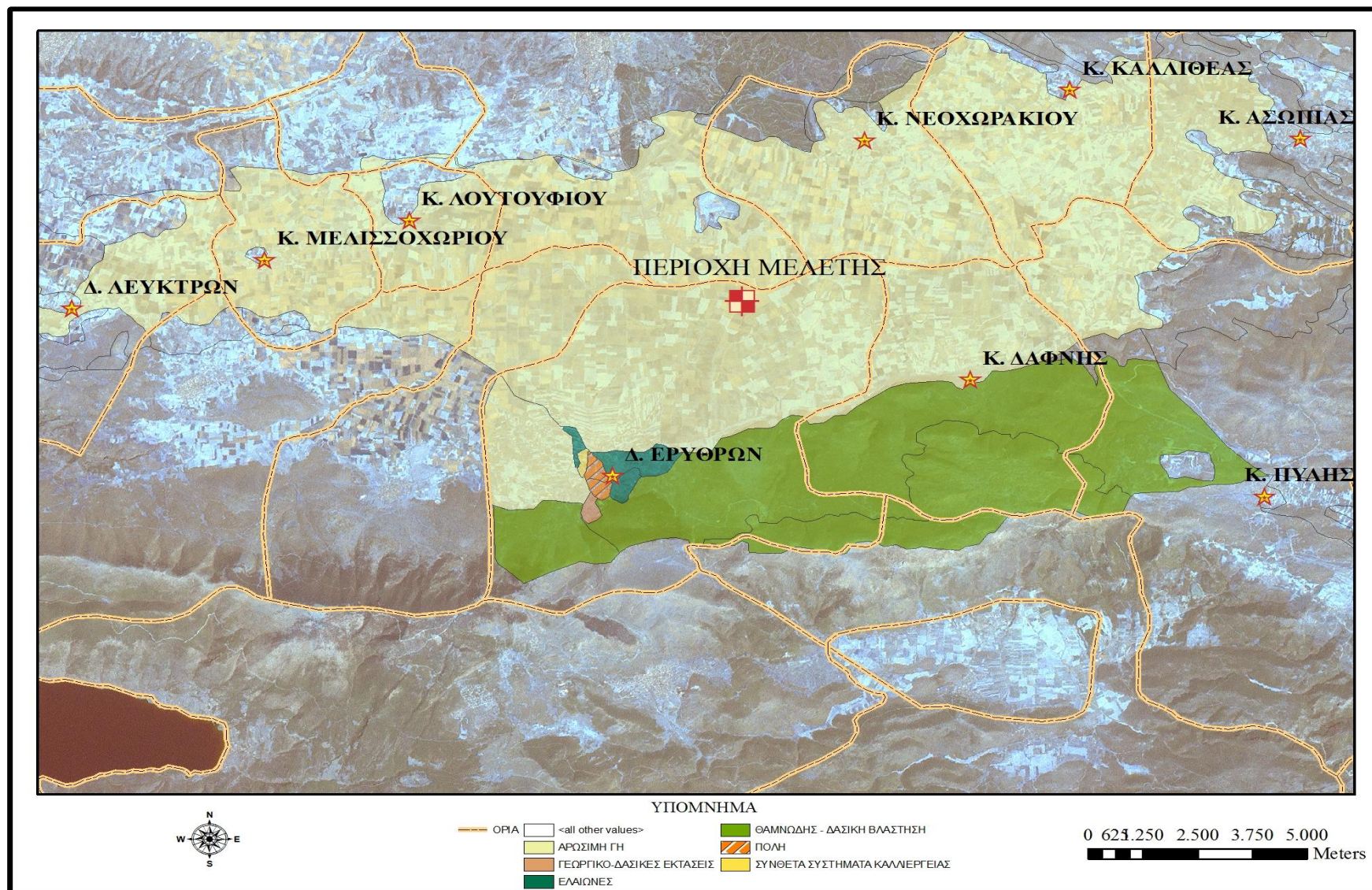
Η ευρύτερη περιοχή μελέτης του Δ. Ερυθρών χαρακτηρίζεται ως γεωργική γη, με τον ποταμό Ασωπό σε μία λωρίδα μερικών δεκάδων μέτρων να αλλάζει μερικώς το τοπίο. Στις γεωργικές καλλιέργειες κυριαρχούν οι ετήσιες καλλιέργειες. Η κατανομή των βασικών κατηγοριών γεωργικής γης για το έτος 2004 δίνεται στον Πίνακα 4 και στο Σχήμα 4, ενώ στον Χάρτη 1 αποτυπώνονται οι χρήσεις γης της λεκάνης απορροής του Ασωπού ποταμού (ο συγκεκριμένος χάρτης δημιουργήθηκε από την επεξεργασία δορυφορικής εικόνας που ελήφθη για την ευρύτερη περιοχή της λεκάνης του Βοιωτικού Ασωπού, το έτος 2001 στο πλαίσιο ευρωπαϊκού προγράμματος για την αποτύπωση των χρήσεων γης των ευρωπαϊκών χωρών με χρήση δορυφόρου). Το σύνολο των γεωργικών εκτάσεων που καλλιεργούνται στο Δήμο Ερυθρών ανέρχονται στα 45.560 στρέμματα, με το ποσοστό των αρδευόμενων εκτάσεων να είναι 50,4%. Το σύνολο των αροτριάων καλλιεργειών ανέρχεται σε 35.200 στέμματα (ΕΣΥΕ 2004, Θέος 2008).

Πίνακας 4: Χρήσεις γεωργικής γης στον Δ. Ερυθρών (τιμές σε χιλιάδες στρέμματα).

ΕΙΔΟΣ	ΣΙΤΗΡΑ			ΕΛΑΙΟΔΕΝΔΡΑ ΓΙΑ ΕΛΕΣ ΕΛΑΙΟΠΟΙΗΣΕΩΣ	ΑΜΠΕΛΟΙ- ΟΙΝΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ/ ΣΤΑΦΙΔΑΜΠΕΛΟΙ	ΒΑΜΒΑΚΙ		ΓΗ ΛΑΧΑΝΟΚΗΠΩΝ ΚΗΠΕΥΤΙΚΗ ΓΗ	ΑΓΡΑΝΑΠΑΥΣΗ
	ΣΙΤΑΡΙ ΣΚΛΗΡΟ	ΒΡΩΜΗ	ΚΡΙΘΑΡΙ			ΒΑΜΒΑΚΙ ΕΠΗΡΙΚΟ	ΒΑΜΒΑΚΙ ΠΟΤΕΤΙΚΟ		
ΕΚΤΑΣΕΙΣ	20	4,35	0,4	0,7	3,52	6,5	1	0,47	5,505
ΠΟΣΟΣΤΟ(%) ΕΠΙ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ ΤΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΚΤΑΣΕΩΝ	43,9	9,5	0,9	1,5	7,7	14,3	2,2	1,0	12,1



Σχήμα 4: Ποσοστά σημαντικότερων καλλιεργειών στο Δ. Ερυθρών (Πηγή: ΕΣΥΕ, 2004).

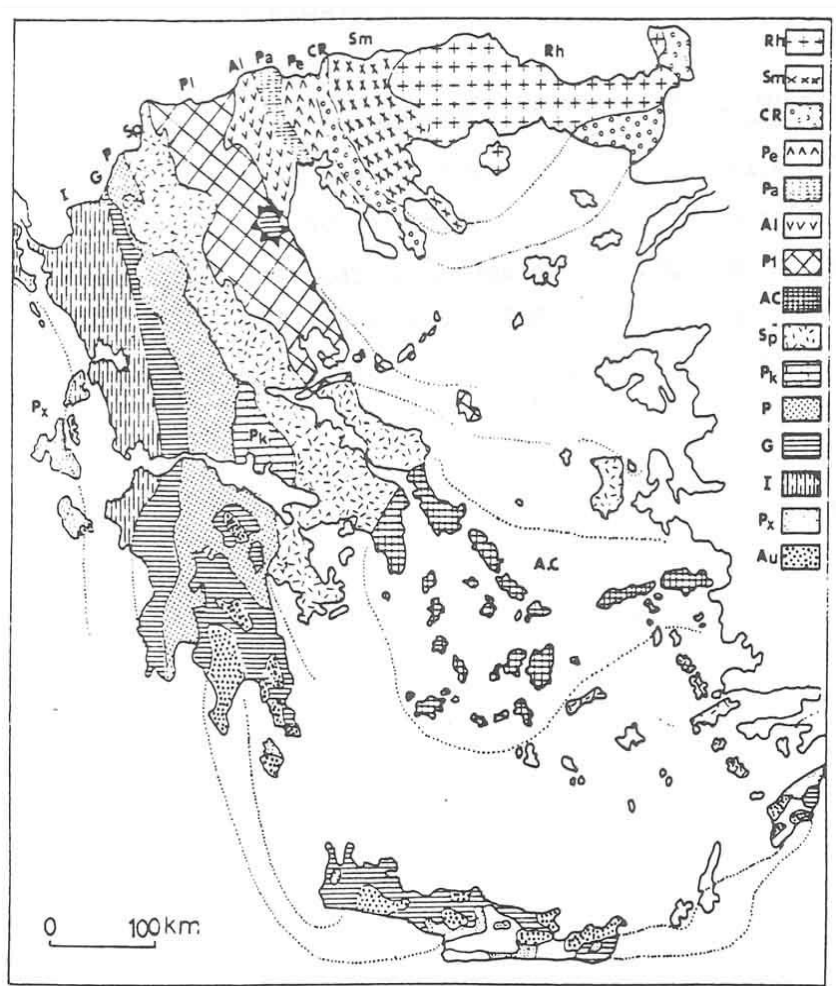


Χάρτης 1: Χρήσεις Γης στο Δ. Ερυθρών

3.3 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η περιοχή μελέτης σύμφωνα με τη νεότερη γεωτεκτονική διαίρεση του Ελλαδικού χώρου ανήκει στην Υποπελαγονική Ζώνη (Σχήμα 5).

Η Υποπελαγονική ζώνη βρίσκεται δυτικά της Πελαγονικής. Έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ. Ξεκινά από την Αλβανία, μετά πάει προς την Δυτική Θεσσαλία, Ανατολική Στερεά Ελλάδα, Σαλαμίνα, Ύδρα, Ανατολική Πελοπόννησο, Κω και Μ. Ασία. Στην περιοχή μελέτης τη συναντάμε στο Νοτιοανατολικό τμήμα του Ν. Βοιωτίας και στο Βορειοδυτικό του Ν. Αττικής.



Σχήμα 5: Γεωλογικές ζώνες Ελλάδας όπου Sp η Υποπελαγονική ζώνη, Ac η Αττικοκυκλαδική ζώνη και Pk η Ζώνη Παρνασσού-Γκιώνας (Μουντράκης, 1983).

Η Υποπελαγονική ζώνη περιλαμβάνει σχηματισμούς όπως (Δούνας κ.ά. 1978, γεωλογικοί χάρτες I.G.M.E 1:50.000 1971):

✧ **Πετρώματα Μεσοζωικού**

Οι ασβεστόλιθοι του Μέσου και Ανώτερου Τριαδικού

Στους ασβεστόλιθους του Μέσου και Ανώτερου Τριαδικού ανήκουν τα ασβεστολιθικά στρώματα σε θέσεις της ευρύτερης περιοχής μελέτης. Επίσης, υπάρχουν μεμονωμένες εμφανίσεις, οι οποίες επικάθονται σποραδικά πάνω στα σχιστοψαμμιτικά στρώματα και στους ασβεστόλιθους του Ανώτερου Λιθανθρακοφόρου – Περμίου. Πρόκειται για τεφρόλευκους ασβεστόλιθους στους οποίους επικρατούν οι Μεσοτριαδικοί, που αναπτύσσονται συχνά σε αλληπάλληλες στοιβάδες.

Η κατώτερη στοιβάδα αποτελείται από ασβεστόλιθους που διαφέρουν από τόπο σε τόπο. Ως σχηματισμοί μετάβασης από τα υποκείμενα νεοπαλαιοζωικά πετρώματα της βάσης τους προς τους υπερκείμενους ασβεστόλιθους του Μέσου Τριαδικού, μπορεί να μεταπίπτουν πλευρικά σε σχιστόλιθους και ψαμμίτες, αλλά πιο συχνά είναι μαργαϊκοί, εναλλασσόμενοι με στρώματα κερατολίθων, λεπτοπλακώδεις και στιφοροί.

Η ενδιάμεση στοιβάδα συνίσταται από παχυστρωματώδεις μέχρι και άστρωτους κατά κύριο λόγο δολομιτικούς ασβεστόλιθους, έντονα διερρηγμένους και κατακερματισμένους. Συχνά μεταπίπτουν σε τοπικούς δολομίτες. Οι ασβεστόλιθοι της ανώτερης στοιβάδας είναι βαθύτεφροι έως μελανότεφροι. Είναι συνήθως λεπτοπλακώδεις έως μεσοπλακώδεις, με κονδύλους και ενστρώσεις κερατολίθων. Παρουσιάζουν πυκνό δίκτυο διαρρήξεων, ρηγματώσεων και καρστικοποίησης. Τα τεκτονικά και καρστικά διάκενα αποφράσσονται συχνά με ερυθροχρώματα και μαργαϊκά υλικά. Παρουσιάζουν μεγάλη επιφανειακή εξάπλωση (Δούνας κ.ά., 1978).

✧ **Πετρώματα Καινοζωικού**

1. Νεογενές

Οι σχηματισμοί του Νεογενούς καταλαμβάνουν τα πεδινά τμήματα της λεκάνης του Ασωπού και απαρτίζονται από πάνω προς τα κάτω από τα παρακάτω στρώματα:

i) Ασβεστόλιθοι κατά πλείστον πλακώδεις και εν μέρει μαργαϊκοί με πάχος μεγαλύτερο από 60 m.

ii) Πλακώδεις μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι με ενστρώσεις μαργών. Προς τα κάτω μεταπίπτουν σε λευκές μάργες με ενστρώσεις λευκών μαργαϊκών ασβεστόλιθων ή ασβεστολιθικών μαργών με πάχος 50 – 80 m.

iii) Τεφρόλευκες έως κιτρινόλευκες μάργες με ενστρώσεις ασβεστολιθικών μαργών. Προς τα κάτω μεταπίπτουν σε τεφρόχρωες μάργες και περαιτέρω σε τεφρόχρωες αργίλους. Το πάχος τους ανέρχεται σε 50 m.

Ο κατώτερος ορίζοντας των μαργών και αργίλων του Νεογενούς περιλαμβάνει σε ορισμένες περιπτώσεις και ενστρώσεις ψαμμίτη και κροκαλοπαγούς με τις οποίες εναλλάσσεται το στρώμα της αργίλου. Το κροκαλοπαγές αυτό συνίσταται από κροκάλες ασβεστολιθικές, αργιλικού σχιστόλιθου και ψαμμίτη, μαύρου κερατόλιθου και λευκού χαλαζία. Διαφοροποιείται από τα κροκαλοπαγή του Διλουβίου από το γεγονός ότι οι κροκάλες αυτές είναι κατά κανόνα μικρότερου μεγέθους.

Η αλληλουχία των τριών αυτών στρωμάτων δεν είναι εμφανής σε όλα τα σημεία. Σε ορισμένες θέσεις τα στρώματα του Νεογενούς βρίσκονται υπεράνω των Κρητιδικών ασβεστολίθων ή των σχιστοψαμμιτικών στρωμάτων και σερπεντινών της περιοχής λεκάνης απορροής του Ασωπού ποταμού (Δούνας κ.ά., 1978).

2. Το Διλούβιο

Στην περιοχή το Διλούβιο συνίσταται από εναλλασσόμενα στρώματα αργίλων και κροκαλοπαγών. Αποτελούνται από υλικά κλειστών λεκανών (ερυθροί πηλοί, λεπτομερείς αμμοαργιλώδεις σχηματισμοί, αδρομερείς σχηματισμοί κροκάλων και λατυπών, χαλαροί ή συγκολλημένοι με αργιλομαργαϊκό συνδετικό υλικό). Τα κροκαλοπαγή του Διλουβίου αποτελούνται από κροκάλες από τα πετρώματα του ορεινού συγκροτήματος της Πάρνηθας και των ορεινών όγκων πριν από αυτή (Κιθαιρώνας), δηλαδή ασβεστολιθικές, σχιστοψαμμιτικές, κερατολιθικές (από μαύρο και ερυθρό κερατόλιθο), καθώς επίσης και από κροκάλες προερχόμενες από τον ασβεστόλιθο και τον μαργαϊκό ασβεστόλιθο του Νεογενούς (Δούνας κ.ά., 1978).

3. Το Αλλούβιο

Το Αλλούβιο στην περιοχή συνίσταται από σύγχρονους σχηματισμούς με μεγάλη εξάπλωση. Ανάλογα με τις διεργασίες σχηματισμού τους διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

i) Σύγχρονες αλλουβιακές αποθέσεις. Ολοκαινικής ηλικίας, με εναλλαγές κροκαλοπαγών και ερυθρών αργίλων σε μαιανδρικές κοίτες ποταμών ή εκβολές χειμάρρων.

ii) Παλαιοί και νέοι κώνοι κορημάτων.

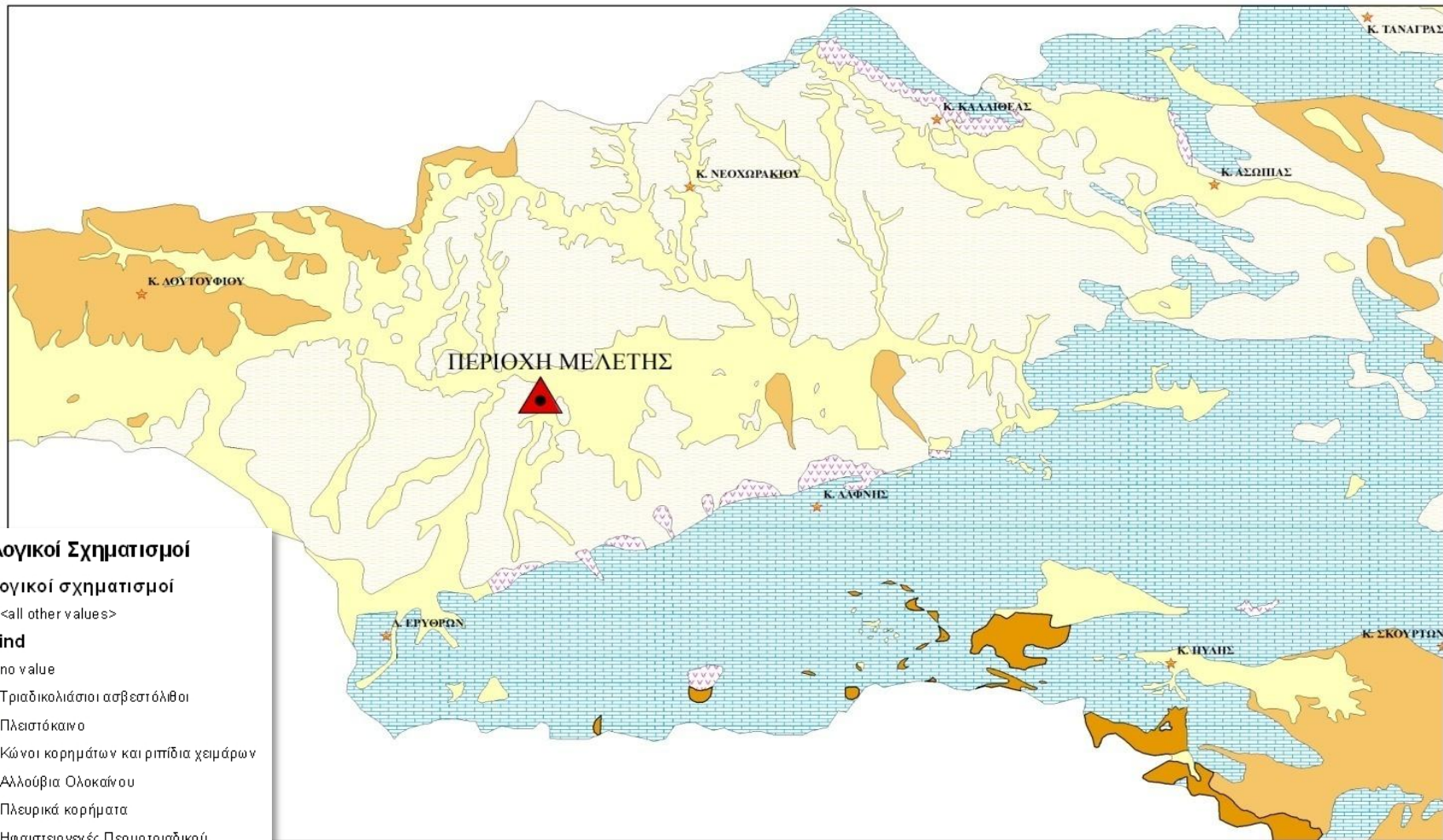
iii) Σύγχρονα πλευρικά κορήματα, τα οποία σχηματίζονται από καταρρεύσεις ασβεστόλιθων στους πρόποδες των βουνών.

Παρακάτω παρατίθεται ο Χάρτης 2 όπου και αποτυπώνονται με ξεχωριστά χρώματα οι γεωλογικοί σχηματισμοί που συνθέτουν την ευρύτερη περιοχή μελέτης.

Σε αντιστοιχία με το γεωλογικό υπόβαθρο, τα εδάφη της περιοχής μελέτης προέρχονται από:

- Τις αλλουβιακές αποθέσεις (αλλούβιο), δηλαδή κυρίως από φερτές ύλες του Ασωπού ποταμού και των ρεμάτων του. Είναι πλούσια σε οργανικό άνθρακα και ασβέστιο και χαρακτηρίζονται σαν γεωργικά εδάφη υψηλής παραγωγικότητας. Τα εδάφη αυτά συναντώνται στην κοίτη του Ασωπού ποταμού.
- Το διλούβιο, δηλαδή κυρίως από μάργες, ψαμμίτες και κροκαλοπαγή. Χαρακτηρίζονται από καλλιέργειες οπωροφόρων, αμπελώνων ή συνδυασμό δενδρωδών και χαμηλών καλλιεργειών. Η βλάστησή τους περιλαμβάνει αραιά δάση πεύκων.
- Τα εδάφη του νεογενούς συστήματος συναντώνται κυρίως στην εγκάρσια ζώνη της γεωγραφικής ενότητας και απαρτίζονται από μαργαϊκούς, τραβερτινοειδείς ασβεστόλιθους και μάργες, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή. Τα εδάφη αυτά καλύπτονται από δασική βλάστηση ή δενδρώδεις καλλιέργειες.

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ



Γεωλογικοί Σχηματισμοί

Γεωλογικοί σχηματισμοί

<all other values>

rockkind

no value

Τριαδικολιάσιοι ασβεστόλιθοι

Πλειστόκαινο

Κώνοι κορημάτων και ριτίδια χειμάρων

Αλλούβια Ολοκαίνου

Πλευρικά κορήματα

Ηφαιστειογενές Περμοτριάδικού

Σιδηροκουανιούχο μετάλλευμα

Αν. Κρητιδικοί Ασβεστόλιθοι

Ασβεστόλιθοι και δολομίτες

Φλύσχις Παλαιοκαίνου

0 6501.300 2.600 3.900 5.200
Meters



Χάρτης 2: Γεωλογικοί σχηματισμοί στην ευρύτερη περιοχή μελέτης

3.4 ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Το κλίμα αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες του περιβάλλοντος σε μια περιοχή. Οι τιμές που παίρνουν τα στοιχεία του κλίματος, εμφανίζουν μεγάλες διαφορές από τόπο σε τόπο και επηρεάζονται κυρίως από το γεωγραφικό πλάτος και μήκος, το υψόμετρο, τη βλάστηση και την απόσταση από υδάτινες μάζες.

Στο υποκεφάλαιο αυτό θα εξεταστούν τα στοιχεία που συνθέτουν το κλίμα της ευρύτερης περιοχής στην οποία ανήκει ο πειραματικός αγρός όπου πραγματοποιήθηκε η έρευνα. Αυτά προέρχονται από καταγραφές των Μετεωρολογικών Σταθμών Τανάγρας της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας και του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος (<http://penteli.meteo.gr/meteosearch/default.asp>) όπου απέχουν περίπου 20 Km από την περιοχή μελέτης και είναι οι πιο κοντινοί σταθμοί με αξιόλογα στοιχεία.

Παρακάτω παρατίθενται η γεωγραφική θέση, το υψόμετρο και η χρονική διάρκεια των μετρήσεων των σταθμών.

Πίνακας 5: Στοιχεία μετεωρολογικών σταθμών

Σταθμός	Γεωγραφικό πλάτος φ _ο	Γεωγραφικό μήκος λ _ο	Υψόμετρο σταθμού (m)	Χρονική περίοδος μετεωρολογικών στοιχείων
Τανάγρας EMY	38ο 19' N	23ο 32' E	139	1978 – 1998
Τανάγρας EAA	38ο 19' 56'' N	23ο 35' 02'' E	140	2009-2010

Γενικά το κλίμα της ευρύτερης περιοχής χαρακτηρίζεται ως εύκρατο, με κρύους και υγρούς χειμώνες και καλοκαίρια ζεστά και ξηρά. Το ετήσιο θερμοκρασιακό εύρος ανέρχεται σε 16.6°C (Σταθμός Τανάγρας EMY) και χαρακτηρίζει την περιοχή ως ηπειρωτική (Πίνακες 6 & 7).

Ισχυροί παγετοί και χιονοπτώσεις στα πεδινά δεν είναι σπάνιο φαινόμενο. Οι εποχές δεν συμπίπτουν κλιματολογικά με την αντίστοιχη ημερολογιακή τους διαίρεση. Ο χειμώνας αρχίζει από τα μέσα Νοεμβρίου και τελειώνει συνήθως περί τα τέλη Μαρτίου. Αντίθετα η άνοιξη είναι μικρής διάρκειας λόγω παράτασης του χειμώνα και της πρώιμης εμφάνισης του καλοκαιριού. Το καλοκαίρι μπορεί να θεωρηθεί ως η εποχή με τη μεγαλύτερη διάρκεια, αφού προσδιορίζεται μεταξύ αρχών

Μαΐου και μέσα Οκτωβρίου, ενώ το φθινόπωρο διαρκεί περίπου από τα μέσα Οκτωβρίου μέχρι τα μέσα Νοεμβρίου (Μαριολόπουλος, 1982).

Η κατανομή των κατακρημνισμάτων μεταξύ των εποχών είναι άνιση. Βάση των βροχομετρικών στοιχείων των Μ.Σ Τανάγρας (Πίνακες 6 & 7), το 79.3% περίπου του συνολικού ετήσιου ύψους βροχής πέφτει κατά την περίοδο του φθινοπώρου-χειμώνα, το 14.6% περίπου την άνοιξη και μόλις το 6.1% το καλοκαίρι. Σύμφωνα με τα στοιχεία των πινάκων & το ύψος βροχής της αρδευτικής περιόδου θεωρείται ελλειμματική για την αγροτική ανάπτυξη, γιατί χωρίς την πρόσθετη χορήγηση επαρκών ποσοτήτων νερού, ειδικότερα κατά την καλοκαιρινή περίοδο, δεν είναι δυνατή η ανάπτυξη των εαρινών καλλιεργειών.

Πίνακας 6: Βασικά Κλιματικά Στοιχεία Μετεωρολογικού Σταθμού Τανάγρας (ΕΑΑ) για το έτος 2010.

ΜΗΝΕΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΕΡΑ °C			ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	ΑΝΕΜΟΙ	
	Μέση	Απόλυτη μέγιστη	Απόλυτη ελάχιστη	mm	Μέση μηνιαία ανεμοταχύτητα Km/hr	Δ/νση ανέμου
Ι	8,8	22,1	-1,6	51,2	7,6	WNW
Φ	10,3	22,6	-4,2	27	7,9	WNW
Μ	10,9	22	0,8	35,6	6,3	WNW
Α	14,4	25,9	3,3	1,4	6,6	N
Μ	20,2	34,6	7,6	51	7	E
Ι	24,1	39,7	14	19,2	6,2	NW
Ι	26,9	38,5	17,4	38,2	6,9	N
Α	28,4	38,9	17,2	0	7	N
Σ	22,5	33,4	14,2	1,2	6,2	N
Ο	16,3	26,2	4,4	101,4	4,8	N
Ν	15,9	25,5	5,2	5,4	5,6	SW
Δ	10,6	24,6	-3,2	24,6	6,4	WNW
ΕΤΟΣ	17,4	39,7	-4,2	356,2	6,5	

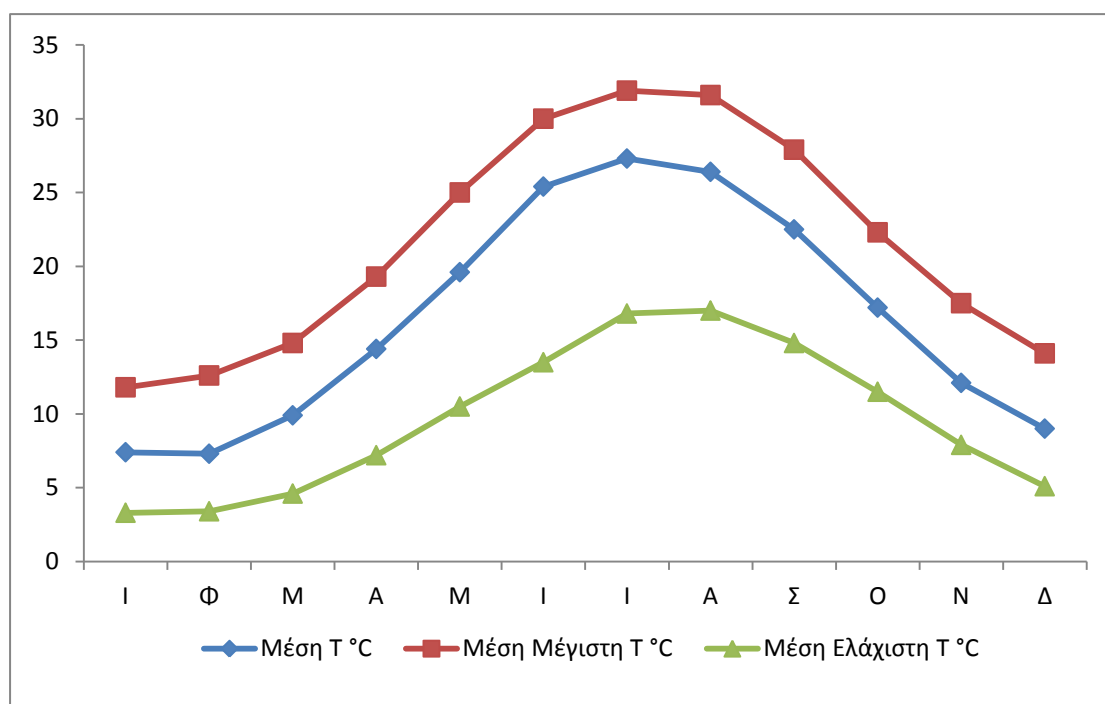
Πίνακας 7: Βασικά Κλιματικά Στοιχεία Μετεωρολογικού Σταθμού Τανάγρας (EMY, 1978-1998).

ΜΗΝΕΣ	Μέση T(οC)	Μέση Μέγιστη T(°C)	Μέση Ελάχιστη T(°C)	Απολύτως Μέγιστη T(°C)	Απολύτως Ελάχιστη T(°C)	Μέση Σχετική Υγρασία (%)	Βροχόπτωση (mm)	Μέση μηνιαία ανεμοταχύτητα (m/sec)	Δ/νση Ανέμου	Μέσος αριθμός ωρών ηλιοφάνειας ανά ημέρα (hr/day)	Μέσος μηνιαίος αριθμός ωρών ηλιοφάνειας (hr)	(ET) mm/day	P/ET
Ι	7.4	11.8	3.3	23.4	-10.4	75.6	62.7	3.3	NW	3.6	110.4	2.05	30.6
Φ	7.3	12.6	3.4	26	-16.6	71	49	3.3	NW	4	111.1	2.59	18.9
Μ	9.9	14.8	4.6	26.6	-6.4	71.5	53.5	3.2	NW	5	155.4	3.28	16.3
Α	14.4	19.3	7.2	32.8	-1.4	64.7	31.6	2.9	W	7.1	212.6	4.36	7.3
Μ	19.6	25	10.5	38.2	1.1	55.8	24.9	2.9	N	8.8	272.9	5.8	4.3
Ι	25.4	30	13.5	42.4	7	47	7.8	3.4	N	11	331	7.54	1
Ι	27.3	31.9	16.8	46	11	44	6.2	3.9	N	11.3	350.9	8.13	0.8
Α	26.4	31.6	17	43.7	10.5	48.9	10.6	3.6	N	10.7	330.2	7.26	1.5
Σ	22.5	27.9	14.8	39	5.8	56.2	10	3	N	8.9	267.8	5.28	1.9
Ο	17.2	22.3	11.5	37.2	0	67.4	46.5	2.9	N	5.7	178	3.51	13.3
Ν	12.1	17.5	7.9	29.4	-3	74.7	65.4	2.8	NW	4	119.3	2.3	28.4
Δ	9	14.1	5.1	24	-6	70.1	72	3.1	W	3.2	100.3	2.01	35.8
ΕΤΟΣ	16.6	21.7	9.6	43.7	-16.6	62.3	440.2	3.2		6.9	2539.9	4.51	

✧ Θερμοκρασία αέρος

Η μέση ετήσια θερμοκρασία αέρος ανέρχεται σε 16,5°C (πίνακας 7). Σύμφωνα με τον πίνακα η μέση μηνιαία ελάχιστη θερμοκρασία που παρατηρείται τον Ιανουάριο και τον Φεβρουάριο είναι 3,3°C και 3,4°C αντίστοιχα, και η μέση μηνιαία μέγιστη θερμοκρασία, που σημειώνεται τον Ιούλιο και Αύγουστο είναι 31,9°C και 31,6°C. Κατά τη διάρκεια των παρατηρήσεων 1978 - 1998 σημειώθηκε απόλυτη ελάχιστη θερμοκρασία -16,6°C κατά το μήνα Φεβρουάριο και απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία 46°C τον Ιούλιο. Οι σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες που παρατηρούνται κατά διαστήματα το Μάρτιο και τον Απρίλιο, αποτελούν ανασταλτικό παράγοντα για τη σπορά και το φύτευμα των καλοκαιρινών καλλιεργειών. Αντίθετα οι υψηλές του Σεπτεμβρίου είναι ευνοϊκός παράγοντας για την ωρίμανση των καλλιεργειών. Επομένως οι τιμές της θερμοκρασίας από τον πίνακα κρίνονται καλές για την καλλιέργεια σιταριού, και οι ακραίες ελάχιστες και μέγιστες εμφανίζονται ανά μεγάλα χρονικά διαστήματα και όχι σε τακτά ετήσια.

Για τα έτη 2009-2010 (σπορά 28/11/09 και συγκομιδή 22/6/10) όπου καλλιεργήθηκε το σιτάρι στον πειραματικό αγρό, σύμφωνα με τους πίνακες & οι θερμοκρασίες (μέση, ελάχιστη και μέγιστη) κατά τη βλαστική περίοδο κρίνονται πολύ καλές.



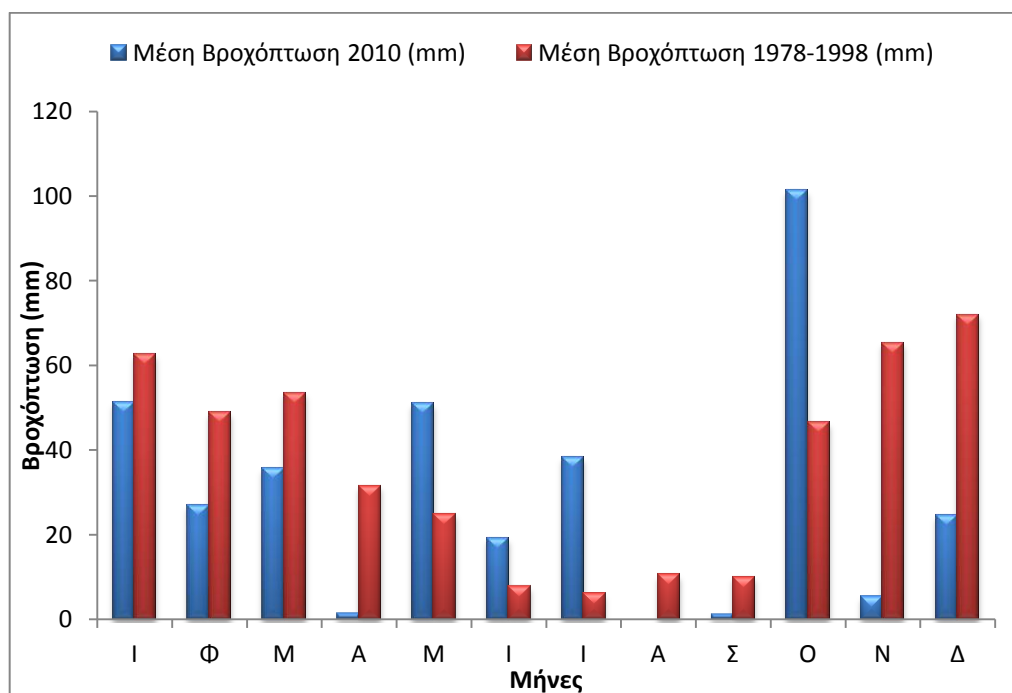
Σχήμα 6: Ετήσια πορεία των τιμών της Μέσης (Tmean), της Μέσης Μέγιστης (Tmax) και της Μέσης ελάχιστης (Tmin) Θερμοκρασίας για την περιοχή του Μ.Σ. της Τανάγρας (EMY) και για τη χρονική περίοδο 1978-1998.

✧ Μέση θερμοκρασία εδάφους

Η διαφορά θερμοκρασίας εδάφους, σε βάθος 0.05 μ. και θερμοκρασίας αέρα όπως είναι γνωστό είναι σχετικά μικρή. Γενικά η θερμοκρασία εδάφους είναι ελαφρά χαμηλότερη από την θερμοκρασία του αέρα, στοιχείο ευνοϊκό για το φύτεμα του σπόρου των εαρινών καλλιεργειών και την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των επιπολαιόριζων χειμερινών σιτηρών.

✧ Βροχοπτώσεις

Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής ανέρχεται σε 440,2 χιλιοστά (πίνακας 7). Η κατανομή των βροχοπτώσεων κατά τη διάρκεια του έτους δεν είναι ομοιόμορφη. Έτσι το 41,7% των βροχών (183,7 mm) πέφτει κατά τη διάρκεια του χειμώνα, το 27,7% (121,9 mm) κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου, το 25% (110 mm) την Άνοιξη και τέλος το 5,6% (24,6 mm) κατά τη θερινή περίοδο. Αντίστοιχα για το έτος 2010 η κατανομή των βροχοπτώσεων δίνεται από το σχήμα 7, όπου παρατηρούνται αλλαγές στο ύψος ανά εποχή.



Σχήμα 7: Πορεία της Ετήσιας Βροχόπτωσης για την περιοχή του Μ.Σ. της Τανάγρας και για τη χρονική περίοδο 1978-1998.

Για το έτος 2010 το ύψος βροχής ανήρθε σε 356,2 mm (πολύ κάτω από το μέσο ετήσιο ύψος). Η μέγιστη βροχόπτωση 24ώρου ήταν 38,2 χιλιοστά και σημειώθηκε στις 26 Ιουλίου. Ο αριθμός ημερών βροχής ήταν 95 ημέρες, με μεγαλύτερους αριθμούς ημερών βροχής 21, 14 και 13 τους μήνες Οκτώβριο, Φεβρουάριο και Ιανουάριο

αντίστοιχα και μήνα χωρίς βροχή τον Αύγουστο (σχήμα 7). Είναι χαρακτηριστικό ότι από 15 Μαρτίου έως 14 Μαΐου η βροχόπτωση ήταν σχεδόν μηδαμινή, την περίοδο δηλαδή που η καλλιέργεια σιταριού έχει τις μεγαλύτερες απαιτήσεις σε νερό για την ανάπτυξη, την ανθοφορία και την παραγωγή σπόρων.

✧ **Νέφωση – Ηλιοφάνεια**

Σύμφωνα με τις καταμετρήσεις για την ηλιοφάνεια του μετεωρολογικού σταθμού της Τανάγρας, συμπεραίνεται ότι ο μέσος αριθμός ωρών ηλιοφάνειας ανά ημέρα και ο μέσος μηνιαίος αριθμός ωρών έχουν υψηλές τιμές. Μάλιστα θεωρούνται από τις μεγαλύτερες στη χώρα.

Αντίθετα η νέφωση κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι πολύ μικρή, και ιδιαίτερα κατά την περίοδο μεγάλης ανάπτυξης και καρποφορίας των φυτών μεγάλης καλλιέργειας (οι περισσότεροι νεφοσκεπείς μήνες είναι ο Δεκέμβριος, Ιανουάριος, Φεβρουάριος, Νοέμβριος, Μάρτιος και λιγότερο ο Οκτώβριος και ο Απρίλιος). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την θετική επίδραση στην καλλιέργεια του σιταριού.

✧ **Σχετική υγρασία**

Η σχετική υγρασία μιας περιοχής εξαρτάται από τη θερμοκρασία, τους ανέμους, το υψόμετρο, τη φυτοκάλυψη, τους υδάτινους όγκους κ.α. Η σχετική υγρασία ακολουθεί αντίθετη πορεία από τη θερμοκρασία. Όταν αυξάνεται η θερμοκρασία η σχετική υγρασία μειώνεται και το αντίστροφο.

Από τα επιμέρους στοιχεία σχετικής υγρασίας του Μ.Σ της Τανάγρας (ΕΜΥ) προκύπτει ότι υπάρχει αισθητή διαφορά μεταξύ των διαφόρων μηνών του έτους με ελάχιστη τον Ιούλιο 44,0% και μέγιστη τον Ιανουάριο με 75,6% (Πίνακας 7). Σημειώνεται ότι η μέγιστη ισόϋγρη καμπύλη διατηρείται στα αυτά περίπου υψηλά επίπεδα, όλη την περίοδο του Νοεμβρίου-Μαρτίου προφανώς λόγω επηρεασμού της περιοχής από τους ορεινούς όγκους που την περιβάλλουν και τις υδατικές συνθήκες που επικρατούν στο Κωπαϊδικό πεδίο.

✧ **Άνεμοι**

Σύμφωνα με τις παρατηρήσεις του Μ.Σ. Τανάγρας και της τοπογραφίας της περιοχής μελέτης οι άνεμοι δεν παρουσιάζουν κάποιο σημαντικό στοιχείο καθώς είναι χαμηλής έντασης. Οι επικρατούντες είναι οι βόρειοι κατά το διάστημα Μαΐου-Οκτωβρίου και οι βορειοδυτικοί τους Ιανουάριο-Μάρτιο.

✧ Πάχνη – Παγετοί – Χιόνι

Στοιχεία πάχνης, παγετού και χιονιού δεν διαθέτουν οι Μ.Σ. της Τανάγρας. Όμως από παρεμφερείς πηγές και πληροφορίες συμπεραίνεται ότι η περιοχή δεν πάσχει συχνά από επιπτώσεις τέτοιων φαινομένων τουλάχιστον σε ότι αφορά τη γεωργία.

✧ Εξατμισοδιαπνοή

Από αγρομετεωρολογική άποψη, μια παράμετρος που παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον εξαιτίας της καθοριστικής συμμετοχής της στην παραγωγή είναι η εξατμισοδιαπνοή ET, της οποίας οι τιμές υπολογίστηκαν για το ίδιο χρονικό διάστημα (Πίνακας 7). Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι τιμές του πηλίκου P/ET, όπου P αντιπροσωπεύει τη μηνιαία βροχόπτωση σε mm και ET εκφράζει την εξατμισοδιαπνοή. Ο λόγος αυτός, του οποίου οι τιμές δίνονται από τον πίνακα 7, επιβεβαιώνει το γεγονός ότι το έλλειμμα υγρασίας τους καλοκαιρινούς μήνες έχει ομαλή μεταβολή.

Κλιματική κατάταξη κατά De Martonne

Με σκοπό την ταξινόμηση σ' ένα κλιματικό σύστημα αναφέρεται ο συντελεστής De Martonne's (1940), ο οποίος δίνεται από τη σχέση:

$$\diamond A=P/(T+10)$$

Όπου P: η συνολική ετήσια βροχόπτωση

T: η μέση ετήσια θερμοκρασία

Αν χρησιμοποιηθεί η παραπάνω εξίσωση του De Martonne's για συνολική ετήσια βροχόπτωση 440.2 mm και για μέση ετήσια θερμοκρασία 16.6° C, τότε ο δείκτης ξηρότητας AI ισούται με 16.5 και σύμφωνα με την κλιματική ταξινόμηση του De Martonne χαρακτηρίζεται ως ημίξηρο.

Κλιματική κατάταξη κατά Köppen

Ο Köppen κατατάσσει το κλίμα σε πέντε βασικές κατηγορίες, με κριτήρια τη θερμοκρασία και τη βροχόπτωση. Συγκεκριμένα χρησιμοποιεί :

$$\diamond r = 440.2 \text{ mm (μέση ετήσια βροχόπτωση)}$$

- ✧ $r_{\xi} = 6.2 \text{ mm}$ (μέση βροχόπτωση του ξηρότερου μήνα, Ιούλιος)
- ✧ $r_v = 72 \text{ mm}$ (μέση βροχόπτωση του υγρότερου μήνα, Δεκέμβριος)
- ✧ $r_{\theta} = 22.4 \text{ mm}$ (μέση βροχόπτωση για το θερινό εξάμηνο)
- ✧ $r_x = 50.93 \text{ mm}$ (μέση βροχόπτωση για το χειμερινό εξάμηνο)
- ✧ $T = 16.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (μέση ετήσια θερμοκρασία)
- ✧ $T_{\theta} = 27.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (μέση θερμοκρασία του θερμότερου μήνα, Ιούλιος)
- ✧ $T_{\psi} = 7.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (μέση θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα, Φεβρουάριος)

Σύμφωνα με το σύστημα ταξινόμησης Koppen ο τύπος του κλίματος είναι **CSa** και χαρακτηρίζεται ως μεσογειακός τύπος κλίματος ή μεσόθερμος τύπος κλίματος με ξηρό και θερμό θέρος. Το σύμβολο **C** αναφέρεται στη θερμοκρασία, το **s** υποδηλώνει την ξηρή περίοδο του έτους και το **a** τη μέση Θερμοκρασία του θερμότερου μήνα.

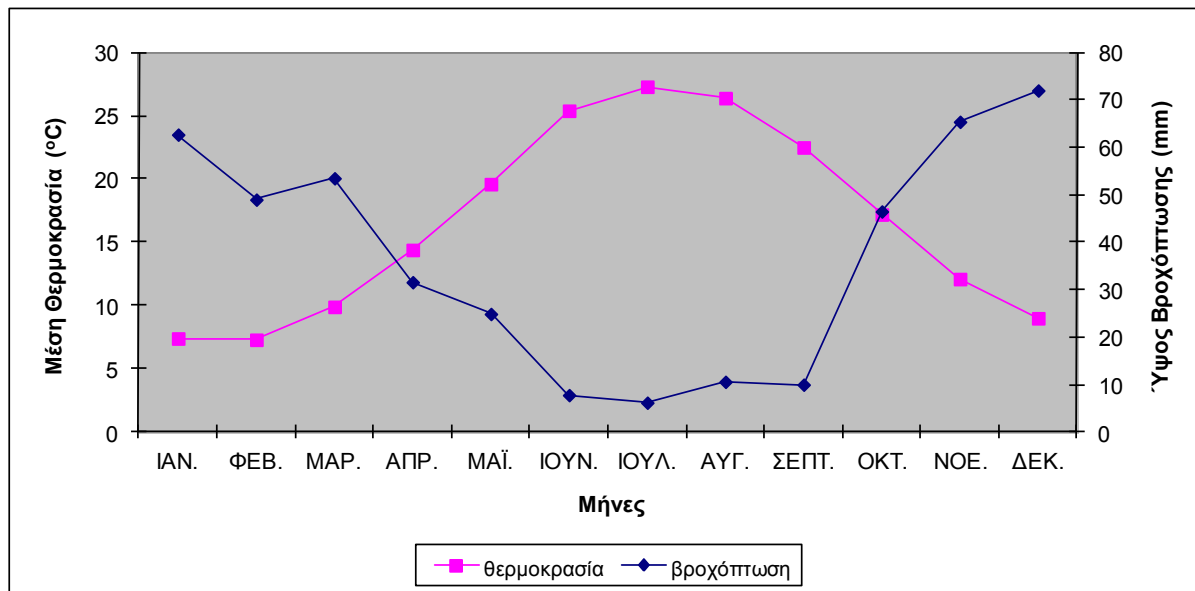
Μια παρόμοια ταξινόμηση δίνεται από τον υπολογισμό των ξηροθερμικών δεικτών από τους *Bagnouls-Gaussen (1957)*. Το ομβροθερμικό διάγραμμα κατά *Bagnouls-Gaussen (1957)* που ακολουθεί δείχνει τους βαθμούς ξηρασίας για ένα δεδομένο μήνα (P/T) και προσδιορίζει τον αριθμό των ημερών που θεωρούνται ξηρές από βιολογική άποψη. Σύμφωνα με τους *Bagnouls-Gaussen*, ξηρές μέρες θεωρούνται όλες εκείνες για τις οποίες:

1. δεν σημειώνεται βροχόπτωση
2. η τιμή της μέσης σχετικής υγρασίας είναι μικρότερη από 40%.

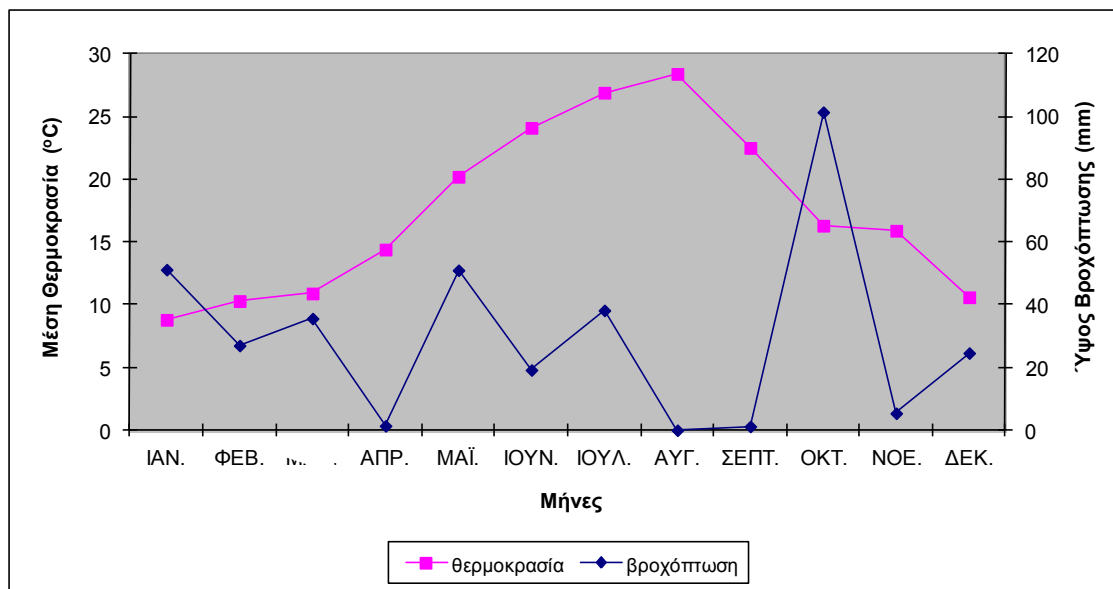
Από τον αριθμό των ξηρών ημερών (χ = ξηροθερμικό δείκτης), πραγματικών και διορθωμένων, λαμβάνονται υπόψη μόνο εκείνες που σημειώνονται στη διάρκεια μιας συνεχούς ξηράς εποχής του έτους. Ακολουθούν τα σχήματα 8 & 9, όπου η καμπύλη μεταβολής της θερμοκρασίας τοποθετείται πάνω στην καμπύλη βροχόπτωσης. Η τετμημένη, η οποία δίνει τις τιμές της βροχόπτωσης είναι ίση με $2T$ ($P=2T$) και όπου $P>2T$ υπάρχει πλεόνασμα υγρασίας, ενώ όπου $P<2T$ έλλειμμα υγρασίας.

Από τα διαγράμματα, για τη χρονική διάρκεια 1978-1998 ορίζεται γραφικά η ξηροθερμική περίοδος από μέσα Απριλίου έως αρχές Οκτωβρίου. Για το έτος 2010,

ορίζεται από αρχές Ιουνίου έως μέσα Σεπτεμβρίου, επίσης τους μήνες Απρίλιο και Νοέμβριο, και οριακά τους μήνες Δεκέμβριο και Φεβρουάριο λόγω των μικρών βροχοπτώσεων που πραγματοποιήθηκαν. Επομένως η ξηροθερμική περίοδος κάλυπτε το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα του έτους 2010.



Σχήμα 8: Ομβροθερμικό διάγραμμα Μ.Σ. Τανάγρας (EMY) (1978-1998).



Σχήμα 9: Ομβροθερμικό διάγραμμα Μ.Σ. Τανάγρας (EAA) (2010).

Καθεστώς εδαφικής θερμοκρασίας

Η θερμοκρασία του εδάφους αποτελεί ταξινομικό κριτήριο με ιδιαίτερη σπουδαιότητα. Η μέση ετήσια (ΜΕΕ), η μέση θερινή (ΜΘΕ) και η μέση χειμερινή θερμοκρασία (ΜΧΕ) εδάφους χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό των κλάσεων εδαφικής θερμοκρασίας (Soil Survey Staff, 2010). Η έλλειψη δεδομένων θερμοκρασίας εδάφους στην περιοχή μελέτης οδήγησε στην εκτίμηση της εδαφικής θερμοκρασίας από τη μέση θερμοκρασία αέρα, ως εξής (Soil Survey Staff, 2010):

- ✧ $MEE = \text{Μέση Ετήσια Θερμοκρασία Αέρα} + 1 \text{ } ^\circ\text{C}$
- ✧ $M\Theta E = \text{Μέση θερινή Θερμοκρασία Αέρα} - 0.6 \text{ } ^\circ\text{C}$
- ✧ $M\chi E = M\Theta E - MEE$

Στην περιοχή έρευνας οι αντίστοιχες τιμές εδαφικής θερμοκρασίας είναι οι εξής:

- ✧ $M_{\epsilon\epsilon} = 17,6 \text{ } ^\circ\text{C}$, $M_{\theta\epsilon} = 20,5 \text{ } ^\circ\text{C}$, $M_{\chi\epsilon} = 12,8 \text{ } ^\circ\text{C}$

Αρα \rightarrow **thermic**, καθώς η ΜΕΕ κυμαίνεται μεταξύ 15 και 22 $^\circ\text{C}$, και η διαφορά ΜΘΕ - ΜΧΕ είναι μεγαλύτερη από 6 $^\circ\text{C}$ σε βάθος 50 cm από την επιφάνεια του εδάφους.

Καθεστώς εδαφικής υγρασίας

Η κατάσταση εδαφικής υγρασίας σχετίζεται άμεσα με το κλίμα και αποτελεί βασικό κριτήριο ταξινόμησης. Το καθεστώς εδαφικής υγρασίας ορίζεται από μετεωρολογικά δεδομένα μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας, μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης και δυναμικής εξατμισοδιαπνοής. Σύμφωνα με το *Soil Survey Staff (2010)* και με βάση ότι:

- ✧ η περιοχή ελέγχου εδαφικής υγρασίας είναι ξηρή για περισσότερο από 45 συνεχείς μέρες στο διάστημα των τεσσάρων μηνών που ακολουθούν το θερινό ηλιοστάσιο
- ✧ η μέση ετήσια Θερμοκρασία εδάφους σε βάθος 50 cm είναι μικρότερη από 22 $^\circ\text{C}$
- ✧ η διαφορά μέσης θερμοκρασίας εδάφους μεταξύ χειμώνα και θέρους είναι μεγαλύτερη από 5 $^\circ\text{C}$

Προκύπτει ότι το καθεστώς εδαφικής υγρασίας είναι **xeric** και είναι χαρακτηριστικό των περιοχών με Μεσογειακό κλίμα, όπου ο χειμώνας είναι υγρός και δροσερός και το καλοκαίρι θερμό και ξηρό.

3.5 ΕΛΑΦΗ

Στο σύνολό τους τα εδάφη της περιοχής έχουν αναπτυχθεί κυρίως σε ασβεστόχα μητρικά υλικά, σε περιοχές με μεγάλες έως πολύ μικρές κλίσεις με συνθήκες έντονης διάβρωσης - σε αυτόχθονα υλικά ή μεταφερθέντα πρόσφατα υλικά. Η βιοκλιματική επίδραση επί της εδαφογένεσης καθορίζεται από το χεric καθεστώς εδαφικής υγρασίας και thermic καθεστώς εδαφικής θερμοκρασίας, δεδομένου ότι επικρατούν υγροί και ψυχροί χειμώνες και ξερά και θερμά καλοκαίρια. Έτσι σε κολλουβιακές αποθέσεις δηλαδή κολλουβιακά πετρώγια και κώνους κορημάτων τα εδάφη είναι πρόσφατα χωρίς εδαφογενετικούς ορίζοντες, A/C Entisols (Orthent), από αβαθή μέχρι πολύ βαθιά, και κατά κανόνα επικλινή γεμάτα πέτρες και κροκάλες ως επί το πλείστον ασβεστόχα.

Η κατανομή των εδαφών σε αλλουβιακά ριπίδια καθορίζεται από το μέγεθος του αλλουβιακού ριπιδίου. Στις περισσότερες περιπτώσεις όπου συναντώνται μεγάλα ριπίδια παρατηρούνται στο επάνω και περισσότερο επικλινές μέρος, Entisols, στη μέση του ριπιδίου εδάφη, τα οποία έχουν αναπτύξει καμβικό ορίζοντα (Inceptisols), ενώ προς το κάτω μέρος του ριπιδίου απαντώνται λεπτόκοκκα εδάφη με ρωγμές και Vertic χαρακτηριστικά (slikensides, gilgay ανάγλυφο, σχισμές την ξηρή περίοδο) δηλαδή Vertisols (EΘ.Ι.Α.Γ.Ε., 1992).

Σύμφωνα με το Χάρτη Εδαφικών Τάξεων (Χάρτης 3), η περιοχή μελέτης βρίσκεται στο όριο 2 τάξεων, των Entisols και των Vertisols. Σύμφωνα με την εδαφολογική μελέτη που πραγματοποιήθηκε από το EΘ.Ι.Α.Γ.Ε. τα εδάφη των 2 χαρτογραφικών μονάδων περιγράφονται περιληπτικά ως εξής:

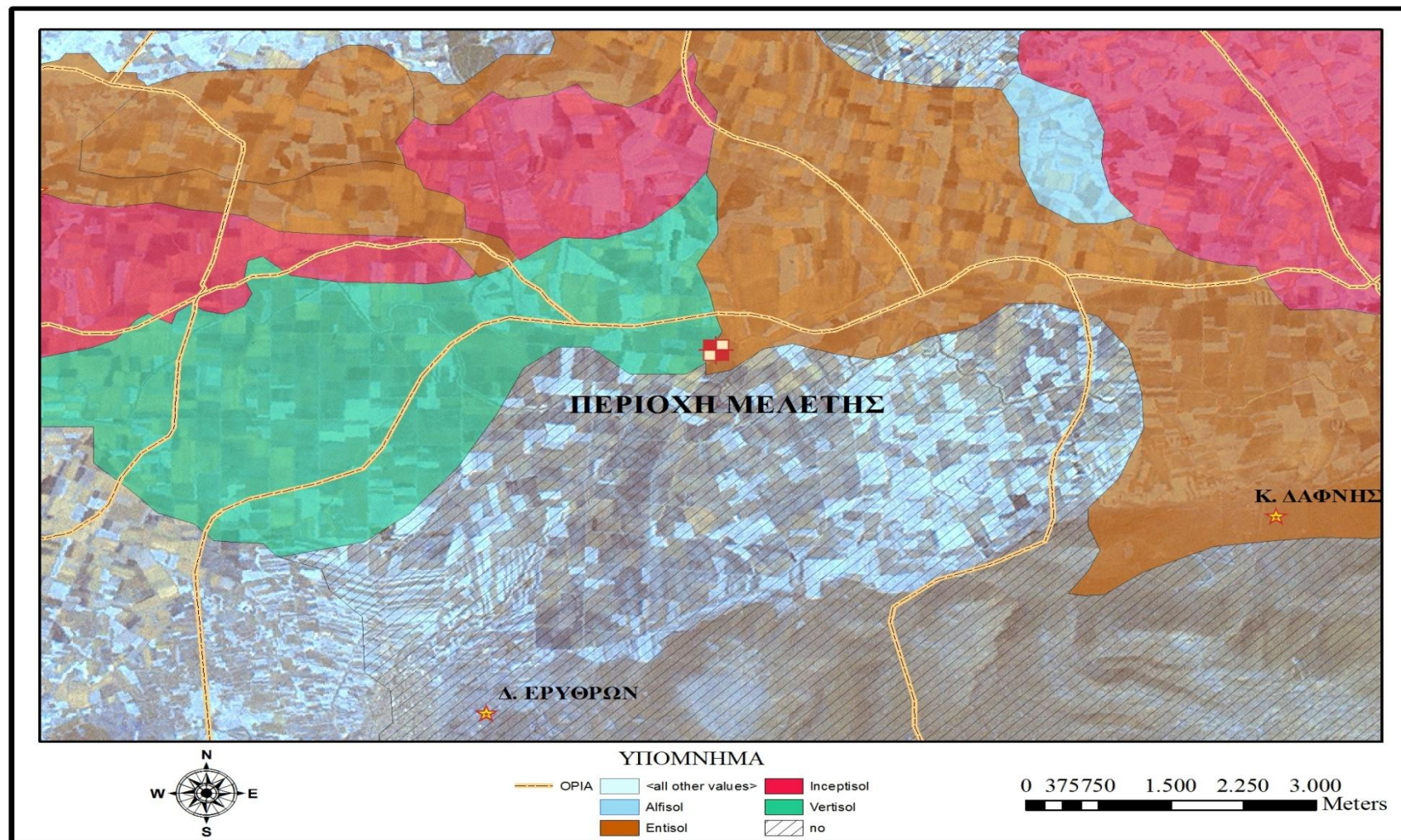
✧ **ENTISOLS**

Πρόσφατα εδάφη χωρίς ανεπτυγμένους εδαφογενετικούς ορίζοντες, σχηματισθέντα σε αυτόχθονα ή μεταφερθέντα υλικά. Εδάφη κυρίως πολύ καλά έως μέτρια αποστραγγιζόμενα. Αβαθή έως Βαθιά. Η μηχανική σύσταση της εδαφοτομής ποικίλει από αμμώδη μέχρι αργιλώδη με ή χωρίς χαλίκια. Επίπεδα ή πολύ επικλινή εδάφη, χωρίς διάβρωση μέχρι πολύ διαβρωμένα, κυρίως με ή και χωρίς ανθρακικά στην εδαφοτομή.

✧ **VERTISOLS-XERERTS**

Εδάφη με VERTIC χαρακτηριστικά. Μέτρια (κυρίως) μέχρι υπερβολικά αποστραγγιζόμενα. Βαθιά εδάφη. Η μηχανική σύσταση στον επιφανειακό ορίζοντα είναι από αμμοαργιλοπηλώδης μέχρι αργιλώδης χωρίς (κύρια) ή με χαλίκια. Η

μηχανική σύσταση στους υποεπιφανειακούς ορίζοντες είναι από αργιλώδης (κυρίως) μέχρι αμμοαργιλοπηλώδης. Η μηχανική σύσταση στο υπόστρωμα είναι λεπτότερη από ιλυώδης. Συναντώνται κυρίως σε επίπεδες ή ελαφρά κεκλιμένες επιφάνειες. Χωρίς (κυρίως) ή με ελαφρά διάβρωση. Χωρίς ανθρακικά σε ολόκληρη την εδαφοτομή μέχρι και με υψηλή περιεκτικότητα ανθρακικών (*ΕΘ.Ι.Α.Γ.Ε., 1992*).



Χάρτης 3: Εδαφικές Τάξεις

4. ΠΕΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ – ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ

4.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ – ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ

Η περιοχή μελέτης, όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, βρίσκεται στο Δήμο Ερυθρών Ν. Αττικής στη θέση “Καλαμάτα”, 7 Km βορειοανατολικά του οικισμού των Ερυθρών. Η έρευνα υλοποιήθηκε σε έκταση 1,3 στρεμμάτων (52m x 25m) σε σύνολο ιδιοκτησίας 120 στρεμμάτων. Σε 1 στρέμμα (40m x 25m) εγκαταστάθηκε στρώση ελαστικού 20cm σε βάθος εδάφους 60-80cm, ενώ ακριβώς δίπλα του σε επιφάνεια 0,3 στρέμμα (300 m²) (12m x 25m) δεν τοποθετήθηκε στρώση και χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας. Στην επιφάνεια αυτή του 1,3 στρέμματος καλλιεργήθηκε χειμερινό σιτάρι.

Η έναρξη των εργασιών για την υλοποίηση της έρευνας και για τη δημιουργία του πειραματικού αγρού ξεκίνησε στις 10-5-2009. Πρώτα εμβαδομετρήθηκε η έκταση με τοποθέτηση σημαδούρας στην κάθε γωνία του πειραματικού τεμαχιδίου και στον μάρτυρα. Επειδή στην έκταση υπήρχε καλλιέργεια σιτηρών, πραγματοποιήθηκε στελεχοκοπή των φυτών του σιταριού, όπου και απομακρύνθηκαν (Εικόνα 4). Κατόπιν με μηχανήματα ελαφρού τύπου έγινε η εκσκαφή της έκτασης σε βάθος 0,80cm ώστε να τοποθετηθεί η στρώση των τεμαχισμένων ελαστικών (Εικόνα 5). Το έδαφος που αφαιρούνταν τοποθετήθηκε περιμετρικά της πειραματικής επιφάνειας για την επανατοποθέτησή του μετά την εγκατάσταση της στρώσης του ελαστικού. Για την αποφυγή της συμπίεσης από τα μηχανήματα, στο σκαμμένο έδαφος πραγματοποιήθηκε κατεργασία του εδάφους (Εικόνα 6).

Πριν την τοποθέτηση των ελαστικών στο σκαμμένο έδαφος έγινε η 1^η δειγματοληψία εδάφους όπου πάρθηκαν δείγματα από βάθος 10-15cm (συνολικό βάθος από την επιφάνεια μετά την επανατοποθέτηση του εδάφους 90-95 cm) (Εικόνα 7). Τα δείγματα αυτά για παραμέτρους του εδάφους, αποτελούν σημεία αναφοράς καθώς δεν επηρεάστηκαν από κανένα παράγοντα της έρευνας.



Εικόνα 4: Στελεχοκοπή της υπάρχουσας καλλιέργειας σιτηρών για την έναρξη των εργασιών δημιουργίας του πειραματικού αγρού.



Εικόνα 5: Εκσκαφή της έκτασης της έρευνας για τη στρώση τεμαχισμένων ελαστικών σε καλλιέργεια σιταριού.



Εικόνα 6: Η κατεργασία στο σκαμμένο έδαφος για τυχόν συμπίεση που προκάλεσαν τα μηχανήματα εκσκαφής.



Εικόνα 7: Στο κατεργασμένο έδαφος πραγματοποιήθηκε η 1^η δειγματοληψία εδάφους πριν τη στρώση των τεμαχισμένων ελαστικών.

Έπειτα τοποθετήθηκαν πλαστικοί κουβάδες σε σκαμμένες θέσεις κάτω από τη στρώση των ελαστικών για τη συλλογή νερού προς ανάλυση, αφού πρώτα το νερό της βροχής διαπερνά τα τεμαχισμένα λάστιχα (Εικόνα 8).



Εικόνα 8: Τοποθέτηση πλαστικού κουβά κάτω από τη στρώση των ελαστικών για τη συλλογή νερού και τον έλεγχο τυχόν επιπτώσεων από αυτά.

Ακολούθησε η εγκατάσταση αισθητήρων μέτρησης εδαφικής υγρασίας ώστε να βρίσκονται κάτω από τη στρώση των ελαστικών σε βάθος 10-15cm (από την επιφάνεια 90-95cm) (Εικόνα 9). Στη συνέχεια τα τεμαχισμένα ελαστικά επίσωτρων οχημάτων διαστάσεων έως 20cm, προερχόμενα από πρωτογενή μηχανικό τεμαχισμό και μεταφερόμενα με φορτηγά στο χώρο, τοποθετούνταν στο κάτω μέρος του σκαμμένου και κατεργασμένου εδάφους. Η διάστρωση των ελαστικών έγινε από μικρό μηχάνημα για την εξασφάλιση της στρώσης των 20cm (Εικόνα 10). Το βάθος της στρώσης του ελαστικού (60-80cm) επιλέχθηκε με βάση την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος της καλλιέργειας. Μετά τη στρώση, τοποθετήθηκε ένας αισθητήρας θερμοκρασίας μέσα στο λάστιχο και προφυλάχτηκε από φθορές με σωλήνα πλαστικό. Ακολούθησε η επανατοποθέτηση του εδάφους και η δημιουργία των κλίσεων επιφανείας, όπως ήταν πριν τις επεμβάσεις. Ο χρόνος ολοκλήρωσης των ανωτέρω εργασιών ήταν 7 ημέρες και πραγματοποιήθηκαν το μήνα Ιούλιο.



Εικόνα 9: Εγκατάσταση των αισθητήρων μέτρησης υγρασίας κάτω από τη στρώση των ελαστικών.



Εικόνα 10: Η διάσπρωση των τεμαχισμένων ελαστικών για τη δημιουργία της στρώσης 20cm.

Τέλος, με την επανατοποθέτηση του εδάφους εγκαταστάθηκαν και οι αισθητήρες εδαφικής υγρασίας στα βάθη 30cm και 60cm (Εικόνα 11). Στο μάρτυρα οι αισθητήρες (θερμοκρασίας και υγρασίας) τοποθετήθηκαν στα αντίστοιχα βάθη με το πειραματικό τεμαχίδιο.



Εικόνα 11: Ολοκλήρωση εγκατάστασης αισθητήρων εδαφικής υγρασίας και θερμοκρασίας, σύνδεση με καταγραφικό δεδομένων και έναρξη μετρήσεων.

Οι καλλιεργητικές εργασίες και φροντίδες έγιναν ενιαία για τον πειραματικό αγρό με τη στρώση ελαστικών και το μάρτυρα, και πραγματοποιήθηκαν από τον ιδιοκτήτη της έκτασης που εφαρμόστηκε η έρευνα, χωρίς να παρεμβαίνει κανείς.

Στην πειραματική επιφάνεια με το σιτάρι με την ολοκλήρωση των εργασιών επανατοποθέτησης του εδάφους, πραγματοποιήθηκε πρώτα καλλιεργητής και μετέπειτα σβάρνα για την ισοπέδωση ανωμαλιών του εδάφους και ψιλοχωμάτισμα των σβώλων. Για την ετοιμασία του εδάφους πριν τη σπορά έγινε άροση και μετέπειτα κατεργασία με καλλιεργητή. Στις 28-11-2009 με το χέρι σπάρθηκε το σιτάρι (22 kg/στρέμμα) και η ποικιλία που χρησιμοποιήθηκε ήταν η “Bronte” (σκληρό σιτάρι). Μετά τη σπορά και τη φθινοπωρινή λίπανση εφαρμόστηκε καλλιεργητής ώστε να εισχωρήσουν στο έδαφος ο σπόρος και το λίπασμα (Εικόνα 12).



Εικόνα 12: Η πειραματική επιφάνεια της καλλιέργειας σιταριού μετά τη σπορά και τη λίπανση.

Η λίπανση που εφαρμόστηκε για το φθινόπωρο ήταν η βασική με τη σπορά 30-35 kg/στρέμμα και την άνοιξη με νιτροθεϊκή αμμωνία 25 kg/στρέμμα. Θα πρέπει να τονιστεί ότι μετά την ανοιξιάτικη λίπανση δεν έβρεξε καθόλου για δύο μήνες (μέσα Μαρτίου έως μέσα Μαΐου 2010) (Εικόνα 13). Το Φεβρουάριο 2010 υλοποιήθηκε ράντισμα για πλατύφυλλα. Η τελευταία καλλιεργητική εργασία ήταν η συγκομιδή των σπόρων του σιταριού από τα στάχια του η οποία έγινε μηχανικά στις 22-6-2010 (Εικόνα 14). Στις 15-11-2009 πραγματοποιήθηκε η 1^η επιφανειακή δειγματοληψία εδάφους από το βάθος 0-40cm (πριν την σπορά) και την ίδια ημέρα εγκαταστάθηκαν οι αισθητήρες μέτρησης της εδαφικής υγρασίας και της θερμοκρασίας στα βάθη 30 και 60 cm. Στις 8-8-2010 ολοκληρώθηκαν οι εργασίες πεδίου με τη 2^η επιφανειακή δειγματοληψία εδάφους από το βάθος 0-40cm και τη 2^η δειγματοληψία από βάθος 10-15cm κάτω από τη στρώση των ελαστικών (Εικόνα 15). Όμως με τη διάνοιξη ορύγματος για τη 2^η δειγματοληψία κάτω από τη στρώση των ελαστικών, διαπιστώθηκε ότι, η στρώση των ελαστικών βρισκόταν σε βάθος περίπου 80-100cm, που προέκυψε από τοποθέτηση μεγαλύτερου βάθους εδάφους κατά τη διάρκεια των χωματουργικών εργασιών επανατοποθέτησης του εδάφους.



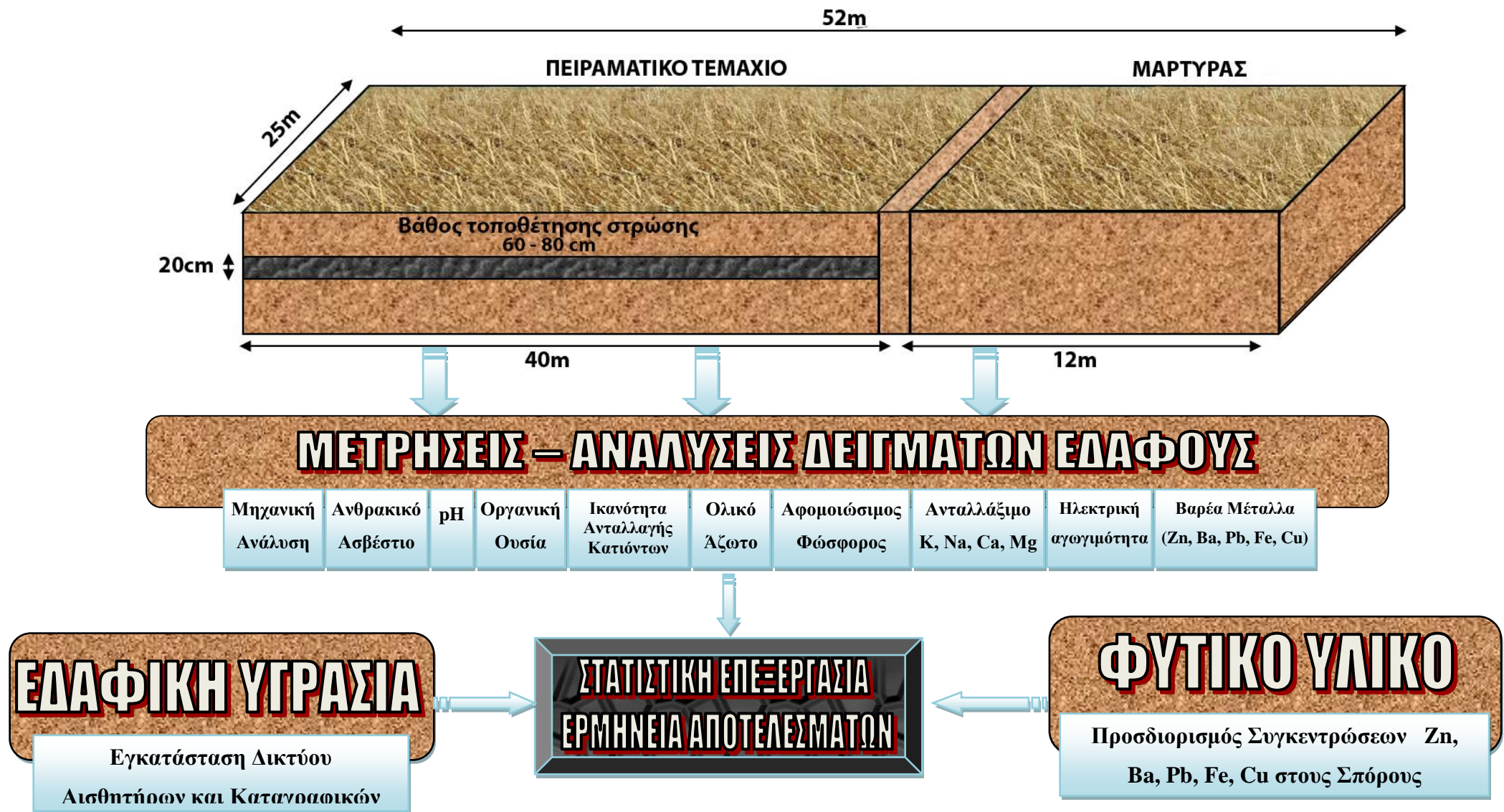
Εικόνα 13: Η καλλιέργεια σιταριού τέλη Μαρτίου 2010.



Εικόνα 14: Συγκομιδή του σιταριού από την πειραματική επιφάνεια με θεριζοαλωνιστική μηχανή.



Εικόνα 15: Συλλογή δειγμάτων εδάφους κάτω από τη στρώση των ελαστικών σε όρυγμα βάθους 2 m και επιφανειακά στην καλλιέργεια σιταριού.



Σχήμα 10: Γραφική απεικόνιση του πειραματικού μοντέλου.

4.2 ΕΛΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Για τον προσδιορισμό των εδαφικών παραμέτρων στον πειραματικό αγρό με το σιτάρι, πραγματοποιήθηκαν δύο δειγματοληψίες σε δύο βάθη. Το πρώτο βάθος ήταν το επιφανειακό 0-40 cm και το δεύτερο 90-95 cm (10-15 cm κάτω από τη στρώση των ελαστικών). Οι δύο δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν μία στην αρχή της έρευνας πριν τοποθετηθεί η στρώση των τεμαχισμένων ελαστικών και η άλλη με το τέλος της συγκομιδής του σιταριού. Για το μάρτυρα ισχύσαν τα ίδια με τον πειραματικό αγρό.

Το σχέδιο που χρησιμοποιήθηκε ήταν αυτό των υποδιαιρεμένων τεμαχίων (split-plot). Ο πειραματικός αγρός διαιρέθηκε σε 5 κύρια τεμάχια (ή ζώνες) μεγέθους 25*8 m, οι οποίες επιπλέον διαιρέθηκαν σε 2 υπό-τεμάχια επανάληψης μεγέθους 25*4 m. Αντίστοιχα στους μάρτυρες τα 5 κύρια τεμάχια είχαν μέγεθος 25*2 m, ενώ διαιρέθηκαν σε υπό-τεμάχια μεγέθους 12,5*2 ή 25*1 m. Κύρια τεμάχια ήταν οι επεμβάσεις (ελαστικό – μάρτυρας) και υπό-τεμάχια οι επαναλήψεις (10). Επομένως το σύνολο των εδαφικών δειγμάτων της παρούσας μελέτης ήταν 80.

Οι δειγματοληψίες στον πειραματικό αγρό με τα τεμαχισμένα ελαστικά έγιναν με την ανάμιξη 3 δειγμάτων σε ένα μεικτό για κάθε υπό-τεμάχιο. Τα σημεία δειγματοληψιών ήταν δέκα (10) και για τον πειραματικό αγρό και για τον μάρτυρα, για κάθε βάθος. Οπότε στην 1^η δειγματοληψία ελήφθησαν συνολικά 40 δείγματα (20 δείγματα για το βάθος 0-40 και 20 δείγματα για το βάθος 90-95 cm). Όμοια ήταν και στην 2^η δειγματοληψία.

Για τις εδαφικές αναλύσεις τα δείγματα μεταφέρθηκαν στο Εργαστήριο Γεωργ. Χημείας και Εδαφολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, αεροξηράθηκαν, λειοτριβήθηκαν και πραγματοποιήθηκε διαχωρισμός των εδαφικών τεμαχιδίων με κόσκινο των 2mm. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκαν οι ακόλουθες αναλύσεις.

✧ Μηχανική Ανάλυση

Η κοκκομετρική σύσταση των εδαφών προσδιορίστηκε με την μέθοδο Βουγιούκου (Bouyoucos, 1951) και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν %.

✧ **pH**

Ο προσδιορισμός του pH πραγματοποιήθηκε σε αιώρημα εδάφους - νερού 1:1 μετά από χρόνο εξισορρόπησης μιας ώρας με τη βοήθεια πεχάμετρου (*McLean, 1982*).

✧ **Οργανική Ουσία**

Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της υγρής οξείδωσης Walkley – Black, η οποία στηρίζεται στην οξείδωση της οργανικής ουσίας από ένα ισχυρό οξειδωτικό μέσο ($K_2Cr_2O_7$) σε ισχυρό όξινο περιβάλλον (H_2SO_4) και την τιτλοδότηση της περίσσειας του οξειδωτικού μέσου με δισθενή θειικό σίδηρο ($FeSO_4 \cdot H_2O$) (*Nelson and Sommers, 1982*).

✧ **Ισοδύναμο Ανθρακικό Ασβέστιο**

Ο υπολογισμός του ισοδύναμου ανθρακικού ασβεστίου βασίστηκε στην έκλυση CO_2 κατά την προσθήκη στο εδαφικό δείγμα HCl (1:1) (*Duchaufour, 1960*). Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή προσδιορίζονται όλα τα ανθρακικά άλατα του εδάφους ανεξάρτητα από το κατιόν τους και εκφράζονται ως % $CaCO_3$.

✧ **Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων (ΙΑΚ)**

Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του οξικού αμμωνίου που περιλαμβάνει αρχικά κορεσμό των θέσεων ανταλλαγής του εδαφικού κολλοειδούς με Na^+ και στη συνέχεια αντικατάσταση του Na^+ με NH_4^{4+} (*Rhoades, 1982*). Η απομάκρυνση της περίσσειας οξικών ή χλωριούχων αλάτων του νατρίου έγινε με την προσθήκη ισοπροπυλικής αλκοόλης.

✧ **Ανταλλάξιμα Κατιόντα**

Για τον προσδιορισμό των ανταλλάξιμων κατιόντων χρησιμοποιήθηκε διάλυμα οξικού αμμωνίου 1 N pH = 7,0 (*Thomas, 1982*). Ο ποσοτικός προσδιορισμός του Na^+ και K^+ έγινε σε φλογοφωτόμετρο, ενώ για το Ca^{++} και το Mg^{++} χρησιμοποιήθηκε όργανο ατομικής απορρόφησης (*Varian AA-300*).

✧ **Ολικό άζωτο**

Ο προσδιορισμός του ολικού αζώτου έγινε με τη μέθοδο Kjeldahl (*Bremner and Mulvaney, 1982*). Η αρχή αυτή της μεθόδου στηρίζεται στη μετατροπή όλων των

μορφών του αζώτου (εκτός από τα νιτρικά) σε αμμωνία και στη συνέχεια στον προσδιορισμό της.

✧ **Ηλεκτρική Αγωγιμότητα**

Η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας έγινε σε πάστα κορεσμού των εδαφικών δειγμάτων και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε mmhos/cm.

✧ **Αφομοιώσιμος Φώσφορος**

Ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας του εδάφους σε αφομοιώσιμο φώσφορο έγινε με την μέθοδο Olsen (*Olsen and Sommers, 1982*). Η συγκέντρωση του P στα εδάφη προσδιορίστηκε σε φασματοφωτόμετρο και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε mg kg^{-1} .

✧ **Αφομοιώσιμες Μορφές Βαρέων μετάλλων**

Για τον προσδιορισμό των αφομοιώσιμων μορφών των βαρέων μετάλλων πραγματοποιήθηκε εκχύλιση του εδάφους με DTPA (*Lindsay and Norvell, 1978*). Ο προσδιορισμός των βαρέων μετάλλων στο εκχύλισμα γίνεται με όργανο ατομικής απορρόφησης και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε mg kg^{-1} .

4.3 ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑ – ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

Για την παραγωγικότητα και την απόδοση της καλλιέργειας του σκληρού σιταριού στο πειραματικό τεμάχιο και στο μάρτυρα, κατά τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου των φυτών μετρήθηκαν φυσιολογικές και αγροκομικές παράμετροι οι οποίες αναφέρονται παρακάτω.

✧ Η φυτρωτικότητα των σπόρων, ο αριθμός των γόνιμων αδελφιών του κάθε φυτού και κατ' επέκταση ο αριθμός στάχων ανά m^2 αποτελούν σημαντικούς παράγοντες για την απόδοση μιας καλλιέργειας. Η φυτρωτικότητα στην καλλιέργεια μετρήθηκε σε ένα μήνα περίπου από τη σπορά, ενώ οι άλλοι δύο παράγοντες πριν την συγκομιδή.

✧ Το ύψος των φυτών στο στάδιο διόγκωσης της ταξιανθίας και στο στάδιο ωρίμανσης (τελικό ύψος). Το πρώτο ύψος μετρήθηκε 25 Μαρτίου, ενώ το δεύτερο πριν τη συγκομιδή στις 22 Ιουνίου 2010. Το ύψος του φυτού στο στάδιο φουσκώματος της ταξιανθίας είναι μια χρήσιμη παρατήρηση, που, εκτός της πρώιμης ευρωστίας της ποικιλίας, παρέχει ενδείξεις για τη συνολική υπέργεια βιομάζα, το δείκτη συγκομιδής, την πρωιμότητα και τον κίνδυνο πλαγιάσματος.

✧ Η βλαστική περίοδος (σε ημέρες) που θεωρείται δείκτης πρωιμότητας, μετρήθηκε από την ημερομηνία σποράς έως την ημερομηνία ξεσταχυάσματος των φυτών.

✧ Το πλάγιασμα, λύγισμα ή σπάσιμο του βλαστού των φυτών, προκαλώντας απώλειες στην παραγωγή. Περιορίζει σημαντικά την αξιοποίηση παραγόντων που αυξάνουν την απόδοση, όπως είναι η γονιμότητα και η υγρασία του εδάφους. Καταγραφή του πλαγιάσματος πραγματοποιούνταν σε κάθε επίσκεψη κυρίως από το ξεστάχασμα ως την ωρίμανση των καρπών και τη συγκομιδή τους.

✧ Η απόδοση σε καρπό μετά τον θεριζοαλωνισμό της καλλιέργειας του σιταριού μετρήθηκε σε $kg/στρέμμα$. Η συγκομιδή έγινε στο στάδιο της εμπορικής ωρίμανσης. Η απόδοση σε καρπό αποτελεί το πιο σημαντικό αγροκομικό χαρακτηριστικό του σιταριού. Μπορεί να εκφραστεί ως συνάρτηση των συστατικών απόδοσης που είναι ο αριθμός των στάχων ανά m^2 , ο αριθμός των καρπών ανά στάχυ και το μέσο βάρος των καρπών. Η απόδοση και τα συστατικά απόδοσης επηρεάζονται από γενετικούς παράγοντες, μορφολογικά γνωρίσματα, το κλίμα και το έδαφος.

✧ Το βάρος κόκκων, όπου μετά τη συγκομιδή μετρήθηκε το βάρος 1000 κόκκων του σιταριού. Το βάρος αυτό είναι ένα χαρακτηριστικό που αποτελεί κριτήριο της

ποιότητας και της εμπορικής αξίας του σιταριού. Όσο μεγαλύτερο είναι το βάρος τους τόσο μεγαλύτερη είναι η απόδοση του σιταριού σε αλεύρι.

✧ Το εκατολιτρικό βάρος κόκκων, όπου μετά τη συγκομιδή μετρήθηκε το βάρος των καρπών του σιταριού σε ογκομετρικό σωλήνα και στη συνέχεια εκφράστηκε σε kg/100 lt. Το βάρος αυτό αποτελεί ένα από τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα κριτήρια της ποιότητας των σιτηρών. Αποτελεί ένα μέγεθος με το οποίο μετράται το πόσο καλά έχει γεμίσει ο κόκκος του σιτηρού.

4.4 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Για τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SAS JMP v.8.0.2.

Τα δεδομένα πριν την Ανάλυση Διασποράς ελέγχθηκαν για την κανονικότητα της κατανομής τους και την ομοιογένεια διασπορών. Στην συνέχεια για κάθε ιδιότητα εφαρμόστηκε η μέθοδος μη παραγοντικών πειραματικών των υποδιαιρεμένων τεμαχίων (Split-Plot), για κάθε επέμβαση, βάθος και για τις δύο δειγματοληψίες (Εικόνα 4.8). Για τις συγκρίσεις των μέσων όρων χρησιμοποιήθηκε το LSMeans Student's t-test, σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05. Όπου *, **, *** στατιστικώς σημαντικές διαφορές για επίπεδα σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα.

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1 ΕΛΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

5.1.1 ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό της κοκκομετρικής σύστασης (particle size composition) τόσο του τεμαχίου με τη στρώση του ελαστικού όσο και του μάρτυρα, στην επιφάνεια και το βάθος παρουσιάζονται στον πίνακα 8 που ακολουθεί.

Πίνακας 8: Κοκκομετρική σύσταση του τεμαχίου με τη στρώση του ελαστικού και του μάρτυρα στην επιφάνεια και το βάθος (n=10).

	S %	Si %	C %	ΚΛΑΣΗ		S %	Si %	C %	ΚΛΑΣΗ
	55,2	14,6	30,2	SCL		29,2	32	38,8	CL
	56,7	13,9	29,4	SCL		29,2	36	34,8	CL
	55,2	14,6	30,2	SCL		53,2	18	28,8	SCL
	55,7	14,4	29,9	SCL		51,2	18	30,8	SCL
	55,2	14,6	30,2	SCL		51,2	16	32,8	SCL
Ελυπο	58,2	13,6	28,2	SCL	Μυπο	40,2	21	38,8	CL
	58,2	13,1	28,7	SCL		47,2	18	34,8	SCL
	61,2	11,6	27,2	SCL		43,2	20	36,8	CL
	58,2	13,1	28,7	SCL		49,2	17	33,8	SCL
	55,2	14,6	30,2	SCL		51,2	19	29,8	SCL
	41,6	20	38,4	CL		43,6	18	38,4	CL
	45,6	16	38,4	SC		44,8	17,7	37,5	CL
	41,3	20,3	38,4	CL		50,8	18	31,2	SCL
	39	20	41	C		44,5	16,3	39,2	CL
	43,6	15	41,4	C		43	16,6	40,4	C
Ελεπιφ	44,8	18	37,2	CL	Μεπιφ	47,6	16	36,4	SC
	42,2	20	37,8	CL		45,6	16	38,4	SC
	44,8	17,7	37,5	CL		45,9	16,3	37,8	SC
	44,2	16	39,8	CL		48,8	18	33,2	SCL
	46,5	16,3	37,2	SC		44,2	17,4	38,4	CL

Στον πίνακα 9 παρουσιάζονται τα δεδομένα της στατιστικής επεξεργασίας των τιμών της κοκκομετρικής σύστασης για το τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και το μάρτυρα στην επιφάνεια και το βάθος.

Πίνακας 9: Στατιστικά δεδομένα των τιμών της κοκκομετρικής σύστασης για το τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και το μάρτυρα στην επιφάνεια και το βάθος (n=10).

	ΕΛυπο			ΕΛεπ			Μυπο			Μεπ		
	S%	Si%	C%	S%	Si%	C%	S%	Si%	C%	S%	Si%	C%
mean	56,90	13,81	29,29	43,36	17,93	38,71	44,50	21,50	34,00	45,88	17,03	37,09
stdv	2,02	0,99	1,05	2,30	2,03	1,52	8,99	6,80	3,52	2,48	0,87	2,82
SEM	0,64	0,31	0,33	0,73	0,64	0,48	2,84	2,15	1,11	0,78	0,27	0,89
min	55,20	11,60	27,20	39,00	15,00	37,20	29,20	16,00	28,80	43,00	16,00	31,20
max	61,20	14,60	30,20	46,50	20,30	41,40	53,20	36,00	38,80	50,80	18,00	40,40

Οι μέσοι όροι των τιμών των τριών μηχανικών κλασμάτων (της αργίλου, της άμμου και της ιλύος) επιφανειακά μεταξύ του τεμαχίου με τη στρώση του ελαστικού και του μάρτυρα δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές. Πιο συγκεκριμένα στην επιφάνεια του τεμαχίου με τη στρώση του ελαστικού τα ποσοστά των τριών μηχανικών κλασμάτων είναι 46,36% για την άμμο, 17,93% για την ιλύ και 38,71% για την άργιλο, ενώ στην επιφάνεια του μάρτυρα τα αντίστοιχα ποσοστά είναι 45,88%, 17,03% και 37,05%. Κατά συνέπεια η μηχανική σύσταση ποικίλει από αργιλώδης (C) και αργιλοπηλώδης (CL), μέχρι αμμοαργιλοπηλώδης (SCL) και τα εδάφη χαρακτηρίζονται από μέσης σύστασης έως μετρίως λεπτόκοκκα.

Όσον αφορά τους μέσους όρους των τριών μηχανικών κλασμάτων υποεπιφανειακά, μεταξύ του τεμαχίου με τη στρώση του ελαστικού και του τεμαχίου του μάρτυρα παρουσιάζονται κάποιες διαφορές. Πιο συγκεκριμένα, στο τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού υπερτερεί το κλάσμα της άμμου με ποσοστό 56,9% και ακολουθούν τα κλάσματα της αργίλου με 29,29% και της ιλύος με 13,81% ενώ στο τεμάχιο του μάρτυρα παρατηρείται μείωση του ποσοστού της άμμου και αύξηση της αργίλου και της ιλύος, οι αντίστοιχες τιμές των οποίων είναι 44,50%, 34,00% και 21,50%. Φυσική

συνέπεια του διαφορετικού ποσοστού των τριών μηχανικών κλασμάτων στο υποεπιφανειακό στρώμα, είναι η διαφορετική μηχανική σύσταση η οποία στην περίπτωση των εδαφών του τεμαχίου με τη στρώση των ελαστικών είναι αμμοαργιλοπηλώδης (SCL), ενώ στην περίπτωση των εδαφών του μάρτυρα ποικίλει από αργιλοπηλώδης (CL) μέχρι αμμοαργιλοπηλώδης (SCL) .

Από τα αποτελέσματα αυτά προκύπτει ότι υπάρχει μεταβολή των μηχανικών κλασμάτων ανάμεσα στην επιφάνεια και το βάθος κυρίως στο τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού. Πιο συγκεκριμένα, προχωρώντας από την επιφάνεια προς το υπέδαφος ,στο τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού, παρατηρείται αύξηση του ποσοστού της άμμου και μείωση των ποσοστών της αργίλου και της ιλύος. Ενώ στο τεμάχιο του μάρτυρα, δεν παρατηρείται μεταβολή μεταξύ των μηχανικών κλασμάτων.

Ανάλογες της μηχανικής σύστασης είναι και οι εδαφικές ιδιότητες (υγρασία, αερισμός και θερμοκρασία) που άλλοτε είναι οι επιθυμητές για την ομαλή ανάπτυξη των φυτών και άλλοτε δυσμενής λόγω κακής στράγγισης και ελλιπούς αερισμού. Πιο συγκεκριμένα οι ιδιότητες των μέσης σύστασης εδαφών είναι ενδιάμεσες των ιδιοτήτων των αμμωδών και των αργιλωδών εδαφών και εμφανίζουν μόνο τα πλεονεκτήματα αυτών. Δηλαδή έχουν μεγάλη ικανότητα συγκράτησης νερού και θρεπτικών στοιχείων, επιτρέπουν σχετικά εύκολα την ανανέωση του εδαφικού αέρα και θερμαίνονται σχετικά νωρίς την Άνοιξη. Έτσι θεωρούνται ως τα πλέον κατάλληλα για γεωργική χρήση.

5.1.2 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ

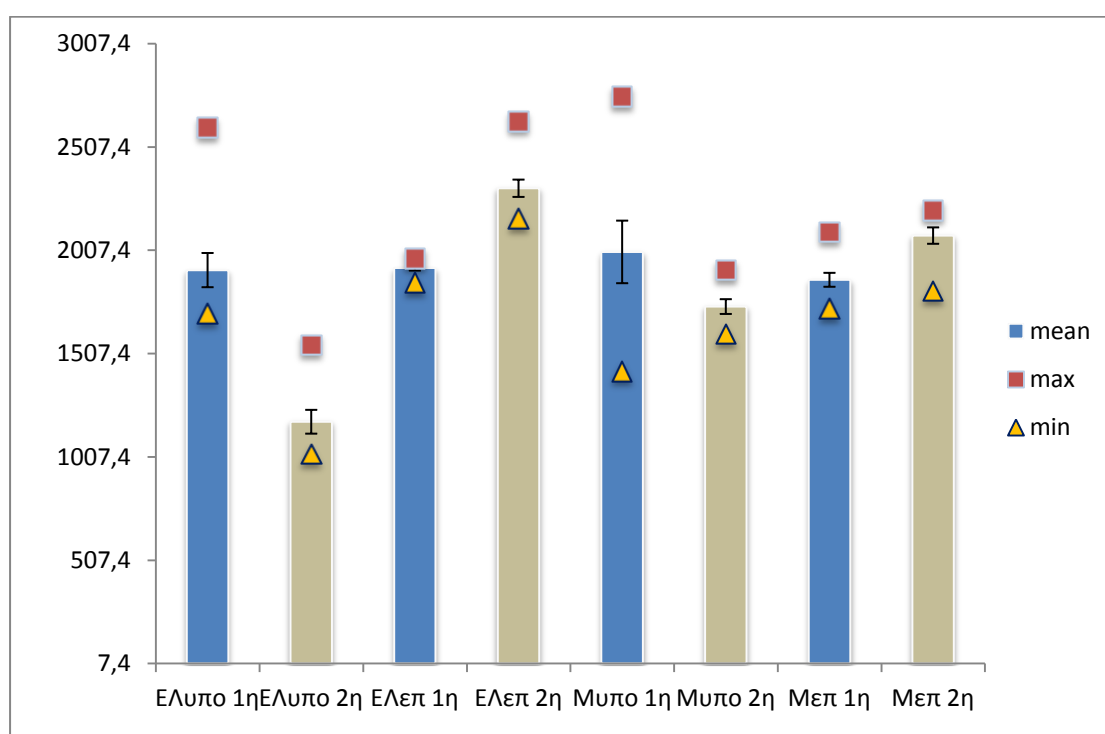
Στον πίνακα παρουσιάζονται τα στατιστικά δεδομένα των τιμών της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) για το τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και το μάρτυρα , στην επιφάνεια και το βάθος στους δύο διαφορετικούς χρόνους δειγματοληψίας (Πίνακας 10).

Πίνακας 10: Στατιστικά δεδομένα των τιμών της ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ για το τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και το μάρτυρα στην επιφάνεια και το βάθος στους δύο χρόνους δειγματοληψίας (n=10).

	ΕΛ. υπο		ΕΛ επιφ.		Μάρτυρας υπο		Μάρτυρας επιφ.	
	1 ^H Δειγμ/ψία	2 ^H Δειγμ/ψία	1 ^H Δειγμ/ψία	2 ^H Δειγμ/ψία	1 ^H Δειγμ/ψία	2 ^H Δειγμ/ψία	1 ^H Δειγμ/ψία	2 ^H Δειγμ/ψία
mean	1911	1177	1920	2307	1999	1735	1864	2078
Std.Dev	262	182	37	132	479	113	107	125
SEm	83	58	12	42	151	36	34	40
min	1700	1020	1850	2160	1420	1600	1725	1810
max	2600	1550	1967	2630	2750	1910	2095	2200

Στο τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας για την πρώτη δειγματοληψία, κυμαίνονται από 1700 έως 2600 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ με μέση τιμή 1911 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ για το υπέδαφος και από 1850 έως 1967 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ με μέση τιμή 1920 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ για την επιφάνεια. Οι αντίστοιχες τιμές για τα δύο βάθη στη δεύτερη δειγματοληψία κυμαίνονται από 1020 έως 1550 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$, με μέση τιμή 1177 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ υποεπιφανειακά και από 2160 έως 2630 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ με μέση τιμή 2307 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ επιφανειακά. Στην περίπτωση του μάρτυρα οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας για την πρώτη δειγματοληψία κυμαίνονται από 1420 έως 2750 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$, με μέση τιμή τα 1999 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$, για το υποεπιφανειακό στρώμα και από 1725 έως 2095 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$, με μέση τιμή τα 1864 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$, στο επιφανειακό στρώμα. Αντίστοιχα στη δεύτερη δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 1600 έως 1910 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$, με μέση τιμή τα 1735 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ στο υπέδαφος και από 1810 έως 2200 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$, με μέση τιμή τα 2078 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ στην επιφάνεια.

Σύμφωνα με τον πίνακα 10 και το διάγραμμα που ακολουθεί (Σχήμα 11) οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και για τις δύο δειγματοληψίες, εμφανίζονται υψηλότερες στην επιφάνεια στη μεταχείριση με το ελαστικό έναντι των τιμών του μάρτυρα. Ενώ αντίθετα, στο υποεπιφανειακό στρώμα είναι χαμηλότερες στο τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού έναντι αυτών του μάρτυρα. Η συσσώρευση υδατοδιαλυτών αλάτων στην επιφάνεια του τεμαχίου με τη στρώση του ελαστικού φαίνεται να οφείλεται στην εξάτμιση των υψηλότερων επιπέδων υγρασίας που παρατηρούνται στο επίπεδο αυτό, λόγω μειωμένης κατακόρυφης διήθησης του νερού από την παρουσία της στρώσης του ελαστικού.



Σχήμα 11: Μέσοι όροι των τιμών της ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ στα εδάφη ανάλογα με τη μεταχείριση, το βάθος και το χρόνο δειγματοληψίας (οι μπάρες εκφράζουν το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου $n=10$).

Οι υψηλότερες τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας που εμφανίζονται στην επιφάνεια για κάθε μεταχείριση (ελαστικό – μάρτυρας), πιθανόν να οφείλεται στην εφαρμογή των λιπάνσεων κατά τη διάρκεια των καλλιεργητικών περιόδων που μπορεί να οδηγήσει στην αύξηση των υδατοδιαλυτών αλάτων κυρίως στην επιφάνεια.

Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων, δείχνει πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά των τιμών της ηλεκτρικής αγωγιμότητας μεταξύ επιφάνειας και υποεπιφάνειας των δύο πειραματικών τεμαχίων, καθώς και μεταξύ των δύο επεμβάσεων κατά τη δεύτερη δειγματοληψία. Επίσης υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά κατά την επίδραση του χρόνου για το τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και στα δύο βάθη, ενώ στο τεμάχιο του μάρτυρα μόνο επιφανειακά (Πίνακας 11).

Σε όλες τις περιπτώσεις όμως, τόσο στην επιφάνεια όσο και στο υπέδαφος οι τιμές είναι κατά πολύ μικρότερες των $4000 \mu\text{mhos cm}^{-1}$, τιμή που αποτελεί το όριο για τα αλατούχα εδάφη (Πολυζόπουλος, 1976; Kingery et al., 1994).

Προς αποφυγή αλάτωσης των υπό εξέταση εδαφών θα πρέπει:

- Να γίνεται έλεγχος και αξιολόγηση της ποιότητας του νερού άρδευσης. Με το νερό άρδευσης είναι δυνατόν το έδαφος και κατά συνέπεια το φυτό, να εφοδιάζεται με συγκεκριμένα ιόντα (χλωρίου, νατρίου, βορίου κ.α.) τα οποία σε μεγάλες συγκεντρώσεις καθίστανται τοξικά για το φυτό.
- Η δόση, η συχνότητα και το σύστημα άρδευσης θα πρέπει να υπολογίζεται κατά τέτοιον τρόπο, ώστε να αποφεύγεται συσσώρευση αλάτων στα επιφανειακά στρώματα.
- Να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στις ποσότητες των λιπασμάτων που εφαρμόζονται, τον τρόπο εφαρμογής τους καθώς και την χρονική περίοδο που αυτά εφαρμόζονται. Λανθασμένη και αλόγιστη λίπανση, μπορεί να προκαλέσει προβλήματα αλατότητας και τοξικότητας στα φυτά με άμεσες αρνητικές συνέπειες γι' αυτά (π.χ. παρεμπόδιση πρόσληψης νερού και θρεπτικών στοιχείων λόγω αύξησης της οσμωτικής πίεσης).

Τελικό αποτέλεσμα των πιθανών αυτών προβλημάτων είναι η μείωση των αποδόσεων και η υποβάθμιση της ποιότητας των καλλιεργούμενων στην περιοχή φυτών σε βαθμό που εξαρτάται κυρίως από το φυτικό είδος.

Πίνακας 11: Στατιστική επεξεργασία των τιμών της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ($\mu\text{mhos cm}^{-1}$) σε σχέση με την επέμβαση (Μ – μάρτυρας, Ε – ελαστικό), το βάθος (Επιφανειακά – Υποεπιφανειακά) και το χρόνο ($1^{\text{η}}$ - $2^{\text{η}}$ δειγματοληψία) ($n=10$).

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία		ns	ΒΑΘΟΣ	Μ	1η Δειγμ/ψία		ns	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.		ns	**	
		Μ	ΕΛ				Επιφ.	Υποεπιφ.				1η Δειγμ/ψία	1864			2η Δειγμ/ψία
ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία		ns	ΒΑΘΟΣ	Μ	1η Δειγμ/ψία		ns	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.		ns	**	
		Μ	1864				Επιφ.	1864				1η Δειγμ/ψία	1864			Επιφ.
	ΕΛ	1920	Υποεπιφ.	1999		2η Δειγμ/ψία	2078	Υποεπιφ.	1999		2η Δειγμ/ψία	2078				
	ΥΠΟΕΠΙΦ.	2η Δειγμ/ψία		*		ΕΛ	ΕΛ	2η Δειγμ/ψία			ns	ΕΛ	ΥΠΟΕΠΙΦ.		ns	**
		Μ	2078					Επιφ.	2078				1η Δειγμ/ψία	1999		
	ΕΛ	2307	Υποεπιφ.	1735		2η Δειγμ/ψία	1735	Υποεπιφ.	1735		2η Δειγμ/ψία	1735	2η Δειγμ/ψία	1735	Υποεπιφ.	1911
ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία		ns	ΕΛ	ΕΛ	1η Δειγμ/ψία		ns	ΕΛ	ΕΠΙΦ.		**				
	Μ	1999				Επιφ.	1920			1η Δειγμ/ψία	1920		Επιφ.	1920		
ΕΛ	1911	Υποεπιφ.	1911	2η Δειγμ/ψία	2307	Υποεπιφ.	1911	2η Δειγμ/ψία	1911	2η Δειγμ/ψία	1911	Υποεπιφ.	1177	2η Δειγμ/ψία	1177	
ΥΠΟΕΠΙΦ.	2η Δειγμ/ψία		***	ΕΛ	ΕΛ	2η Δειγμ/ψία		***	ΕΛ	ΥΠΟΕΠΙΦ.		*				
	Μ	1735				Επιφ.	2307			1η Δειγμ/ψία	1911		Υποεπιφ.	1177	1η Δειγμ/ψία	1911
ΕΛ	1177	Υποεπιφ.	1177	2η Δειγμ/ψία	1177	Υποεπιφ.	1177	2η Δειγμ/ψία	1177	2η Δειγμ/ψία	1177	Υποεπιφ.	1177	2η Δειγμ/ψία	1177	

Όπου * , ** , *** οι στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε επίπεδα σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα

και ns: η μη στατιστικά σημαντική διαφορά.

5.1.3 ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΣΒΕΣΤΙΟ

Στον πίνακα 12 παρουσιάζονται τα στατιστικά δεδομένα των τιμών του CaCO₃ για το τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και για το μάρτυρα, στην επιφάνεια και το υπέδαφος στους δύο διαφορετικούς χρόνους δειγματοληψίας.

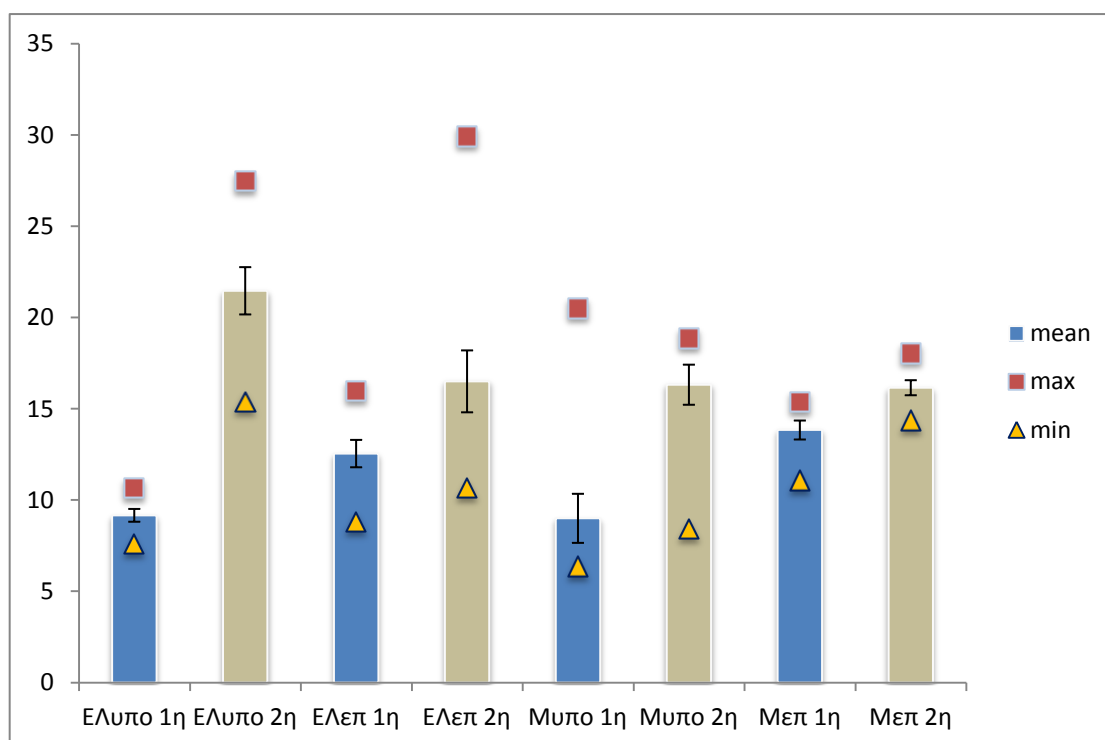
Πίνακας 12: Στατιστικά δεδομένα των τιμών του CaCO₃(%) για το τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και το μάρτυρα στην επιφάνεια και το βάθος στους δύο διαφορετικούς χρόνους δειγματοληψίας (n=10).

	ΕΛ. υπο		ΕΛ επιφ.		Μάρτυρας υπο		Μάρτυρας επιφ.	
	1 ^Η Δειγμ/ψία	2 ^Η Δειγμ/ψία	1 ^Η Δειγμ/ψία	2 ^Η Δειγμ/ψία	1 ^Η Δειγμ/ψία	2 ^Η Δειγμ/ψία	1 ^Η Δειγμ/ψία	2 ^Η Δειγμ/ψία
mean	9,16	21,46	12,55	16,50	9,00	16,32	13,84	16,15
Std.Dev	1,11	4,10	2,37	5,36	4,25	3,47	1,64	1,30
SEm	0,35	1,30	0,75	1,70	1,34	1,10	0,52	0,41
min	7,59	15,38	8,82	10,66	6,36	8,41	11,07	14,35
max	10,66	27,47	15,99	29,93	20,50	18,86	15,38	18,04

Οι τιμές του CaCO₃ για το πειραματικό τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού, στη πρώτη δειγματοληψία κυμαίνονται από 8,82% έως 15,99% με μέση τιμή 12,55% στην επιφάνεια και από 7,59% έως 10,66% με μέση τιμή 9,16% στο βάθος. Για τη δεύτερη δειγματοληψία οι αντίστοιχες τιμές κυμαίνονται από 10,66% έως 29,93% με μέση τιμή 16,50% στο επιφανειακό στρώμα και από 15,38% έως 27,47% με μέση τιμή 21,46% υποεπιφανειακά. Όσον αφορά το πειραματικό τεμάχιο του μάρτυρα, οι τιμές του CaCO₃ κυμαίνονται από 6,36% έως 20,50% με μέση τιμή 9,00% στην επιφάνεια και από 11,07% έως 15,38% με μέση τιμή 13,84% στο υπέδαφος, για την πρώτη δειγματοληψία. Ενώ για τη δεύτερη δειγματοληψία οι αντίστοιχες τιμές κυμαίνονται από 8,41% έως 18,86% με μέση τιμή 16,32% στο επιφανειακό στρώμα και από 14,35% έως 18,04% με μέση τιμή 16,15% στο υποεπιφανειακό στρώμα.

Σύμφωνα με τις τιμές που παρουσιάζονται στον Πίνακα 12, όλα τα εδάφη της παρούσας μελέτης με εξαίρεση το υπέδαφος και των δύο τεμαχίων (ελαστικό – μάρτυρας) στην πρώτη δειγματοληψία, χαρακτηρίζονται ως ασβεστούχα (CaCO₃ > 10%). Όπως είναι γνωστό, η περιεκτικότητα ενός εδάφους σε ανθρακικό ασβέστιο επηρεάζει σημαντικά τις φυσικοχημικές ιδιότητες, το καθεστώς υγρασίας καθώς και

τη δυνατότητα πρόσληψης θρεπτικών στοιχείων του εδάφους αυτού. Συγκεκριμένα, οι Wei et al. (2006), αναφέρουν πως το ανθρακικό ασβέστιο συχνά προσροφά και κατακρημνίζει τα ιόντα των μικροθρεπτικών στοιχείων στο εδαφικό διάλυμα κατά τη διάρκεια σχηματισμού των ανθρακικών αλάτων και κατά συνέπεια μειώνει τη διαθεσιμότητα τους.



Σχήμα 12: Μέσοι όροι των τιμών του CaCO_3 % στα εδάφη ανάλογα με τη μεταχείριση, το βάθος και το χρόνο δειγματοληψίας. Οι μπάρες εκφράζουν το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου ($n=10$).

Συνοπτικά, τα προβλήματα που μπορεί να εμφανιστούν στα ασβεστούχα εδάφη είναι τα εξής (Μισοπολινός, 1991):

- ✓ Σχηματισμός κρούστας στην επιφάνεια του εδάφους.
- ✓ Δημιουργία σκληρού στρώματος στο υπέδαφος.
- ✓ Μικρή διαθεσιμότητα P.
- ✓ Μικρή διαθεσιμότητα ιχνοστοιχείων.
- ✓ Προβλήματα στη διαθεσιμότητα του Mg και του K.
- ✓ Προβλήματα σχετικά με τη διαθέσιμη υγρασία (εδάφη πλούσια σε CaCO_3 έχουν μικρή ικανότητα συγκράτησης υγρασίας).

Η μικρή διαθεσιμότητα της υγρασίας στα ασβεστούχα εδάφη οφείλεται στο σχηματισμό σταθερών συσσωματωμάτων και στην κανονική κατανομή των μικρο και μέγρο – πόρων στο έδαφος.

Τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασία των δεδομένων (Πίνακας 13), δείχνουν πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά των τιμών του ανθρακικού ασβεστίου ανάμεσα στην υποεπιφάνεια του μάρτυρα και την υποεπιφάνεια του τεμαχίου με τη στρώση του ελαστικού για τη δεύτερη δειγματοληψία σε επίπεδο σημαντικότητας ($p < 0.05$). Επίσης υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά των τιμών του CaCO_3 μεταξύ επιφάνειας και υποεπιφάνειας για την πρώτη δειγματοληψία και στις δύο επεμβάσεις (ελαστικό – μάρτυρας) σε επίπεδα σημαντικότητας ($p < 0.05$) και ($p < 0.01$) αντίστοιχα, ενώ για τη δεύτερη δειγματοληψία μόνο στο τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού ($p < 0.05$). Τέλος όπως φανερώνει και το Σχήμα 12, υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στην πρώτη και τη δεύτερη δειγματοληψία και στα δύο βάθη του τεμαχίου με τη στρώση του ελαστικού ($p < 0.05$ για την επιφάνεια και $p < 0.001$ για το βάθος) καθώς και στο υπέδαφος του τεμαχίου του μάρτυρα ($p < 0.05$).

Πίνακας 13: Στατιστική επεξεργασία των τιμών του CaCO₃ (%) σε σχέση με την επέμβαση (Μ – μάρτυρας, Ε – ελαστικό), το βάθος (Επιφανειακά – Υποεπιφανειακά) και το χρόνο (1^η - 2^η δειγματοληψία).

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία		ns	ΒΑΘΟΣ	Μ	1η Δειγμ/ψία		*	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.		1η Δειγμ/ψία	13,84	ns			
		Μ	ΕΛ				Επιφ.	Υποεπιφ.				ΕΠΙΦ.	2η Δειγμ/ψία						
ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	13,84	ns	ΒΑΘΟΣ	Μ	Επιφ.	13,84	*	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	13,84	ns			
			ΕΛ	12,55				Υποεπιφ.	9,00					2η Δειγμ/ψία	16,15				
	ΕΠΙΦ.	2η Δειγμ/ψία	Μ	16,15	ns		ΕΛ	ΕΛ	Επιφ.	16,15		ns	ΕΛ	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	9,00	*		
			ΕΛ	16,50					Υποεπιφ.	16,32					2η Δειγμ/ψία	16,32			
	ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	9,00		ns	ΒΑΘΟΣ	ΕΛ	Επιφ.		12,55	**	ΧΡΟΝΟΣ	ΕΛ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	12,55	*
				ΕΛ	9,16					Υποεπιφ.		9,17					2η Δειγμ/ψία	16,50	
ΥΠΟΕΠΙΦ.		2η Δειγμ/ψία	Μ	16,32	*	ΕΛ	ΕΛ		Επιφ.	16,50	*	ΕΛ	ΥΠΟΕΠΙΦ.		1η Δειγμ/ψία	9,17	***		
			ΕΛ	21,46					Υποεπιφ.	21,46					2η Δειγμ/ψία	21,46			

Όπου *, **, *** οι στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε επίπεδα σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα

και ns: η μη στατιστικά σημαντική διαφορά.

5.1.4 ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ

Στον πίνακα 14 παρουσιάζονται τα στατιστικά δεδομένα των τιμών του pH για το τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και του μάρτυρα, στην επιφάνεια και το βάθος στους δύο διαφορετικούς χρόνους δειγματοληψίας.

Πίνακας 14: Στατιστικά δεδομένα των τιμών του pH για το τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και το μάρτυρα στην επιφάνεια και το βάθος στις δύο δειγματοληψίες (n=10).

	ΕΛ. υπο		ΕΛ επιφ.		Μάρτυρας υπο		Μάρτυρας επιφ.	
	1 ^Η Δειγμ/ψία	2 ^Η Δειγμ/ψία	1 ^Η Δειγμ/ψία	2 ^Η Δειγμ/ψία	1 ^Η Δειγμ/ψία	2 ^Η Δειγμ/ψία	1 ^Η Δειγμ/ψία	2 ^Η Δειγμ/ψία
mean	8,28	8,47	8,53	8,37	8,36	8,45	8,38	8,41
Std.Dev	0,081	0,058	0,140	0,038	0,099	0,058	0,121	0,088
SEm	0,026	0,018	0,044	0,012	0,031	0,018	0,038	0,028
min	8,13	8,38	8,24	8,30	8,20	8,34	8,20	8,22
max	8,38	8,57	8,73	8,41	8,48	8,53	8,55	8,50

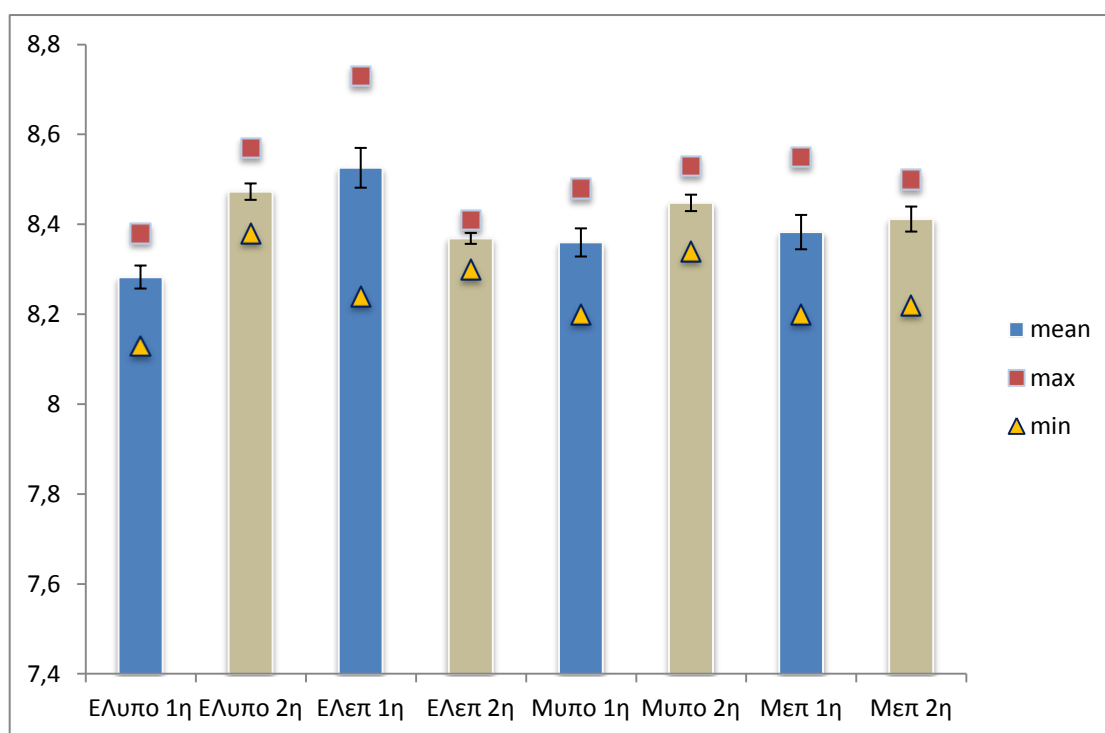
Οι τιμές του pH για τη πρώτη δειγματοληψία στο τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού κυμαίνονται από 8.24 έως 8.73 με μέση τιμή 8.53 στην επιφάνεια και από 8.13 έως 8.38 με μέση τιμή 8.28 στο βάθος. Αντίστοιχα στη δεύτερη δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 8.30 έως 8.41 με μέση τιμή 8.37 στο επιφανειακό στρώμα και από 8.38 έως 8.57 με μέση τιμή 8.47 υποεπιφανειακά. Στο τεμάχιο του μάρτυρα οι τιμές του pH για τη πρώτη δειγματοληψία κυμαίνονται από 8.20 έως 8.55 με μέση τιμή 8.38 στο επιφανειακό στρώμα και από 8.20 έως 8.48 με μέση τιμή 8.36 στο υποεπιφανειακό στρώμα. Για τη δεύτερη δειγματοληψία οι αντίστοιχες τιμές κυμαίνονται από 8.22 έως 8.50 με μέση τιμή 8.41 στην επιφάνεια και από 8.34 έως 8.53 με μέση τιμή 8.45 στο υπέδαφος.

Η αντίδραση του εδάφους είναι μια πολύ σημαντική ιδιότητα, η οποία επηρεάζει άμεσα πολλές άλλες χημικές και βιοχημικές ιδιότητες καθώς και τη γονιμότητα του εδάφους. Συγκεκριμένα, η διαλυτότητα (διαθεσιμότητα) των θρεπτικών στοιχείων, το είδος και ο πληθυσμός οργανισμών και μικροοργανισμών και η γενικότερη βιολογική δραστηριότητα του εδάφους, το είδος της βλάστησης, η φυσιολογική ανάπτυξη και οι

αποδόσεις των καλλιεργούμενων φυτών, εξαρτώνται από το pH του εδάφους (Παναγιωτόπουλος, 2008). Οι ιδιότητες του εδάφους που καθορίζουν την τιμή του pH είναι οι ακόλουθες:

1. Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων.
2. Ο βαθμός κορεσμού με βάσεις.
3. Το είδος των προσροφημένων βασικών κατιόντων.

Σύμφωνα με τους *Stamatiadis et al. (1999)*, ένας σημαντικός παράγοντας αύξησης της εδαφικής οξύτητας μπορεί να θεωρηθεί η διαδικασία νιτροποίησης που λαμβάνει χώρα μετά την εφαρμογή μιας σημαντικής ποσότητας αζώτου στο έδαφος. ενώ θα πρέπει να σημειωθεί πως το εύρος pH μέσα στο οποίο αναπτύσσονται καλύτερα οι περισσότερες καλλιέργειες, είναι από 5.5 έως 7.5 (*Sanchez et al., 2003*).



Σχήμα 13: Μέσοι όροι των τιμών του pH στα εδάφη ανάλογα με τη μεταχείριση, το βάθος και το χρόνο δειγματοληψίας. Οι μπάρες εκφράζουν το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου (n=10).

Με βάση τις τιμές του Πίνακα 14, τα εδάφη χαρακτηρίζονται σε όλες τις περιπτώσεις ως μετρίως αλκαλικά. Οι τιμές αυτές είναι αποτέλεσμα της ύπαρξης υψηλής συγκέντρωσης ανθρακικών αλάτων και είναι πιθανόν να δημιουργήσουν

προβλήματα μειωμένου ρυθμού απορρόφησης θρεπτικών στοιχείων από τα φυτά με αποτέλεσμα την εμφάνιση σημαντικών τροφολοπιών (ιχνοστοιχείων και φωσφόρου).

Οι μεταβολές της εδαφικής οξύτητας που παρατηρούνται είναι ελάχιστες ενώ η στατιστική επεξεργασία (Πίνακας 15) έδειξε πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά των τιμών μεταξύ των δύο επεμβάσεων κατά την πρώτη δειγματοληψία και για τα δύο βάθη σε επίπεδο σημαντικότητας ($p < 0.05$). Ακόμα υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στο τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού μεταξύ επιφανειακού και υποεπιφανειακού στρώματος και για τις δύο δειγματοληψίες σε επίπεδο σημαντικότητας ($p < 0.001$). Οι διαφορές αυτές φανερώνουν την επίδραση τις καλλιέργειας, στην εδαφική οξύτητα, με τη δράση του ριζικού συστήματος, που σε κάθε περίπτωση οδηγεί σε αύξηση της οξύτητας λόγω της παραγωγής υδρογονοκατιόντων στην περιοχή της ριζόσφαιρας.

Πίνακας 15: Στατιστική επεξεργασία των τιμών του pH σε σχέση με την επέμβαση (Μ – μάρτυρας, Ε – ελαστικό), το βάθος (Επιφανειακά – Υποεπιφανειακά) και το χρόνο (1^η - 2^η δειγματοληψία) (n=10).

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία		*	ΒΑΘΟΣ	Μ	Επιφ.		8,38	ns	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.		1η Δειγμ/ψία	8,38	ns		
		Μ	ΕΛ				Υποεπιφ.	ΕΛ					2η Δειγμ/ψία	8,41					
ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία		*	ΒΑΘΟΣ	Μ	Επιφ.		8,38	ns	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.		1η Δειγμ/ψία	8,38	ns		
		ΕΛ					8,53	Υποεπιφ.					8,36	2η Δειγμ/ψία	8,41				
	2η Δειγμ/ψία		ns	Επιφ.			8,41	ns	ΥΠΟΕΠΙΦ.				1η Δειγμ/ψία	8,36	ns				
	ΕΛ			8,37			Υποεπιφ.		8,45				2η Δειγμ/ψία	8,45					
	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία		*		ΒΑΘΟΣ	ΕΛ	Επιφ.		8,53		***	ΧΡΟΝΟΣ	ΕΛ	ΕΠΙΦ.		1η Δειγμ/ψία	8,53	ns
		ΕΛ						8,28	Υποεπιφ.						8,28	2η Δειγμ/ψία	8,37		
2η Δειγμ/ψία		ns	Επιφ.		8,37		***	ΥΠΟΕΠΙΦ.		1η Δειγμ/ψία	8,28	***							
ΕΛ			8,47	Υποεπιφ.				8,47	2η Δειγμ/ψία	8,47									

Όπου *, **, *** οι στατιστικές σημαντικές διαφορές σε επίπεδα σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα

και ns: η μη στατιστικά σημαντική διαφορά.

5.1.5 ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ

Στον πίνακα 16 παρουσιάζονται τα στατιστικά δεδομένα των τιμών της οργανικής ουσίας για το τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και το μάρτυρα, στην επιφάνεια και το βάθος στους δύο διαφορετικούς χρόνους δειγματοληψίας.

Πίνακας 16: Στατιστικά δεδομένα των τιμών της οργανικής ουσίας για το πειραματικό τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και το μάρτυρα στην επιφάνεια και το βάθος στις δύο δειγματοληψίες (n=10).

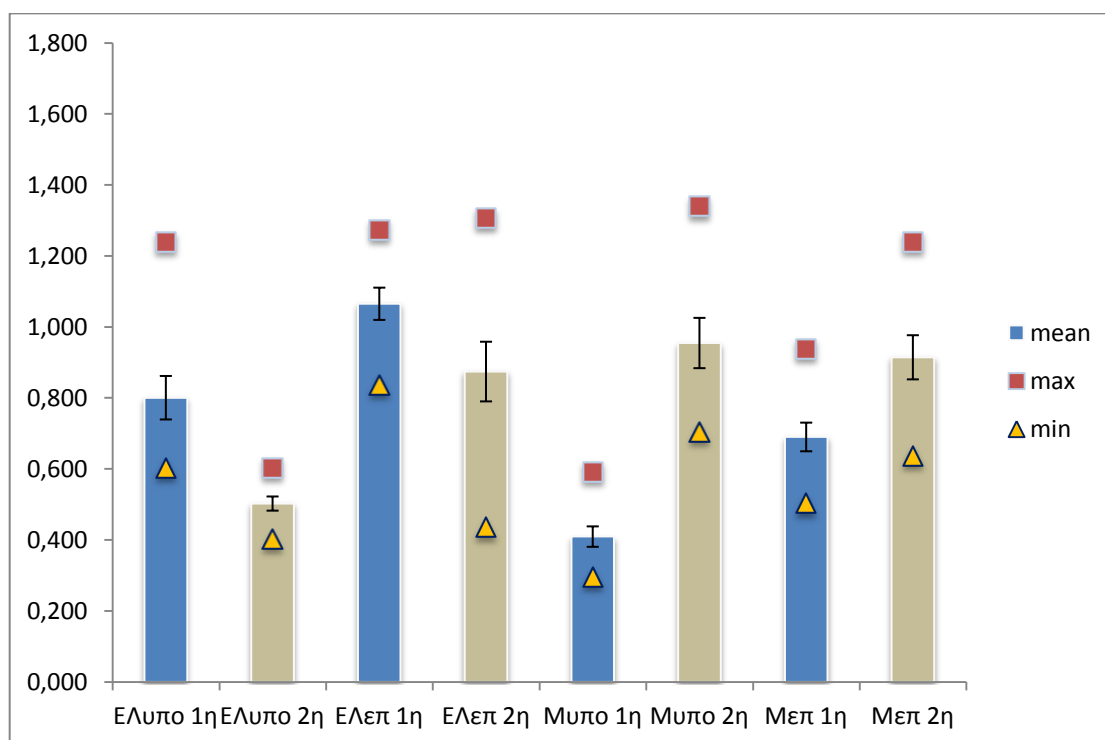
	ΕΛ. υπο		ΕΛ επιφ.		Μάρτυρας υπο		Μάρτυρας επιφ.	
	1 ^Η Δειγμ/ψία	2 ^Η Δειγμ/ψία	1 ^Η Δειγμ/ψία	2 ^Η Δειγμ/ψία	1 ^Η Δειγμ/ψία	2 ^Η Δειγμ/ψία	1 ^Η Δειγμ/ψία	2 ^Η Δειγμ/ψία
mean	0,80	0,50	1,07	0,87	0,41	0,95	0,69	0,91
Std.Dev	0,194	0,063	0,144	0,266	0,091	0,224	0,128	0,197
SEm	0,061	0,020	0,045	0,084	0,029	0,071	0,040	0,062
min	0,60	0,40	0,84	0,44	0,30	0,70	0,50	0,64
max	1,24	0,60	1,27	1,31	0,59	1,34	0,94	1,24

Οι τιμές της οργανικής ουσίας για την πρώτη δειγματοληψία στο πειραματικό τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού κυμαίνονται από 0.84% έως 1.27% με μέση τιμή 1.07% στην επιφάνεια και από 0.60% έως 1.24% με μέση τιμή 0.80% στο υποεπιφανειακό στρώμα. Αντίστοιχα στην δεύτερη δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 0.44% έως 1.31% με μέση τιμή 0.87% στην επιφάνεια και από 0.40% έως 0.60% με μέση τιμή 0.50% υποεπιφανειακά. Στο τεμάχιο του μάρτυρα οι αντίστοιχες τιμές της οργανικής ουσίας για τη πρώτη δειγματοληψία κυμαίνονται από 0.50% έως 0.94% με μέση τιμή 0.69% επιφανειακά και από 0.30% έως 0.59% με μέση τιμή 0.41% υποεπιφανειακά. Αντίστοιχα στη δεύτερη δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 0.64% έως 1.24% με μέση τιμή 0.91% στο επιφανειακό στρώμα και από 0.70% έως 1.34% με μέση τιμή 0.95% στο υποεπιφανειακό.

Σύμφωνα με τις τιμές που αναφέρθηκαν προηγουμένως, η περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία είναι χαμηλή και η τυπική για τα καλλιεργούμενα ελληνικά εδάφη (1 – 2%). Για το λόγο αυτό οι ευνοϊκές επιδράσεις της στο έδαφος θα είναι σημαντικά περιορισμένες.

Σύμφωνα με τον Πολυζόπουλο (1976) οι ευνοϊκές επιδράσεις της οργανικής ουσίας σε ένα έδαφος είναι οι εξής:

- Μείωση της πλαστικότητας και συνεκτικότητας στα αργιλώδη εδάφη και αύξηση της συνεκτικότητας στα αμμώδη.
- Δημιουργία σταθερών συσσωματωμάτων, βελτιώνοντας έτσι το πορώδες και τις εξαρτώμενες από αυτό ιδιότητες (περατότητα από ρίζες, νερό και αερισμός).
- Αύξηση της ικανότητας συγκράτησης υγρασίας, της ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων (CEC) και της ρυθμιστικής ικανότητας.
- Προστασία από έκπλυση των θρεπτικών στοιχείων, ενώ αποτελεί και τη μοναδική πηγή ενέργειας για πολλούς από τους μικροοργανισμούς του εδάφους.



Σχήμα 14: Μέσοι όροι των τιμών της οργανικής ουσίας στα εδάφη ανάλογα με τη μεταχείριση, το βάθος και το χρόνο δειγματοληψίας. Οι μπάρες εκφράζουν το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου (n=10).

Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων δείχνει πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά των τιμών όσον αφορά την επέμβαση, μεταξύ του τεμαχίου με τη στρώση του ελαστικού και του μάρτυρα για την πρώτη δειγματοληψία τόσο

επιφανειακά όσο και υποεπιφανειακά σε επίπεδο σημαντικότητας ($p < 0.001$), ενώ για τη δεύτερη δειγματοληψία μόνο υποεπιφανειακά σε επίπεδο σημαντικότητας ($p < 0.001$). Όσον αφορά το βάθος υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τιμών της οργανικής ουσίας στην πρώτη δειγματοληψία και στις δύο επεμβάσεις ($p < 0.01$), ενώ στη δεύτερη δειγματοληψία μόνο στο τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και σε επίπεδο σημαντικότητας ($p < 0.001$). Τέλος όσον αφορά το χρόνο δειγματοληψίας, υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά των τιμών μόνο στο υποεπιφανειακό στρώμα του τεμαχίου με τη στρώση του ελαστικού ($p < 0.05$).

Η στατιστικά σημαντική διαφορά που παρατηρείται στο υποεπιφανειακό στρώμα μεταξύ των δύο χρόνων δειγματοληψίας, πιθανόν να οφείλεται στη διαφορετική ανάπτυξη του ριζικού συστήματος ανάμεσα στα δύο πειραματικά τεμάχια. Πιο συγκεκριμένα παρατηρείται μείωση του ποσοστού της οργανικής ουσίας από τη πρώτη στη δεύτερη δειγματοληψία στο υπέδαφος του τεμαχίου με τη στρώση του ελαστικού σε αντίθεση με το τεμάχιο του μάρτυρα όπου η οργανική ουσία υπερδιπλασιάζεται. Φαίνεται πως η παρουσία της στρώσης του ελαστικού λόγω συγκράτησης υγρασίας στα ανώτερα στρώματα, αλλά και λόγω της παρεμπόδισης των ριζών (δύσκολα περατή στρώση) οδήγησε στην ανάπτυξη οριζόντιων κυρίως ριζών και μικρότερου μήκους με αποτέλεσμα τη μειωμένη εισροή ριζικών υπολειμμάτων και ενώσεων στα βαθύτερα στρώματα και κατά συνέπεια σε μικρότερο ποσοστό οργανικής ουσίας. Ενώ το αντίθετο φαίνεται να συνέβη στο τεμάχιο του μάρτυρα όπου η οργανική ουσία παρουσιάζει σημαντική αύξηση στο υποεπιφανειακό στρώμα.

Η οργανική ουσία του εδάφους μέσα στα οικοσυστήματα θεωρείται ως μια σημαντική πηγή θρεπτικών στοιχείων και καθοριστικός παράγοντας στη διαθεσιμότητα της πλειοψηφίας των θρεπτικών αυτών στα φυτά (*Agboola and Corey, 1973*). Επίσης, η οργανική ουσία είναι γνωστό ότι αυξάνει την ΙΑΚ (*Asadu et al., 1997*), βελτιώνει τη συνολική σταθερότητα (συσσωμάτωση) του εδάφους (*Boyle et al., 1989*), διατηρεί τους μικροβιακούς πληθυσμούς του εδάφους (*Facelli and Pickett, 1991*) και βελτιώνει την ικανότητα συγκράτησης νερού στο έδαφος (*Bauer and Black, 1992*). Επιπλέον, ασκεί πολύ σημαντικό ρόλο στο επίπεδο των μικροθρεπτικών στο έδαφος (*Baruti, 1997*).

Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί πως η περιεκτικότητα ενός εδάφους σε οργανική ουσία εξαρτάται και από το λόγο C / N ο οποίος με τη σειρά του εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες μιας περιοχής. Από τις κλιματικές συνθήκες η θερμοκρασία και η υγρασία είναι αυτές που ασκούν κυρίαρχη επίδραση στην ποσότητα του εδάφους σε οργανική ουσία (*Jenny, 1941; Hussain, 1997*).

Πίνακας 17: Στατιστική επεξεργασία των τιμών της οργανικής ουσίας (%) σε σχέση με την επέμβαση (Μ – μάρτυρας, Ε – ελαστικό), το βάθος (Επιφανειακά – Υποεπιφανειακά) και το χρόνο (1^η - 2^η δειγματοληψία) (n=10).

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία		***	ΒΑΘΟΣ	Μ	1η Δειγμ/ψία		**	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.		ns	
		Μ	0,69				Επιφ.	0,69				1η Δειγμ/ψία	0,69		
ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	ΕΛ	1,07	***	ΒΑΘΟΣ	Μ	Υποεπιφ.	0,41	**	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	2η Δειγμ/ψία	0,91	ns	
		ΕΛ	0,87				Επιφ.	0,91				1η Δειγμ/ψία	0,41		
	ΥΠΟΕΠΙΦ.	Μ	0,96	ns		ΕΛ	Μ	Υποεπιφ.	0,96		**	ΕΛ	2η Δειγμ/ψία	0,96	***
		ΕΛ	0,50					Επιφ.	1,07				1η Δειγμ/ψία	1,07	
	ΥΠΟΕΠΙΦ.	Μ	0,41	***		ΕΛ	ΕΛ	Υποεπιφ.	0,80		**	ΕΛ	2η Δειγμ/ψία	0,87	ns
		ΕΛ	0,80					Επιφ.	0,87				1η Δειγμ/ψία	0,80	
ΥΠΟΕΠΙΦ.	Μ	0,96	***	ΕΛ	ΕΛ	Υποεπιφ.	0,50	***	ΕΛ	2η Δειγμ/ψία	0,50	*			
	ΕΛ	0,50				Επιφ.	0,50			2η Δειγμ/ψία	0,50				

Όπου *, **, *** οι στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε επίπεδα σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα

και ns: η μη στατιστικά σημαντική διαφορά.

5.1.6 ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΑΝΤΑΛΛΑΓΗΣ ΚΑΤΙΟΝΤΩΝ

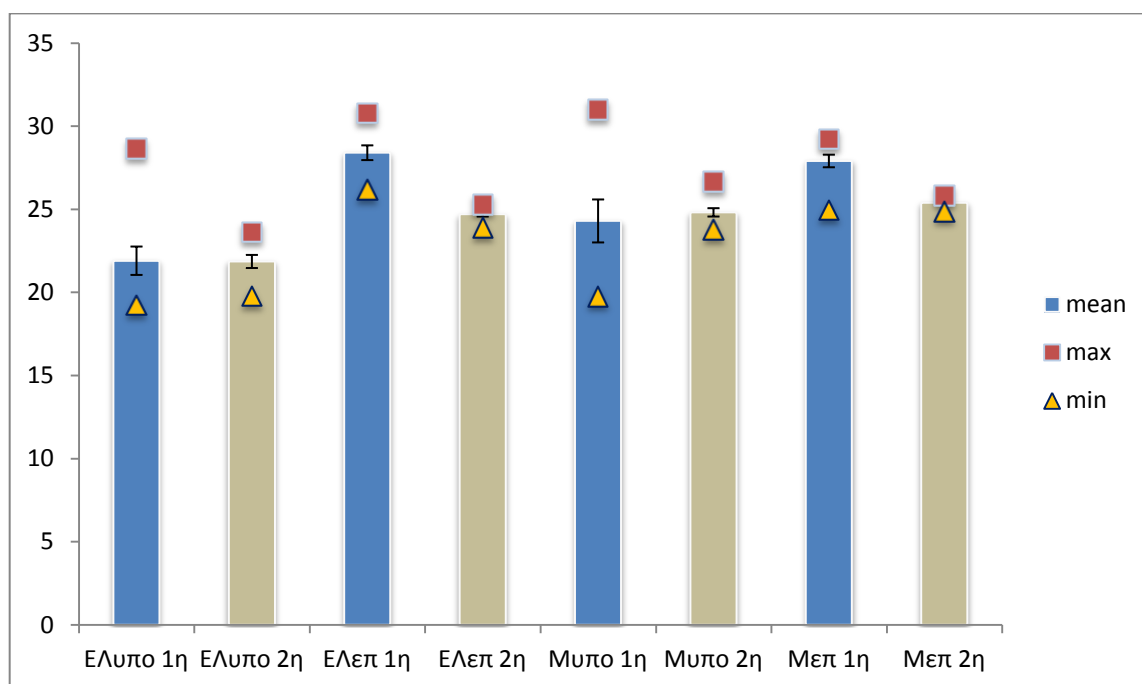
Στον πίνακα 18 παρουσιάζονται τα στατιστικά δεδομένα των τιμών της ΙΑΚ (C.E.C.) για το τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και το μάρτυρα, στην επιφάνεια και το βάθος στους δύο διαφορετικούς χρόνους δειγματοληψίας.

Πίνακας 18: Στατιστικά δεδομένα των τιμών της ΙΑΚ σε meq 100g⁻¹ για το τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και το μάρτυρα στην επιφάνεια και το βάθος στις δύο δειγματοληψίες (n=10).

	ΕΛ. υπο		ΕΛ επιφ.		Μάρτυρας υπο		Μάρτυρας επιφ.	
	1 ^Η Δειγμ/ψία	2 ^Η Δειγμ/ψία	1 ^Η Δειγμ/ψία	2 ^Η Δειγμ/ψία	1 ^Η Δειγμ/ψία	2 ^Η Δειγμ/ψία	1 ^Η Δειγμ/ψία	2 ^Η Δειγμ/ψία
mean	21,90	21,86	28,40	24,70	24,30	24,81	27,90	25,39
Std.Dev	2,70	1,25	1,40	0,45	4,09	0,79	1,20	0,27
SEm	0,854	0,394	0,443	0,142	1,292	0,251	0,378	0,084
min	19,22	19,78	26,17	23,91	19,75	23,77	24,96	24,87
max	28,63	23,63	30,78	25,28	30,99	26,65	29,22	25,83

Οι τιμές της ΙΑΚ στο τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού για την πρώτη δειγματοληψία κυμαίνονται από 26.17 meq 100g⁻¹ έως 30.78 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 28.40 meq 100g⁻¹ στο επιφανειακό στρώμα και από 19.22 meq 100g⁻¹ έως 28.63 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 21.90 στο υποεπιφανειακό. Αντίστοιχα, στη δεύτερη δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 23.91 meq 100g⁻¹ έως 25.28 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 24.70 meq 100g⁻¹ στην επιφάνεια και από 19.78 meq 100g⁻¹ έως 23.63 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 21.86 meq 100g⁻¹ στην υποεπιφάνεια. Οι ανάλογες τιμές στο τεμάχιο του μάρτυρα για την πρώτη δειγματοληψία κυμαίνονται από 24.96 meq 100g⁻¹ έως 29.22 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 27.90 meq 100g⁻¹ στην επιφάνεια και από 19.75 meq 100g⁻¹ έως 30.99 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 24.30 υποεπιφανειακά. Ενώ στη δεύτερη δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 24.87 meq 100g⁻¹ έως 25.83 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 25.39 meq 100g⁻¹ στο επιφανειακό στρώμα και από 23.77 meq 100g⁻¹ έως 26.65 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 24.81 meq 100g⁻¹ στο υποεπιφανειακό.

Σύμφωνα με τις τιμές που παρουσιάστηκαν και αναλύθηκαν παραπάνω η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων μπορεί να χαρακτηριστεί ως υψηλή τόσο για την πρώτη, όσο και για τη δεύτερη δειγματοληψία (πίνακας 18, σχήμα 15).



Σχήμα 15: Μέσοι όροι των τιμών της ΙΑΚ σε $\text{meq } 100\text{g}^{-1}$ στα εδάφη ανάλογα με τη μεταχείριση, το βάθος και το χρόνο δειγματοληψίας. Οι μπάρες εκφράζουν το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου ($n=10$).

Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων εκφράζει το άθροισμα των θετικών (+) φορτίων των κατιόντων τα οποία μπορεί ένα έδαφος να προσροφήσει σε μια δεδομένη τιμή pH. Έτσι, η ΙΑΚ εξαρτάται κυρίως από το ποσοστό και την ορυκτολογική σύσταση της αργίλου (μεγαλύτερη ΙΑΚ σε ορυκτά τύπου 2:1) και από το ποσοστό και το βαθμό διάσπασης της οργανικής ουσίας. Επομένως ενώ στους επιφανειακούς ορίζοντες συνεισφέρουν τόσο η άργιλος όσο και η οργανική ουσία στη συνολική ΙΑΚ του εδάφους, στους βαθύτερους ορίζοντες η ΙΑΚ οφείλεται σχεδόν αποκλειστικά στο ποσοστό της αργίλου με αποτέλεσμα να εμφανίζει μικρότερες τιμές.

Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων επιβεβαιώνει τη σημαντική επίδραση του βάθους, όπου η ΙΑΚ οφείλεται αποκλειστικά στην περιεχόμενη άργιλο, στο τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και για τους δύο χρόνους δειγματοληψίας,

σε επίπεδα σημαντικότητας ($p < 0.001$ και $p < 0.01$ αντίστοιχα), όσο και στο μάρτυρα κατά τη πρώτη δειγματοληψία, σε επίπεδο σημαντικότητας ($p < 0.05$) (Πίνακας 19). Στατιστικά σημαντική φαίνεται να είναι και η επίδραση του χρόνου που μεσολάβησε μεταξύ των δύο δειγματοληψιών σε επίπεδο σημαντικότητας ($p < 0.05$) και για τα δύο βάθη στο τεμάχιο του μάρτυρα, καθώς και για την επιφάνεια του τεμαχίου με τη στρώση του ελαστικού.

Τέλος, τόσο στο τεμάχιο του μάρτυρα ($r=0.75$) όσο και στο τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού ($r=0.78$), υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ των τιμών της ΙΑΚ και των τιμών της αργίλου σε επίπεδο σημαντικότητας $P=0.001$.

Πίνακας 19: Στατιστική επεξεργασία των τιμών της ΙΑΚ (μεq 100g⁻¹) σε σχέση με την επέμβαση (Μ – μάρτυρας, Ε – ελαστικό), το βάθος (Επιφανειακά – Υποεπιφανειακά) και το χρόνο (1^η - 2^η δειγματοληψία) (n=10).

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	ΒΑΘΟΣ			ΧΡΟΝΟΣ	ΕΠΙΦ.	ΥΠΟΕΠΙΦ.								
		Μ	Ε	ns			Μ	Ε	ns						
ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	27,90	ns	Μ	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.	27,90	*	Μ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	27,90	*
			ΕΛ	28,40				Υποεπιφ.	24,30				2η Δειγμ/ψία	25,39	
		2η Δειγμ/ψία	Μ	25,39	ns		2η Δειγμ/ψία	Επιφ.	25,39	ns		ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	24,30	*
			ΕΛ	24,70				Υποεπιφ.	24,81				2η Δειγμ/ψία	24,81	
	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	24,30	ns	ΕΛ	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.	28,40	***	ΕΛ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	28,40	*
			ΕΛ	21,90				Υποεπιφ.	21,90				2η Δειγμ/ψία	24,70	
		2η Δειγμ/ψία	Μ	24,81	ns		2η Δειγμ/ψία	Επιφ.	24,70	**		ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η δειγμ/ψία	21,90	ns
			ΕΛ	21,86				Υποεπιφ.	21,86				2η Δειγμ/ψία	21,86	

Όπου *, **, *** οι στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε επίπεδα σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα

και ns: η μη στατιστικά σημαντική διαφορά.

5.1.7 ΟΛΙΚΟ ΑΖΩΤΟ

Στον πίνακα 20 παρουσιάζονται τα στατιστικά δεδομένα των τιμών του αζώτου για το τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και το μάρτυρα, στην επιφάνεια και το βάθος στους δύο διαφορετικούς χρόνους δειγματοληψίας.

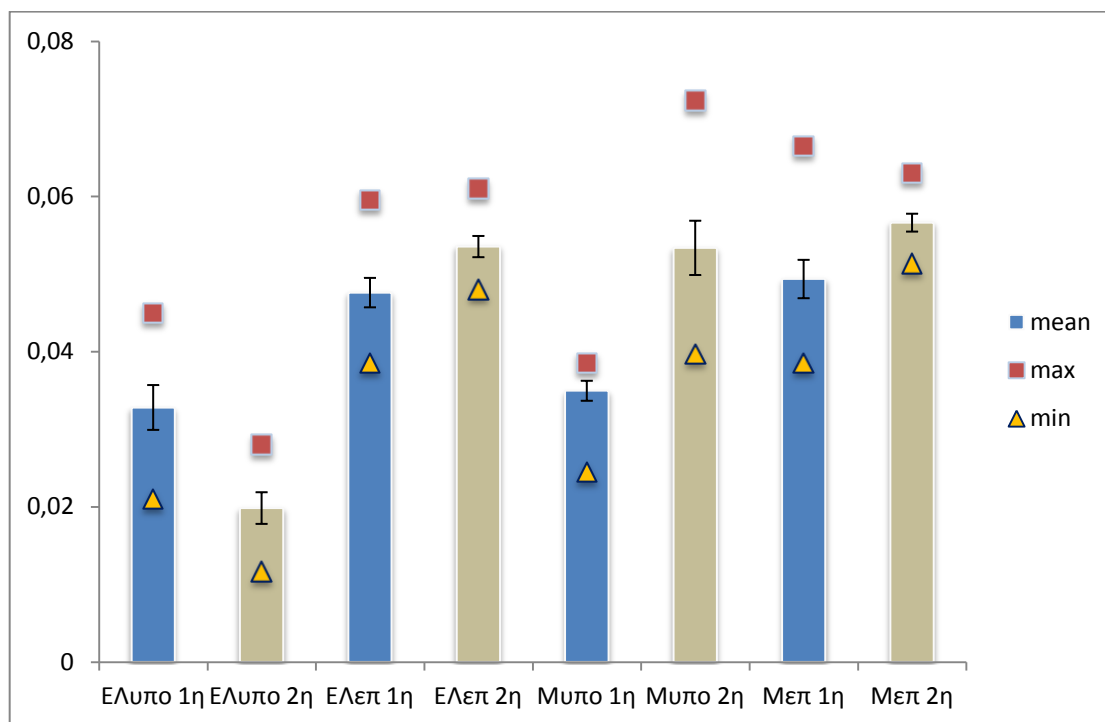
Πίνακας 20: Στατιστικά δεδομένα των τιμών του αζώτου % για το τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και το μάρτυρα στην επιφάνεια και το βάθος στις δύο δειγματοληψίες (n=10).

	ΕΛ. υπο		ΕΛ επιφ.		Μάρτυρας υπο		Μάρτυρας επιφ.	
	1 ^η Δειγμ/ψία	2 ^η Δειγμ/ψία	1 ^η Δειγμ/ψία	2 ^η Δειγμ/ψία	1 ^η Δειγμ/ψία	2 ^η Δειγμ/ψία	1 ^η Δειγμ/ψία	2 ^η Δειγμ/ψία
mean	0,03	0,02	0,05	0,05	0,03	0,05	0,05	0,06
Std.Dev	0,009	0,006	0,006	0,004	0,004	0,011	0,008	0,004
SEm	0,003	0,002	0,002	0,001	0,001	0,003	0,002	0,001
min	0,02	0,01	0,04	0,05	0,02	0,04	0,04	0,05
max	0,05	0,03	0,06	0,06	0,04	0,07	0,07	0,06

Οι τιμές του αζώτου στο τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού για την πρώτη δειγματοληψία κυμαίνονται από 0.04% έως 0.06% με μέση τιμή 0.05% στην επιφάνεια και από 0.02% έως 0.05% με μέση τιμή 0,03% υποεπιφανειακά. Οι αντίστοιχες τιμές για τη δεύτερη δειγματοληψία κυμαίνονται από 0.05% έως 0.06% με μέση τιμή 0.05% στο επιφανειακό στρώμα και από 0.01% έως 0.03% με μέση τιμή 0.02% στο υποεπιφανειακό. Στο τεμάχιο του μάρτυρα οι τιμές του αζώτου για την πρώτη δειγματοληψία κυμαίνονται από 0.04% έως 0.07% με μέση τιμή 0.05% επιφανειακά και από 0.02% έως 0.04% υποεπιφανειακά. Ενώ στη δεύτερη δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 0.05% έως 0.06% με μέση τιμή 0.06% στην επιφάνεια και από 0.04% έως 0.07% με μέση τιμή 0.05% στο υπέδαφος.

Σε όλες τις περιπτώσεις οι τιμές του ολικού αζώτου είναι μικρότερες από το όριο του 0.2% όπου θεωρείται πως το έδαφος είναι επαρκώς εφοδιασμένο με άζωτο (Πίνακας 20). Γενικά οι μορφές απωλειών σε εδαφικό άζωτο είναι:

- Η δημιουργία πτητικών ενώσεων αζώτου και η διαφυγή τους προς την ατμόσφαιρα.
- Η απομάκρυνση λόγω διάβρωσης του επιφανειακού αζώτου (έκπλυση νιτρικών).
- Η συγκομιδή και επομένως απομάκρυνση από το εδαφικό περιβάλλον των γεωργικών προϊόντων.



Σχήμα 16: Μέσοι όροι των τιμών του αζώτου % στα εδάφη ανάλογα με τη μεταχείριση, το βάθος και το χρόνο δειγματοληψίας. Οι μπάρες εκφράζουν το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου (n=10).

Θα πρέπει να σημειωθεί πως μόνο μια πολύ μικρή ποσότητα ($\cong 2\%$) του εδαφικού αζώτου βρίσκεται σε ανόργανη μορφή (αμμωνιακά (NH_4^+) και νιτρικά (NO_3^+) ιόντα) ενώ το υπόλοιπο ($\cong 98\%$) συμμετέχει σε οργανικές ενώσεις της οργανικής ουσίας του εδάφους. Άρα μεταβολές και χαμηλά ποσοστά της οργανικής ουσίας στα εδάφη της

παρούσα μελέτης (Σχήμα 16), οδηγούν και σε μικρό ποσοστό εδαφικού αζώτου (Conant *et al.*, 2005). Ένας ακόμη παράγοντας στον οποίο μπορεί να οφείλεται το μικρό ποσοστό εδαφικού αζώτου στα εδάφη της παρούσας μελέτης είναι το έντονα αλκαλικό pH και η παρουσία ανθρακικών αλάτων που οδηγούν στη δημιουργία πτητικών ενώσεων του αζώτου.

Σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων (Πίνακας 21) υπάρχει σημαντική επίδραση του βάθους όπου παρατηρείται μείωση των τιμών από την επιφάνεια προς τους βαθύτερους ορίζοντες, με εξαίρεση το μάρτυρα στη δεύτερη δειγματοληψία όπου δεν υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση. Επίσης στατιστικά σημαντική φαίνεται να είναι και η επίδραση του χρόνου, με εξαίρεση την επιφάνεια του μάρτυρα, όπου παρατηρείται μείωση των ποσοστών του αζώτου κατά τη διάρκεια της δεύτερης δειγματοληψίας.

Όπως παρατήρησαν και οι *Mikhailova et al.* (2000) μελετώντας εδάφη Pachic Harludolls οι υψηλότερες απώλειες αζώτου λαμβάνουν χώρα στα 10 πρώτα εκατοστά του εδάφους σε ποσοστά που κυμαίνονται από 45 έως 53% ανάλογα με τη χρήση γης. Το γεγονός αυτό αποδεικνύεται και στη παρούσα μελέτη από τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων και επιβεβαιώνει το συμπέρασμα ότι οι μεγαλύτερες μεταβολές στο εδαφικό άζωτο συμβαίνουν στους επιφανειακούς ορίζοντες του εδάφους ακολουθώντας ουσιαστικά εκείνες της οργανικής ουσίας (Σχήμα 16).

Πίνακας 21: Στατιστική επεξεργασία των τιμών του N (%) σε σχέση με την επέμβαση (Μ – μάρτυρας, Ε – ελαστικό), το βάθος (Επιφανειακά – Υποεπιφανειακά) και το χρόνο (1^η - 2^η δειγματοληψία) (n=10).

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία		ns	ΒΑΘΟΣ	Μ	1η Δειγμ/ψία		***	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.		ns				
		Μ	ΕΛ				Επιφ.	Υποεπιφ.				1η Δειγμ/ψία	0,05		2η Δειγμ/ψία	0,06		
ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	Μ	0,05	ns	ΒΑΘΟΣ	Μ	Επιφ.	0,05	***	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	0,05	ns			
		ΕΛ	0,05				Υποεπιφ.	0,04				2η Δειγμ/ψία	0,06					
	2η Δειγμ/ψία	Μ	0,06	ns		ΕΛ	ΕΛ	Επιφ.	0,06		ns	ΕΛ	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	0,04	***		
		ΕΛ	0,05					Υποεπιφ.	0,05					2η Δειγμ/ψία	0,05			
	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	0,04		ns	ΕΛ	Μ	Επιφ.		0,05	***	ΕΛ	ΕΛ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	0,05	*
			ΕΛ	0,03					Υποεπιφ.		0,03				2η Δειγμ/ψία	0,05		
2η Δειγμ/ψία	Μ	0,05	***	ΕΛ	ΕΛ	Μ	Επιφ.	0,05	***	ΕΛ	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	0,03	***				
	ΕΛ	0,02					Υποεπιφ.	0,02				2η Δειγμ/ψία	0,02					

Όπου *, **, *** οι στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε επίπεδα σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα

και ns: η μη στατιστικά σημαντική διαφορά.

5.1.8 ΑΦΟΜΟΙΩΣΙΜΟΣ ΦΩΣΦΟΡΟΣ

Στον πίνακα 22 παρουσιάζονται τα στατιστικά δεδομένα των τιμών του αφομοιώσιμου φωσφόρου για το τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και το μάρτυρα, στην επιφάνεια και το βάθος στους δύο διαφορετικούς χρόνους δειγματοληψίας.

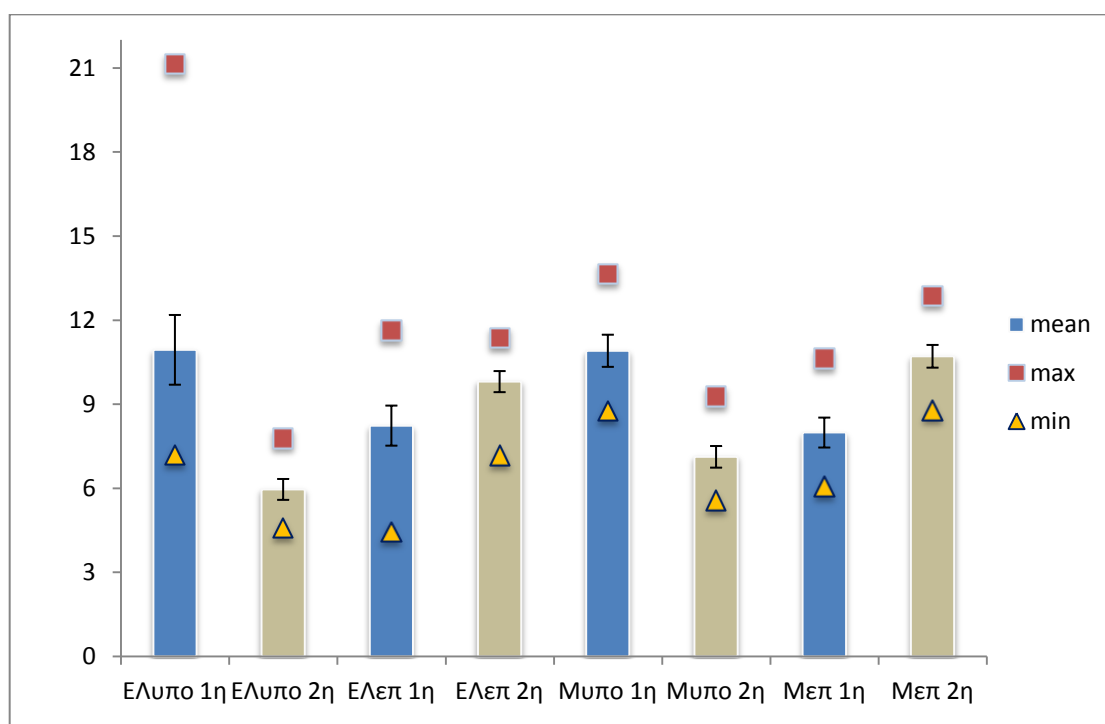
Πίνακας 22: Στατιστικά δεδομένα των τιμών του αφομοιώσιμου φωσφόρου σε mg kg⁻¹ για το τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και το μάρτυρα στην επιφάνεια και το βάθος στις δύο δειγματοληψίες (n=10).

	ΕΛ. υπο		ΕΛ επιφ.		Μάρτυρας υπο		Μάρτυρας επιφ.	
	1 ^Η Δειγμ/ψία	2 ^Η Δειγμ/ψία	1 ^Η Δειγμ/ψία	2 ^Η Δειγμ/ψία	1 ^Η Δειγμ/ψία	2 ^Η Δειγμ/ψία	1 ^Η Δειγμ/ψία	2 ^Η Δειγμ/ψία
mean	10,94	5,96	8,24	9,81	10,91	7,13	7,99	10,71
Std.Dev	3,93	1,18	2,26	1,19	1,81	1,22	1,69	1,28
SEm	1,24	0,37	0,72	0,38	0,57	0,39	0,53	0,41
min	7,20	4,58	4,45	7,18	8,76	5,57	6,06	8,78
max	21,15	7,79	11,63	11,38	13,65	9,28	10,64	12,87

Οι τιμές του αφομοιώσιμου φωσφόρου στο τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού στην πρώτη δειγματοληψία κυμαίνονται από 4.45 mg kg⁻¹ έως 11.63 mg kg⁻¹ με μέση τιμή τα 8.24 mg kg⁻¹ στην επιφάνεια και από 7.20 mg kg⁻¹ έως 21.15 mg kg⁻¹ με μέση τιμή τα 10.94 mg kg⁻¹ στο υπέδαφος. Ενώ οι αντίστοιχες τιμές στη δεύτερη δειγματοληψία κυμαίνονται από 7.18 mg kg⁻¹ έως 11.38 mg kg⁻¹ με μέση τιμή τα 9.81 mg kg⁻¹ στο επιφανειακό στρώμα και από 4.58 mg kg⁻¹ έως 7.79 mg kg⁻¹ με μέση τιμή τα 5.96 mg kg⁻¹ στο υποεπιφανειακό. Στο τεμάχιο του μάρτυρα οι τιμές του αφομοιώσιμου P στη πρώτη δειγματοληψία κυμαίνονται από 6.06 mg kg⁻¹ έως 10.64 mg kg⁻¹ με μέση τιμή τα 7.99 mg kg⁻¹ επιφανειακά και από 8.76 mg kg⁻¹ έως 13.65 mg kg⁻¹ με μέση τιμή τα 10.91 mg kg⁻¹ υποεπιφανειακά. Αντίστοιχα στη δεύτερη δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 8.78 mg kg⁻¹ έως 12.87 mg kg⁻¹ με μέση τιμή τα 10.71 mg kg⁻¹ στο επιφανειακό στρώμα και από 5.57 mg kg⁻¹ έως 9.28 mg kg⁻¹ με μέση τιμή τα 7.13 mg kg⁻¹ στο υποεπιφανειακό στρώμα.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν στον πίνακα 23, οι τιμές του φωσφόρου στην πλειοψηφία τους βρίσκονται μεταξύ του εύρους 6 -12 mg kg⁻¹. Δηλαδή τα εδάφη χαρακτηρίζονται έως ανεπαρκώς εφοδιασμένα σε αφομοιώσιμο φώσφορο, εφόσον βρίσκονται κάτω από το επιθυμητό επίπεδο διαθέσιμου φωσφόρου των 15mg kg⁻¹ σύμφωνα με το *FMANR (Federal Ministry of Agriculture and Natural Resources, 1990)*.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η έντονη διαφοροποίηση των τιμών του φωσφόρου τόσο στην επιφάνεια όσο και στο υποεπιφανειακό στρώμα μεταξύ των δύο διαφορετικών χρόνων δειγματοληψίας (Σχήμα 17). Παρατηρείται αύξηση των τιμών του P στην επιφάνεια κατά τη δεύτερη δειγματοληψία και στο πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά καθώς και στο μάρτυρα, σε συμφωνία και με τα αποτελέσματα άλλων ερευνητών οι οποίοι αναφέρουν πως η κατανομή του διαθέσιμου φωσφόρου μειώνεται με το βάθος (*Ju et al., 2007*). Αντίθετα στη πρώτη δειγματοληψία οι τιμές του φωσφόρου είναι μεγαλύτερες υποεπιφανειακά.



Σχήμα 17: Μέσοι όροι των τιμών του αφομοιώσιμου φωσφόρου σε mg kg⁻¹ στα εδάφη ανάλογα με τη μεταχείριση, το βάθος και το χρόνο δειγματοληψίας. Οι μπάρες εκφράζουν το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου (n=10).

Θα πρέπει να σημειωθεί πως ο φώσφορος στο έδαφος δεσμεύεται σε ποσοστό που μπορεί να φτάσει ως και το 60% (Κουκουλάκης, 2001). Οι κύριοι παράγοντες δέσμευσης του είναι η οργανική ουσία και το ανθρακικό ασβέστιο, ενώ σημαντική επίδραση στη ασκεί και η τιμή του pH. Η μεγαλύτερη διαλυτότητα του P συναντάται σε pH =6.5, ενώ σε εδάφη με υψηλό pH και έντονη παρουσία CaCO₃ όπως τα εδάφη της παρούσας μελέτης η διαλυτότητα του μειώνεται σημαντικά με αποτέλεσμα να μην καθίσταται αφομοιώσιμος για τα φυτά.

Η έντονη διαφοροποίηση των τιμών του αφομοιώσιμου φωσφόρου σε σχέση με το βάθος επιβεβαιώνεται και από τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων η οποία δείχνει ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά των τιμών για τη δεύτερη δειγματοληψία και στις δύο μεταχειρίσεις σε επίπεδο σημαντικότητας ($p < 0.001$), ενώ για την πρώτη δειγματοληψία μόνο στο τεμάχιο του μάρτυρα ($p < 0.01$), ενώ στατιστικά σημαντική φαίνεται να είναι και η διαφορά των τιμών μεταξύ των δύο χρόνων δειγματοληψίας. Θα πρέπει να σημειωθεί επίσης, πως υπάρχει στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση μεταξύ του CaCO₃, του pH και του διαθέσιμου P σε επίπεδο σημαντικότητας $P = 0.001$. Δηλαδή όσο αυξάνεται το pH και το CaCO₃ η διαθεσιμότητα του P μειώνεται ($n=80$).

Στην παρούσα μελέτη οι τιμές του διαθέσιμου φωσφόρου βρίσκονται σε όλες τις περιπτώσεις κάτω από τα επίπεδα επάρκειας, γεγονός που πιθανόν οφείλεται στην ανεπαρκή λίπανση η οποία δεν ικανοποίησε τη μεγάλη δεσμευτική ικανότητα του εδάφους, λόγω της μεγάλης περιεκτικότητας του σε ανθρακικό ασβέστιο.

Τέλος, η αύξηση των τιμών του φωσφόρου στο επιφανειακό στρώμα και των δύο τεμαχίων κατά τη δεύτερη δειγματοληψία μπορεί να οφείλεται στην προσθήκη φωσφόρου με τη βασική λίπανση κατά την έναρξη της καλλιέργειας.

Πίνακας 23: Στατιστική επεξεργασία των τιμών του P (mg kg⁻¹) σε σχέση με την επέμβαση (Μ – μάρτυρας, Ε – ελαστικό), το βάθος (Επιφανειακά – Υποεπιφανειακά) και το χρόνο (1^η - 2^η δειγματοληψία) (n=10).

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία		ns	ΒΑΘΟΣ	Μ	Επιφ.		7,99	**	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.		7,99	**	
		Μ	ΕΛ				ΥΠΟΕΠΙΦ.	Επιφ.					ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία			2η Δειγμ/ψία
ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	Μ	7,99	ns	ΒΑΘΟΣ	Μ	Επιφ.	Μ	7,99	**	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	7,99	**	
		ΕΛ	8,24					ΥΠΟΕΠΙΦ.	10,91					2η Δειγμ/ψία	10,71		
	ΥΠΟΕΠΙΦ.	Μ	10,71	ns			ΕΛ	Επιφ.	Μ	10,71			***	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	10,91	**
		ΕΛ	9,81						ΥΠΟΕΠΙΦ.	7,13					2η Δειγμ/ψία	7,13	
	ΕΠΙΦ.	Μ	10,91	ns		ΕΛ	Επιφ.	Μ	8,24	ns		ΕΛ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	8,24	ns	
		ΕΛ	10,94					ΥΠΟΕΠΙΦ.	10,94					2η Δειγμ/ψία	9,81		
	ΥΠΟΕΠΙΦ.	Μ	7,13	ns			Επιφ.	Μ	9,81	***			ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	10,94	***	
		ΕΛ	5,96					ΥΠΟΕΠΙΦ.	5,96					2η Δειγμ/ψία	5,96		

Όπου *, **, *** οι στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε επίπεδα σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα

και ns: η μη στατιστικά σημαντική διαφορά.

5.1.9 ΑΝΤΑΛΛΑΞΙΜΟ Na

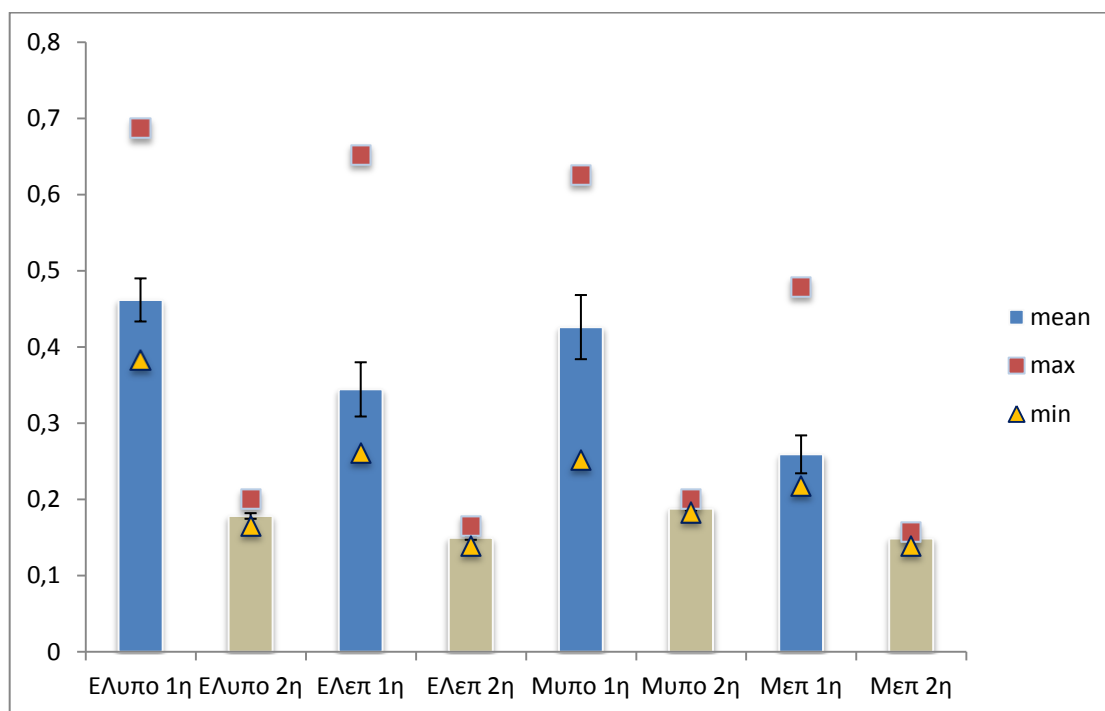
Στον πίνακα 24 παρουσιάζονται τα στατιστικά δεδομένα των τιμών του ανταλλάξιμου νατρίου για το τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και το μάρτυρα, στην επιφάνεια και το βάθος στους δύο διαφορετικούς χρόνους δειγματοληψίας.

Πίνακας 24: Στατιστικά δεδομένα των τιμών του ανταλλάξιμου νατρίου σε meq 100g⁻¹ για το τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και το μάρτυρα στην επιφάνεια και το βάθος στις δύο δειγματοληψίες (n=10).

	ΕΛ. υπο		ΕΛ επιφ.		Μάρτυρας υπο		Μάρτυρας επιφ.	
	1 ^Η Δειγμ/ψία	2 ^Η Δειγμ/ψία	1 ^Η Δειγμ/ψία	2 ^Η Δειγμ/ψία	1 ^Η Δειγμ/ψία	2 ^Η Δειγμ/ψία	1 ^Η Δειγμ/ψία	2 ^Η Δειγμ/ψία
mean	0,46	0,18	0,34	0,15	0,43	0,19	0,26	0,15
Std.Dev	0,089	0,012	0,112	0,008	0,133	0,007	0,079	0,005
SEm	0,03	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00	0,02	0,00
min	0,38	0,17	0,26	0,14	0,25	0,18	0,22	0,14
max	0,69	0,20	0,65	0,17	0,63	0,20	0,48	0,16

Οι τιμές του ανταλλάξιμου νατρίου στο τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού για την πρώτη δειγματοληψία κυμαίνονται από 0.26 meq 100g⁻¹ έως 0.65 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 0.34 meq 100g⁻¹ στο επιφανειακό στρώμα και από 0.38 meq 100g⁻¹ έως 0.69 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 0.46 meq 100g⁻¹ στο υποεπιφανειακό. Αντίστοιχα οι τιμές στη δεύτερη δειγματοληψία κυμαίνονται από 0.14 meq 100g⁻¹ έως 0.17 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 0.15 meq 100g⁻¹ στην επιφάνεια και από 0.17 meq 100g⁻¹ έως 0.20 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 0.18 meq 100g⁻¹ στο υπέδαφος. Στο τεμάχιο του μάρτυρα οι τιμές του ανταλλάξιμου νατρίου στην πρώτη δειγματοληψία κυμαίνονται από 0.22 meq 100g⁻¹ έως 0.48 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 0.26 meq 100g⁻¹ επιφανειακά και από 0.25 meq 100g⁻¹ έως 0.63 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 0.43 meq 100g⁻¹ υποεπιφανειακά. Αντίστοιχα στη δεύτερη δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 0.14 meq 100g⁻¹ έως 0.16 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 0.15 meq 100g⁻¹ στο επιφανειακό στρώμα και από 0.18 meq 100g⁻¹ έως 0.20 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 0.19 meq 100g⁻¹ στο υποεπιφανειακό στρώμα.

Τα αποτελέσματα δείχνουν μια σημαντική μείωση του ανταλλάξιμου νατρίου στη δεύτερη δειγματοληψία περίπου 50% σε σχέση με την πρώτη δειγματοληψία (Σχήμα 18). Παρατηρείται επίσης και μια σημαντική μείωση της διακύμανσης των τιμών στη δεύτερη δειγματοληψία.



Σχήμα 18: Μέσοι όροι των τιμών του ανταλλάξιμου νατρίου σε meq 100g⁻¹ στα εδάφη ανάλογα με τη μεταχείριση, το βάθος και το χρόνο δειγματοληψίας. Οι μπάρες εκφράζουν το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου (n=10).

Γενικά η παρουσία του νατρίου σε ένα έδαφος είναι στενά συνυφασμένη με τη διασπορά των κολλοειδών της αργίλου (αλκαλιωμένα εδάφη) και θεωρείται καλή όταν η συγκέντρωση του Na κυμαίνεται από ίχνη έως 0.2 meq 100g⁻¹. Η περιεκτικότητα σε νάτριο της εναλλακτικής φάσης εκφράζεται και ως ποσοστό της συνολικής περιεκτικότητας σε κατιόντα με το ESP (Exchangeable Sodium Percentage), όπου:

Συγκεκριμένα στα εδάφη της περιοχής μελέτης, το ESP είναι κατά πολύ μικρότερο του 15% (όριο αλκαλίωσης), γεγονός που δείχνει ότι τα εδάφη δεν έχουν πρόβλημα αλκαλίωσης (Μισοπολινός, 1991).

Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων δείχνει τη σημαντική επίδραση τόσο του χρόνου όσο και του βάθους στη συγκέντρωση του ανταλλάξιμου νατρίου στο έδαφος. Ενώ η χρήση του ελαστικού δεν φάνηκε να επηρεάζει στατιστικά σημαντικά την περιεκτικότητα του εδάφους σε νάτριο ανεξαρτήτως της εδαφικής στρώσης (Πίνακας 25).

Πίνακας 25: Στατιστική επεξεργασία των τιμών του Na (meq 100g⁻¹) σε σχέση με την επέμβαση (Μ – μάρτυρας, Ε – ελαστικό), το βάθος (Επιφανειακά – Υποεπιφανειακά) και το χρόνο (1^η - 2^η δειγματοληψία) (n=10).

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία		ns	ΒΑΘΟΣ	Μ	1η Δειγμ/ψία		0,26	**	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.		0,26	ns
		Μ	ΕΛ				Επιφ.	Υποεπιφ.					1η Δειγμ/ψία	2η Δειγμ/ψία		
ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	Μ	0,26	ns	ΒΑΘΟΣ	Μ	Επιφ.	0,26	**	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	0,26	ns	
		ΕΛ	0,34				Υποεπιφ.	0,43				ΕΠΙΦ.	2η Δειγμ/ψία	0,15		
	ΥΠΟΕΠΙΦ.	Μ	0,15	ns		ΕΛ	Επιφ.	0,15	***		ΕΛ	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	0,43	**	
		ΕΛ	0,15				Υποεπιφ.	0,19				ΥΠΟΕΠΙΦ.	2η Δειγμ/ψία	0,19		
	ΥΠΟΕΠΙΦ.	Μ	0,43	ns		ΕΛ	Επιφ.	0,34	ns		ΕΛ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	0,34	**	
		ΕΛ	0,46				Υποεπιφ.	0,46				ΕΠΙΦ.	2η Δειγμ/ψία	0,15		
ΥΠΟΕΠΙΦ.	Μ	0,19	*	ΕΛ	Επιφ.	0,15	***	ΕΛ	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	0,46	***				
	ΕΛ	0,18			Υποεπιφ.	0,18			ΥΠΟΕΠΙΦ.	2η Δειγμ/ψία	0,18					

Όπου *, **, *** οι στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε επίπεδα σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα

και ns: η μη στατιστικά σημαντική διαφορά.

5.1.10 ΑΝΤΑΛΛΑΞΙΜΟ Κ

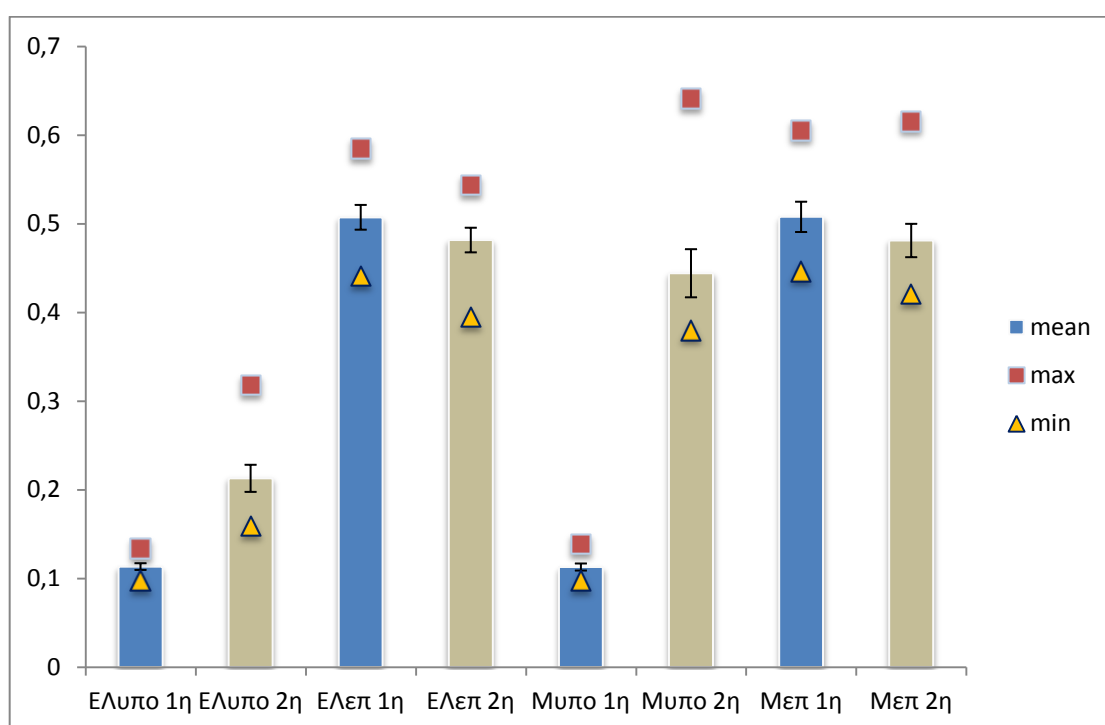
Στον πίνακα 26 παρουσιάζονται τα στατιστικά δεδομένα των τιμών του ανταλλάξιμου καλίου για το τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και το μάρτυρα, στην επιφάνεια και το βάθος στους δύο διαφορετικούς χρόνους δειγματοληψίας.

Πίνακας 26: Στατιστικά δεδομένα των τιμών του ανταλλάξιμου καλίου σε meq 100g⁻¹ για το τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και το μάρτυρα στην επιφάνεια και το βάθος στις δύο δειγματοληψίες (n=10).

	ΕΛ. υπο		ΕΛ επιφ.		Μάρτυρας υπο		Μάρτυρας επιφ.	
	1 ^Η Δειγμ/ψία	2 ^Η Δειγμ/ψία	1 ^Η Δειγμ/ψία	2 ^Η Δειγμ/ψία	1 ^Η Δειγμ/ψία	2 ^Η Δειγμ/ψία	1 ^Η Δειγμ/ψία	2 ^Η Δειγμ/ψία
mean	0,11	0,21	0,51	0,48	0,11	0,44	0,51	0,48
Std.Dev	0,012	0,048	0,044	0,044	0,013	0,086	0,054	0,059
SEm	0,00	0,02	0,01	0,01	0,00	0,03	0,02	0,02
min	0,10	0,16	0,44	0,39	0,10	0,38	0,45	0,42
max	0,13	0,32	0,58	0,54	0,14	0,64	0,61	0,62

Οι τιμές του ανταλλάξιμου καλίου στο τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού για την πρώτη δειγματοληψία κυμαίνονται από 0.44 meq 100g⁻¹ έως 0.58 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 0.51 meq 100g⁻¹ στην επιφάνεια και από 0.10 meq 100g⁻¹ έως 0.13 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 0.11 meq 100g⁻¹ στο υποεπιφανειακό στρώμα. Αντίστοιχα οι τιμές στη δεύτερη δειγματοληψία κυμαίνονται από 0.39 meq 100g⁻¹ έως 0.54 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 0.48 meq 100g⁻¹ στο επιφανειακό στρώμα και από 0.16 meq 100g⁻¹ έως 0.32 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 0.21 meq 100g⁻¹ στο υπέδαφος. Στο τεμάχιο του μάρτυρα οι τιμές του ανταλλάξιμου νατρίου στην πρώτη δειγματοληψία κυμαίνονται από 0.45 meq 100g⁻¹ έως 0.61 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 0.51 meq 100g⁻¹ επιφανειακά και από 0.10 meq 100g⁻¹ έως 0.14 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 0.11 meq 100g⁻¹ υποεπιφανειακά. Αντίστοιχα στη δεύτερη δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 0.42 meq 100g⁻¹ έως 0.62 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 0.48 meq 100g⁻¹ στο επιφανειακό στρώμα και από 0.38 meq 100g⁻¹ έως 0.64 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 0.44 meq 100g⁻¹ στο υποεπιφανειακό στρώμα.

Είναι γνωστό ότι ένα έδαφος χαρακτηρίζεται ως επαρκώς εφοδιασμένο σε ανταλλάξιμο κάλιο όταν η συγκέντρωση του είναι μεγαλύτερη από $0.5 \text{ meq } 100\text{g}^{-1}$. Με βάση λοιπόν τα αποτελέσματα παρατηρείται πως κατά την πρώτη δειγματοληψία το υποεπιφανειακό στρώμα τόσο του πειραματικού τεμαχίου με τα ελαστικά όσο και του μάρτυρα είναι ανεπαρκώς εφοδιασμένα σε ανταλλάξιμο κάλιο, όπως επίσης και το υποεπιφανειακό στρώμα του πειραματικού τεμαχίου κατά τη δεύτερη δειγματοληψία. Όσον αφορά τα επιφανειακά στρώματα, ανεξαρτήτως του χρόνου δειγματοληψίας, χαρακτηρίζονται ως οριακά επαρκώς εφοδιασμένα σε ανταλλάξιμο K (Πίνακας 26).



Σχήμα 19: Μέσοι όροι των τιμών του ανταλλάξιμου καλίου σε $\text{meq } 100\text{g}^{-1}$ στα εδάφη ανάλογα με τη μεταχείριση, το βάθος και το χρόνο δειγματοληψίας. Οι μπάρες εκφράζουν το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου ($n=10$).

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το εδαφικό κάλιο ανάλογα με τον βαθμό διαθεσιμότητας του στα φυτά χαρακτηρίζεται ως υδατοδιαλυτό, εναλλακτικό και μη εναλλακτικό κάλιο. Το κάλιο του εδαφικού διαλύματος (υδατοδιαλυτό) και το εναλλακτικό αποτελούν τις μορφές του εδαφικού καλίου που κυρίως προσλαμβάνονται από τα φυτά, μολονότι υπάρχουν και περιπτώσεις που τα φυτά

προσλαμβάνουν και μη – εναλλακτικό κάλιο (*Arnold and Close 1961; Mitsios and Rowell 1987; Μήτσιος 1988*). Το επίπεδο επάρκειας σε εναλλακτικό κάλιο, για μια ορισμένη καλλιέργεια, εξαρτάται από την μηχανική σύσταση, το pH, το χούμο και την ορυκτολογική σύσταση της αργίλου (αμμώδη, οργανικά και εδάφη πλούσια σε Βερμικουλίτη παρουσιάζουν σημαντικές ελλείψεις καλίου, λόγω της υψηλής ικανότητας δέσμευσης του).

Τα αποτελέσματα του ανταλλάξιμου καλίου δείχνουν τη σημαντική επίδραση του βάθους καθώς και του χρόνου στο υποεπιφανειακό στρώμα μόνο (ανεξαρτήτως επέμβασης) στη συγκέντρωση του ανταλλάξιμου καλίου ενώ η επέμβαση δε φαίνεται να έχει στατιστικά σημαντική επίδραση (Πίνακας 27). Αν και η αύξηση του καλίου στο υπέδαφος κατά τη διάρκεια της δεύτερης δειγματοληψίας είναι υψηλότερη στο μάρτυρα σε σχέση με το πειραματικό με το ελαστικό που δείχνει ότι η μετακίνηση του καλίου στο μάρτυρα είναι εντονότερη σε σχέση με το ελαστικό.

Οι αυξημένες τιμές του εδαφικού καλίου στην επιφάνεια, κατά τη δεύτερη δειγματοληψία πιθανόν να οφείλονται στην επίδραση της λίπανσης του σιταριού, ενώ στην περίπτωση της πρώτης δειγματοληψίας και για τις δύο επεμβάσεις (ελαστικό – μάρτυρας) μπορεί να είναι αποτέλεσμα υπολειμματικής δράσης της λίπανσης της προηγούμενης καλλιέργειας.

Όσον αφορά την επίδραση του χρόνου από την πρώτη έως τη δεύτερη δειγματοληψία παρατηρείται αύξηση των τιμών του καλίου υποεπιφανειακά, που στην περίπτωση του μάρτυρα είναι μεγαλύτερη. Πιο συγκεκριμένα στο τεμάχιο του μάρτυρα η τιμή του καλίου τριπλασιάζεται κατά τη διάρκεια της δεύτερης δειγματοληψίας, ενώ στο τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού η μετακίνηση του καλίου είναι μικρότερη πιθανόν λόγω της στρώσης του ελαστικού.

Πίνακας 27: Στατιστική επεξεργασία των τιμών του K (μεq 100g⁻¹) σε σχέση με την επέμβαση (Μ – μάρτυρας, Ε – ελαστικό), το βάθος (Επιφανειακά – Υποεπιφανειακά) και το χρόνο (1^η - 2^η δειγματοληψία) (n=10).

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία		ns	ΒΑΘΟΣ	Μ	1η Δειγμ/ψία		0,51	***	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.		ns	
		Μ	0,51				Επιφ.	Υποεπιφ.					1η Δειγμ/ψία	0,51		
ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	Μ	0,51	ns	ΒΑΘΟΣ	Μ	Επιφ.	0,51	***	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	0,51	ns	
		ΕΛ	0,51				Υποεπιφ.	0,11					2η Δειγμ/ψία	0,48		
	ΥΠΟΕΠΙΦ.	Μ	0,48	ns		ΕΛ	ΕΛ	Επιφ.	0,48		ns	ΕΛ	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	0,11	***
		ΕΛ	0,48					Υποεπιφ.	0,44					2η Δειγμ/ψία	0,44	
	ΥΠΟΕΠΙΦ.	Μ	0,11	ns		ΕΛ	ΕΛ	Επιφ.	0,51		***	ΕΛ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	0,51	ns
		ΕΛ	0,11					Υποεπιφ.	0,11					2η Δειγμ/ψία	0,48	
ΥΠΟΕΠΙΦ.	Μ	0,44	***	ΕΛ	ΕΛ	Επιφ.	0,48	***	ΕΛ	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	0,11	**			
	ΕΛ	0,21				Υποεπιφ.	0,21				2η Δειγμ/ψία	0,21				

Όπου *, **, *** οι στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε επίπεδα σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα

και ns: η μη στατιστικά σημαντική διαφορά.

5.1.11 ΑΝΤΑΛΛΑΞΙΜΟ Mg

Στον πίνακα 28 παρουσιάζονται τα στατιστικά δεδομένα των τιμών του ανταλλάξιμου μαγνησίου για τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και το μάρτυρα, στην επιφάνεια και το βάθος στους δύο διαφορετικούς χρόνους δειγματοληψίας.

Πίνακας 28: Στατιστικά δεδομένα των τιμών του ανταλλάξιμου μαγνησίου σε meq 100g⁻¹ για το τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και το μάρτυρα στην επιφάνεια και το βάθος στις δύο δειγματοληψίες (n=10).

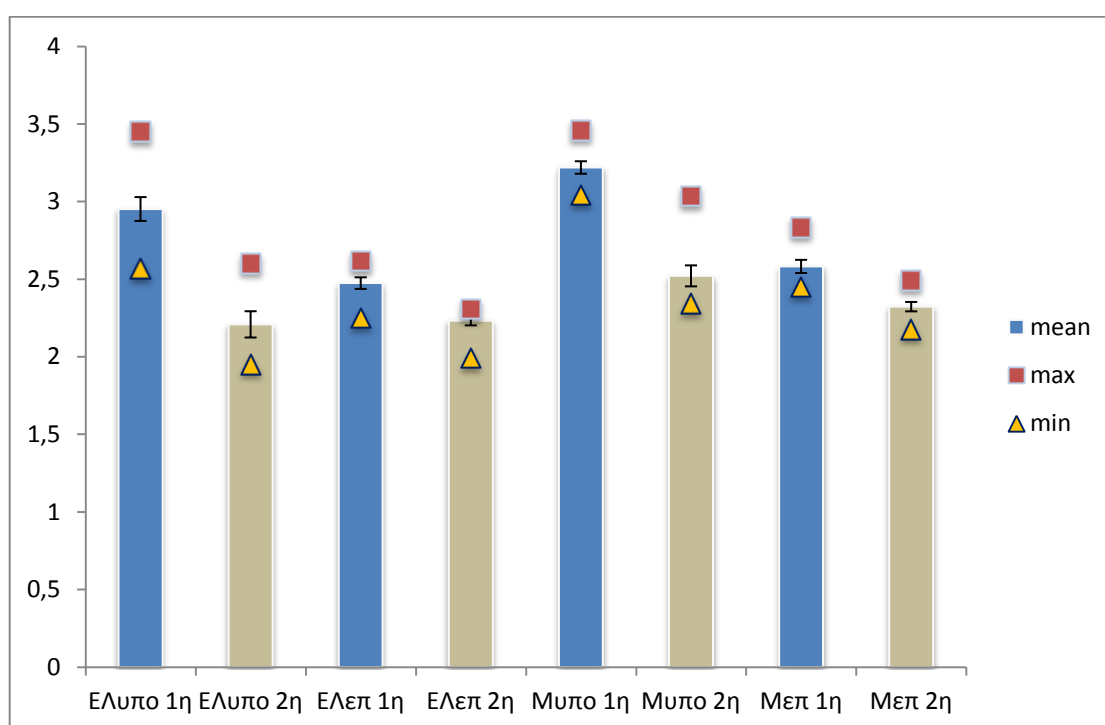
	ΕΛ. υπο		ΕΛ επιφ.		Μάρτυρας υπο		Μάρτυρας επιφ.	
	1 ^H Δειγμ/ψία	2 ^H Δειγμ/ψία	1 ^H Δειγμ/ψία	2 ^H Δειγμ/ψία	1 ^H Δειγμ/ψία	2 ^H Δειγμ/ψία	1 ^H Δειγμ/ψία	2 ^H Δειγμ/ψία
mean	2,95	2,21	2,47	2,23	3,22	2,52	2,58	2,32
Std.Dev	0,243	0,268	0,118	0,094	0,127	0,214	0,134	0,096
SEm	0,08	0,08	0,04	0,03	0,04	0,07	0,04	0,03
min	2,57	1,95	2,25	1,99	3,04	2,34	2,45	2,18
max	3,45	2,60	2,62	2,31	3,46	3,03	2,83	2,49

Οι τιμές του ανταλλάξιμου μαγνησίου στο τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και την πρώτη δειγματοληψία κυμαίνονται από 2.25 meq 100g⁻¹ έως 2.62 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 2.47 meq 100g⁻¹ στην επιφάνεια και από 2.57 meq 100g⁻¹ έως 3.45 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 2.95 meq 100g⁻¹ στο βάθος. Αντίστοιχα στη δεύτερη δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 1.99 meq 100g⁻¹ έως 2.31 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 2.23 meq 100g⁻¹ στο επιφανειακό στρώμα και από 1.95 meq 100g⁻¹ έως 2.60 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 2.21 meq 100g⁻¹ στο υποεπιφανειακό. Στο μάρτυρα οι τιμές του ανταλλάξιμου μαγνησίου κυμαίνονται στη πρώτη δειγματοληψία από 2.45 meq 100g⁻¹ έως 2.83 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 2.58 επιφανειακά και από 3.04 meq 100g⁻¹ έως 3.46 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 3.22 meq 100g⁻¹ στο βάθος. Στη δεύτερη δειγματοληψία αντίστοιχα, κυμαίνονται από 2.18 meq 100g⁻¹ έως 2.49 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 2.32 meq 100g⁻¹ στο επιφανειακό στρώμα και από 2.34 meq 100g⁻¹ έως 3.03 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 2.52 meq 100g⁻¹ υποεπιφανειακά.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι τιμές είναι υψηλότερες στην πρώτη δειγματοληψία σε σχέση με τη δεύτερη, καθώς και υψηλότερες στο βάθος σε σχέση

με την επιφάνεια. Ενώ σε όλες τις περιπτώσεις, με εξαίρεση το υπέδαφος στην πρώτη δειγματοληψία, ανεξαρτήτως επέμβασης βρίσκονται κάτω από το όριο επάρκειας των $3 \text{ meq } 100\text{g}^{-1}$ όπου ένα έδαφος θεωρείται επαρκώς εφοδιασμένο με μαγνήσιο (Σχήμα 20). Συνοπτικά οι ελλείψεις μαγνησίου είναι συνηθέστερες σε:

- Αμμώδη εδάφη.
- Εδάφη που δέχτηκαν ισχυρές ασβεστώσεις φτωχές σε Mg.
- Εδάφη που έχουν δεχθεί ισχυρές καλιούχες λιπάνσεις.
- Εδάφη φτωχά σε οργανική ουσία και πλούσια σε οξείδια και άργιλο του τύπου 1:1 (Χαμηλή C.E.C.)



Σχήμα 20: Μέσοι όροι των τιμών του ανταλλάξιμου μαγνησίου σε $\text{meq } 100\text{g}^{-1}$ στα εδάφη ανάλογα με τη μεταχείριση, το βάθος και το χρόνο δειγματοληψίας. Οι μπάρες εκφράζουν το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου ($n=10$).

Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων δείχνει ότι η επέμβαση (μάρτυρας – ελαστικό) έχει σημαντική επίδραση στις τιμές του μαγνησίου, με το μάρτυρα να εμφανίζει υψηλότερες τιμές σε σχέση με το τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού. Η στατιστική επεξεργασία επιβεβαίωσε επίσης και τη σημαντική επίδραση τόσο του βάθους όσο και του χρόνου δειγματοληψίας, όπως ήδη αναφέρθηκε (Πίνακας 29).

Σύμφωνα με τους *Chan, Davey and Geering (1979)*, στη διαθεσιμότητα του μαγνησίου ιδιαίτερα σημαντική επίδραση ασκεί και η τιμή του pH του εδάφους. Συγκεκριμένα αναφέρεται πως αύξηση του pH πάνω από 6.5 μειώνει σημαντικά τη διαθεσιμότητα του μαγνησίου στο έδαφος.

Όπως και για το κάλιο, έτσι και για το μαγνήσιο η απομάκρυνση του από την επιφάνεια και η μετακίνηση του προς το υποεπιφανειακό στρώμα είναι εντονότερη στο τεμάχιο του μάρτυρα σε σχέση με το τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού. Τέλος, σε κάθε περίπτωση (ανεξαρτήτως επέμβασης και βάθους) φαίνεται πως η καλλιέργεια μειώνει τα επίπεδα του μαγνησίου.

Πίνακας 29: Στατιστική επεξεργασία των τιμών του Mg (meq 100g⁻¹) σε σχέση με την επέμβαση (Μ – μάρτυρας, Ε – ελαστικό), το βάθος (Επιφανειακά – Υποεπιφανειακά) και το χρόνο (1^η - 2^η δειγματοληψία) (n=10).

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία		ns	ΒΑΘΟΣ	Μ	Επιφ.		2,58	***	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.		2,58	ns		
		Μ	ΕΛ				ΥΠΟΕΠΙΦ.	ΥΠΟΕΠΙΦ.					1η Δειγμ/ψία	2η Δειγμ/ψία				
ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	Μ	2,58	ns	ΒΑΘΟΣ	Μ	Επιφ.	2,58	***	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	2,58	ns			
		ΕΛ	2,47				ΥΠΟΕΠΙΦ.	3,22				2η Δειγμ/ψία	2,32					
	ΕΠΙΦ.	Μ	2,32	*		ΕΛ	Μ	Επιφ.	2,32		*	ΥΠΟΕΠΙΦ.	ΕΛ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	3,22	***	
		ΕΛ	2,23					ΥΠΟΕΠΙΦ.	2,52					2η Δειγμ/ψία	2,52			
	ΥΠΟΕΠΙΦ.	ΕΠΙΦ.	Μ	3,22		*	ΒΑΘΟΣ	ΕΛ	Επιφ.		2,47	***	ΧΡΟΝΟΣ	ΕΛ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	2,47	*
			ΕΛ	2,95					ΥΠΟΕΠΙΦ.		2,95				2η Δειγμ/ψία	2,23		
ΥΠΟΕΠΙΦ.		Μ	2,52	**	ΕΛ	Μ		Επιφ.	2,23	ns	ΥΠΟΕΠΙΦ.	ΕΛ		ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	2,95	*	
		ΕΛ	2,21					ΥΠΟΕΠΙΦ.	2,21					2η Δειγμ/ψία	2,21			

Όπου *, **, *** οι στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε επίπεδα σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα

και ns: η μη στατιστικά σημαντική διαφορά.

5.1.12 ΑΝΤΑΛΛΑΞΙΜΟ Ca

Στον πίνακα 30 παρουσιάζονται τα στατιστικά δεδομένα των τιμών του ανταλλάξιμου ασβεστίου για το τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και το μάρτυρα, στην επιφάνεια και το βάθος στους δύο διαφορετικούς χρόνους δειγματοληψίας.

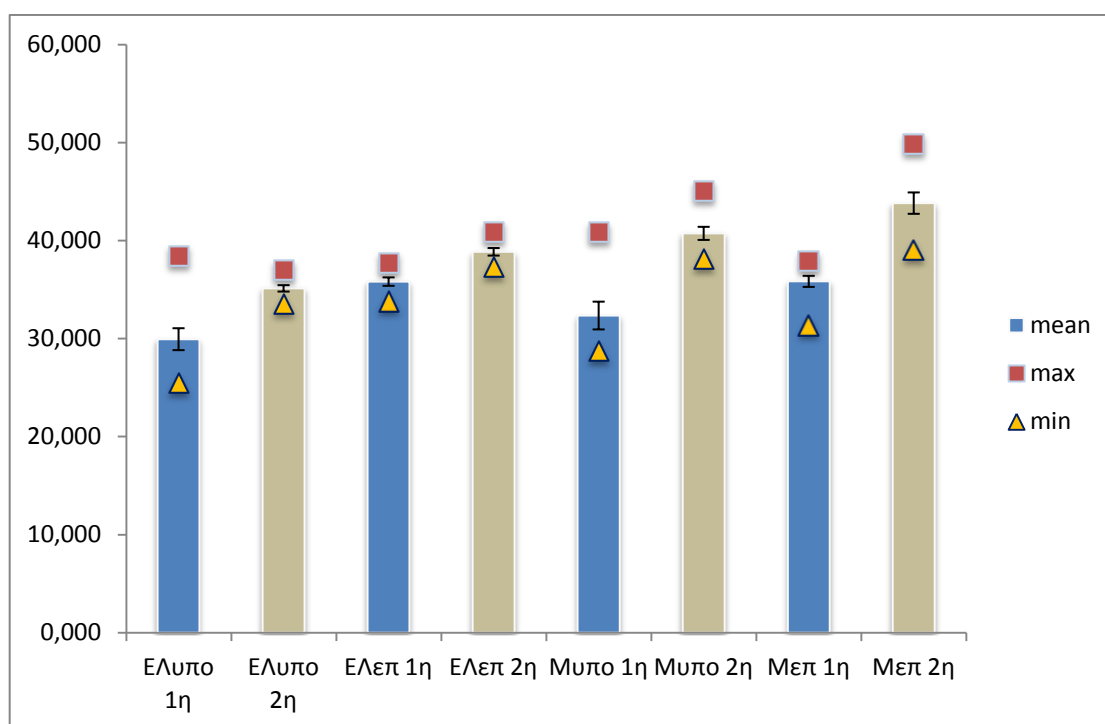
Πίνακας 30: Στατιστικά δεδομένα των τιμών του ανταλλάξιμου ασβεστίου σε meq 100g⁻¹ για το τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και το μάρτυρα στην επιφάνεια και το βάθος στις δύο δειγματοληψίες (n=10).

	ΕΛ. υπο		ΕΛ επιφ.		Μάρτυρας υπο		Μάρτυρας επιφ.	
	1 ^η Δειγμ/ψία	2 ^η Δειγμ/ψία	1 ^η Δειγμ/ψία	2 ^η Δειγμ/ψία	1 ^η Δειγμ/ψία	2 ^η Δειγμ/ψία	1 ^η Δειγμ/ψία	2 ^η Δειγμ/ψία
mean	29,95	35,13	35,82	38,86	32,36	40,74	35,85	43,83
Std.Dev	3,536	1,033	1,361	1,215	4,482	2,109	1,784	3,450
SEm	1,12	0,33	0,43	0,38	1,42	0,67	0,56	1,09
min	25,45	33,55	33,80	37,30	28,73	38,10	31,35	39,05
max	38,48	36,95	37,75	40,90	40,85	45,10	37,90	49,85

Οι τιμές του ανταλλάξιμου ασβεστίου στο τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και στη πρώτη δειγματοληψία κυμαίνονται από 33.80 meq 100g⁻¹ έως 37.75 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 35.82 meq 100g⁻¹ στην επιφάνεια και από 25.45 meq 100g⁻¹ έως 38.48 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 29.95 meq 100g⁻¹ στο βάθος. Αντίστοιχα στη δεύτερη δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 37.30 meq 100g⁻¹ έως 40.90 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 38.86 meq 100g⁻¹ στο επιφανειακό στρώμα και από 33.55 meq 100g⁻¹ έως 36.95 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 35.13 meq 100g⁻¹ υποεπιφανειακά.

Στο μάρτυρα οι τιμές του ανταλλάξιμου ασβεστίου στη πρώτη δειγματοληψία κυμαίνονται από 31.35 meq 100g⁻¹ έως 37.90 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 35.85 meq 100g⁻¹ στο επιφανειακό στρώμα και από 28.73 meq 100g⁻¹ έως 40.85 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 32,36 meq 100g⁻¹ στο υποεπιφανειακό στρώμα. Αντίστοιχα στη δεύτερη δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 39.05 meq 100g⁻¹ έως 49.85 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 43.83 meq 100g⁻¹ στην επιφάνεια και από 38.10 meq 100g⁻¹ έως 45.10 meq 100g⁻¹ με μέση τιμή 40.74 meq 100g⁻¹ στο υπέδαφος.

Τα αποτελέσματα δείχνουν πως σε όλες τις περιπτώσεις τα εδάφη παρουσιάζουν υπερεπάρκεια σε ανταλλάξιμο ασβέστιο, εφόσον η συγκέντρωσή τους σε Ca είναι σχεδόν διπλάσια ή και παραπάνω από το όριο επάρκειας των 10 – 15 meq 100g⁻¹. Φαίνεται ακόμη πως σε όλες τις περιπτώσεις οι τιμές του ασβεστίου είναι υψηλότερες στη δεύτερη δειγματοληψία σε σχέση με την πρώτη καθώς επίσης και υψηλότερες στην επιφάνεια σε σχέση με το βάθος (Σχήμα 21).



Σχήμα 21: Μέσοι όροι των τιμών του ανταλλάξιμου ασβεστίου σε meq 100g⁻¹ στα εδάφη ανάλογα με τη μεταχείριση, το βάθος και το χρόνο δειγματοληψίας. Οι μπάρες εκφράζουν το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου (n=10).

Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων επιβεβαιώνει τη σημαντική επίδραση του χρόνου δειγματοληψίας καθώς και του βάθους στο τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού. Στατιστικά σημαντική όμως φαίνεται να είναι και η επίδραση του ελαστικού σε σχέση με το μάρτυρα και στα δύο βάθη της δεύτερης δειγματοληψίας με το μάρτυρα να παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές έναντι αυτών του πειραματικού τεμαχίου με τα ελαστικά (Πίνακας 31). Επίσης, θα πρέπει να σημειωθεί πως υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση και μεταξύ της

συγκέντρωσης του ανταλλάξιμου ασβεστίου και του ανθρακικού ασβεστίου σε επίπεδο σημαντικότητας $p = 0.01$ ($n=80$). Δηλαδή όσο αυξάνεται η συγκέντρωση του ανθρακικού ασβεστίου, αυξάνεται και η συγκέντρωση των ιόντων Ca στο εδαφικό διάλυμα.

Και στην περίπτωση του ασβεστίου, όπως και στα άλλα ανταλλάξιμα κατιόντα (κάλιο, μαγνήσιο), η μετακίνηση του στοιχείου λόγω έκπλυσης από την επιφάνεια του εδάφους προς το υποεπιφανειακό στρώμα είναι εντονότερη στο μάρτυρα σε σχέση με το ελαστικό, πιθανόν όπως ήδη έχει αναφερθεί λόγω της στρώσης του ελαστικού. Ενώ θα πρέπει να σημειωθεί πως οι μεταβολές του ανταλλάξιμου ασβεστίου, είναι ίδιες με εκείνες του περιεχόμενου στο έδαφος ανθρακικού ασβεστίου.

Κατά συνέπεια τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έρχονται σε συμφωνία με την πλειοψηφία των ερευνητών, οι οποίοι υποστηρίζουν πως η καλλιέργεια, η χρήση οξινοποιών λιπασμάτων και η κατακόρυφη διήθηση του νερού οδηγούν σε έντονη απομάκρυνση των ανταλλάξιμων κατιόντων από την επιφάνεια και μετακίνηση προς τα βαθύτερα εδαφικά στρώματα. Ο *Jaiyeoba (2003)* συγκεκριμένα αναφέρει πως η συνεχόμενη καλλιέργεια εδαφών Alfisols για μια περίοδο 25 ετών οδήγησε σε σημαντική απώλεια των ανταλλάξιμων κατιόντων λόγω της απομάκρυνσης τους με την καλλιέργεια και την κατακόρυφη διήθηση, ενώ επισημαίνει πως το 50% των απωλειών έλαβε χώρα τα 3 πρώτα χρόνια της καλλιέργειας.

Πίνακας 31: Στατιστική επεξεργασία των τιμών του Ca (mg 100g⁻¹) σε σχέση με την επέμβαση (Μ – μάρτυρας, Ε – ελαστικό), το βάθος (Επιφανειακά – Υποεπιφανειακά) και το χρόνο (1^η - 2^η δειγματοληψία) (n=10).

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία		ns	ΒΑΘΟΣ	Μ	1η Δειγμ/ψία		ns	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.		*			
		Μ	ΕΛ				Επιφ.	Υποεπιφ.				1η Δειγμ/ψία	2η Δειγμ/ψία				
ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	35,85	ns	Μ	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.	35,85	ns	Μ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	35,85	*		
			ΕΛ	35,82				Υποεπιφ.	32,36				2η Δειγμ/ψία	43,83			
		2η Δειγμ/ψία	Μ	43,83			**	2η Δειγμ/ψία	Επιφ.			43,83	ns	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	32,36	ns
			ΕΛ	38,86					Υποεπιφ.			40,74			2η Δειγμ/ψία	40,74	
	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	32,36	ns	ΕΛ	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.	35,82	***	ΧΡΟΝΟΣ	ΕΛ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	35,82	*	
			ΕΛ	29,95				Υποεπιφ.	29,95					2η Δειγμ/ψία	38,86		
2η Δειγμ/ψία	Μ	40,74	***	2η Δειγμ/ψία	Επιφ.		38,86	***	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία		29,95	*				
	ΕΛ	35,13			Υποεπιφ.		35,13			2η Δειγμ/ψία		35,13					

Όπου *, **, *** οι στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε επίπεδα σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα

και ns: η μη στατιστικά σημαντική διαφορά.

5.1.13 ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΣ Cu

Στον πίνακα 32 παρουσιάζονται τα στατιστικά δεδομένα των τιμών του χαλκού (Cu) για το τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και το μάρτυρα, στην επιφάνεια και το βάθος στους δύο διαφορετικούς χρόνους δειγματοληψίας.

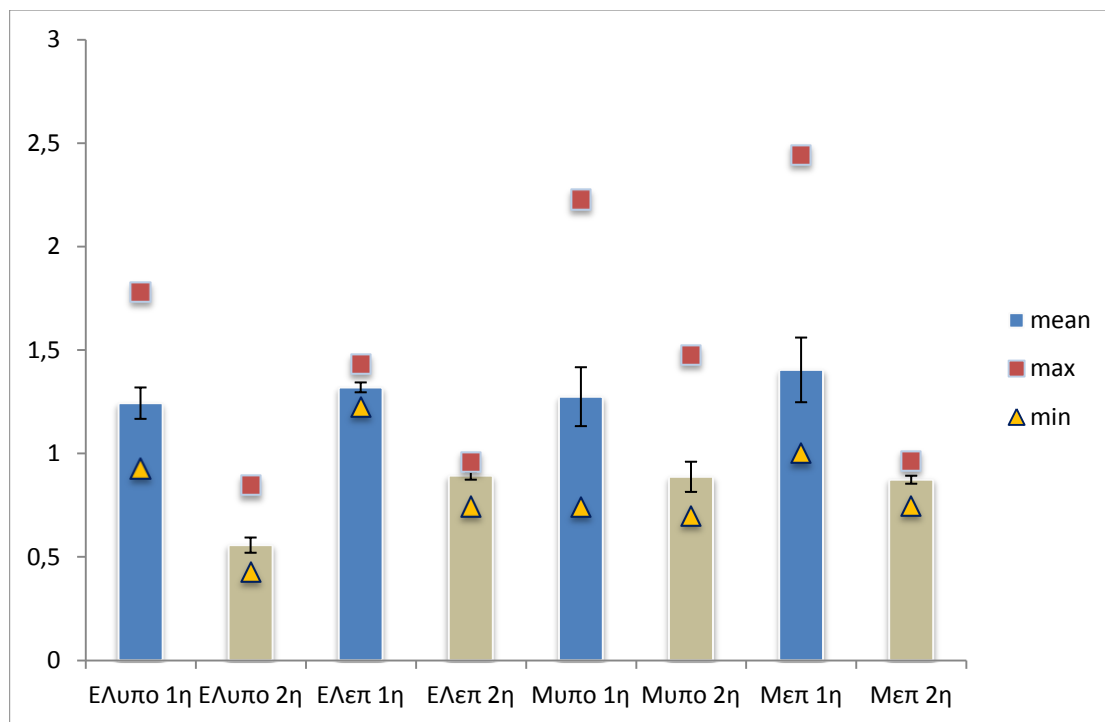
Πίνακας 32: Στατιστικά δεδομένα των τιμών του Cu σε mg kg⁻¹ για το τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και το μάρτυρα στην επιφάνεια και το βάθος στις δύο δειγματοληψίες n=10.

	ΕΛ. υπο		ΕΛ επιφ.		Μάρτυρας υπο		Μάρτυρας επιφ.	
	1 ^H Δειγμ/ψία	2 ^H Δειγμ/ψία	1 ^H Δειγμ/ψία	2 ^H Δειγμ/ψία	1 ^H Δειγμ/ψία	2 ^H Δειγμ/ψία	1 ^H Δειγμ/ψία	2 ^H Δειγμ/ψία
mean	1,24	0,56	1,32	0,89	1,27	0,89	1,40	0,87
Std.Dev	0,240	0,116	0,075	0,061	0,450	0,231	0,494	0,061
SEm	0,08	0,04	0,02	0,02	0,14	0,07	0,16	0,02
min	0,93	0,43	1,23	0,74	0,74	0,70	1,00	0,75
max	1,78	0,85	1,43	0,96	2,23	1,48	2,44	0,96

Οι τιμές του χαλκού στο τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού, στην πρώτη δειγματοληψία κυμαίνονται από 1.23 mg kg⁻¹ έως 1.43 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 1.32 mg kg⁻¹ στην επιφάνεια και από 0.93 mg kg⁻¹ έως 1.78 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 1.24 mg kg⁻¹ στο βάθος. Αντίστοιχα στη δεύτερη δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 0.74 mg kg⁻¹ έως 0.96 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 0.89 mg kg⁻¹ στο επιφανειακό στρώμα και από 0.43 mg kg⁻¹ έως 0.85 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 0.56 mg kg⁻¹ υποεπιφανειακά. Οι τιμές του Cu στο τεμάχιο του μάρτυρα, στην πρώτη δειγματοληψία κυμαίνονται από 1.00 mg kg⁻¹ έως 2.44 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 1.40 mg kg⁻¹ επιφανειακά και από 0.74 mg kg⁻¹ έως 2.23 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 1.27 mg kg⁻¹ υποεπιφανειακά. Τέλος, στη δεύτερη δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 0.75 mg kg⁻¹ έως 0.96 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 0.87 mg kg⁻¹ στο επιφανειακό στρώμα και από 0.70 mg kg⁻¹ έως 1.48 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 0.89 mg kg⁻¹ υποεπιφανειακά.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι τα εδάφη στην πρώτη δειγματοληψία χαρακτηρίζονται ως επαρκώς εφοδιασμένα με χαλκό αφού βρίσκονται εντός του ορίου επάρκειας των 0.9 – 1.5 mg kg⁻¹ (Viets and Lindsay, 1973), ενώ στη δεύτερη

δειγματοληψία οι τιμές εμφανίζονται λίγο χαμηλότερες και τα εδάφη χαρακτηρίζονται ως οριακά επαρκώς ή ανεπαρκώς εφοδιασμένα (Σχήμα 22).



Σχήμα 22: Μέσοι όροι των τιμών του Cu σε mg kg⁻¹ στα εδάφη ανάλογα με τη μεταχείριση, το βάθος και το χρόνο δειγματοληψίας. Οι μπάρες εκφράζουν το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου (n=10).

Η επίδραση της επέμβασης (ελαστικό – μάρτυρας) στην περιεκτικότητα των εδαφών σε Cu φαίνεται να είναι στατιστικά σημαντική αλλά μόνο για το υποεπιφανειακό στρώμα, με το μάρτυρα να εμφανίζει υψηλότερες τιμές στη δεύτερη δειγματοληψία. Ενώ όσον αφορά την επίδραση του βάθους, δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά των τιμών του Cu εκτός από την περίπτωση του πειραματικού τεμαχίου με τη στρώση του ελαστικού στη δεύτερη δειγματοληψία που υπάρχει διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας ($p < 0.001$).

Αν και η καλλιέργεια σιτηρών που πραγματοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη είναι μια από τις πιο απαιτητικές καλλιέργειες σε χαλκό (Παναγιωτόπουλος, 2008), δεν παρατηρείται σημαντική διαφοροποίηση των τιμών μεταξύ των δύο χρόνων

δειγματοληψίας στο τεμάχιο του μάρτυρα. Η επίδραση του χρόνου δείχνει να είναι σημαντική στο πειραματικό τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού, όπου παρατηρείται σημαντική μείωση της περιεκτικότητας του μετάλλου από την πρώτη στη δεύτερη δειγματοληψία.

Ο Cu στα περισσότερα καλλιεργούμενα εδάφη με $\text{pH} > 5.5$ βρίσκεται σε δυσδιάλυτες μορφές. Γενικά μείωση του pH αυξάνει την ενεργότητα του Cu^{+2} στο διάλυμα, που σχετίζεται με την αποσάθρωση των ορυκτών και τη μείωση της προσρόφησης του Cu από τα οργανικά σύμπλοκα και τη στερεά φάση του εδάφους (Alloway, 1995). Σύμφωνα με τα παραπάνω η ύπαρξη υψηλού pH δικαιολογεί τις χαμηλές συγκεντρώσεις Cu στην παρούσα μελέτη.

Σύμφωνα με τους Wei *et al.* (2006), σημαντική επίδραση στη διαθεσιμότητα του Cu ασκούν επίσης το CaCO_3 (άμεση επίδραση), η οργανική ουσία, καθώς και ο διαθέσιμος φώσφορος. Συγκεκριμένα αναφέρουν πως η σχέση μεταξύ οργανικής ουσίας και διαθέσιμου χαλκού είναι ιδιαίτερα ευμετάβλητη. Σε εδάφη με χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία (συνήθη ανόργανα εδάφη) ο διαθέσιμος Cu αυξάνεται καθώς αυξάνεται η οργανική ουσία, ενώ αντίθετα σε εδάφη με μεγάλη συσσώρευση οργανικής ουσίας, ο διαθέσιμος Cu μειώνεται συχνά, πιθανόν λόγω του σχηματισμού σταθερών συμπλόκων με την οργανική ουσία.

Τέλος, οι διαφορές της συγκέντρωσης του Cu μεταξύ των δύο επεμβάσεων πιθανόν να οφείλονται στο μεγαλύτερο ποσοστό της υγρασίας στο τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού (όπως αναφέρεται και πιο αναλυτικά στο υποκεφάλαιο 5.3). Γενικά, η περιεχόμενη ποσότητα νερού είναι μια σημαντική ιδιότητα των εδαφών η οποία επηρεάζει τη χημική σύνθεση του εδαφικού διαλύματος καθώς και την πρόσληψη θρεπτικών από τα φυτά. Η μορφολογία και άλλες συγκεκριμένες ιδιότητες του ριζικού συστήματος, της συγκέντρωσης των θρεπτικών στο εδαφικό δ/μα, της κινητικότητας των θρεπτικών στο έδαφος και της παροχής θρεπτικών από τη στερεά φάση, επηρεάζουν την πρόσληψη των θρεπτικών από τα φυτά (Nye and Tinker, 1977; Barber, 1995). Επομένως, υπάρχουν συνεπείς διαφορές στις συγκεντρώσεις των στοιχείων κοντά στη ριζόσφαιρα ανάλογες της περιεχόμενης εδαφικής υγρασίας (Dunham and Nye, 1976).

Πίνακας 33: Στατιστική επεξεργασία των τιμών του Cu (mg kg^{-1}) σε σχέση με την επέμβαση (Μ – μάρτυρας, Ε – ελαστικό), το βάθος (Επιφανειακά – Υποεπιφανειακά) και το χρόνο (1^η - 2^η δειγματοληψία) (n=10).

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία		ns	ΒΑΘΟΣ	Μ	1η Δειγμ/ψία		ns	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.		ns			
		Μ	ΕΛ				Επιφ.	Υποεπιφ.				1η Δειγμ/ψία	2η Δειγμ/ψία				
ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	Μ	1,40	ns	ΒΑΘΟΣ	Μ	Επιφ.	1,40	ns	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	1,40	ns		
		ΕΛ	1,32				Υποεπιφ.	1,27					2η Δειγμ/ψία	0,87			
	2η Δειγμ/ψία	Μ	0,87	ns		ΕΛ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	1,27		ns	ΕΛ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	1,32	***	
		ΕΛ	0,89					Υποεπιφ.	0,89					2η Δειγμ/ψία	0,89		
	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	1,27		ns	ΕΛ	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία		1,32	ns	ΕΛ	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	1,24	**
			ΕΛ	1,24					2η Δειγμ/ψία		0,89						
2η Δειγμ/ψία	Μ	0,89	***	ΕΛ	ΥΠΟΕΠΙΦ.	2η Δειγμ/ψία	0,89	***	ΕΛ	ΥΠΟΕΠΙΦ.	2η Δειγμ/ψία	0,56					
	ΕΛ	0,56				2η Δειγμ/ψία	0,56										

Όπου *, **, *** οι στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε επίπεδα σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα

και ns: η μη στατιστικά σημαντική διαφορά.

5.1.14 ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΣ Pb

Στον πίνακα 34 παρουσιάζονται τα στατιστικά δεδομένα των τιμών του μολύβδου (Pb) για το τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και το μάρτυρα, στην επιφάνεια και το βάθος στους δύο διαφορετικούς χρόνους δειγματοληψίας.

Πίνακας 34: Στατιστικά δεδομένα των τιμών του Pb σε mg kg⁻¹ για το τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και το μάρτυρα στην επιφάνεια και το βάθος στις δύο δειγματοληψίες (n=10).

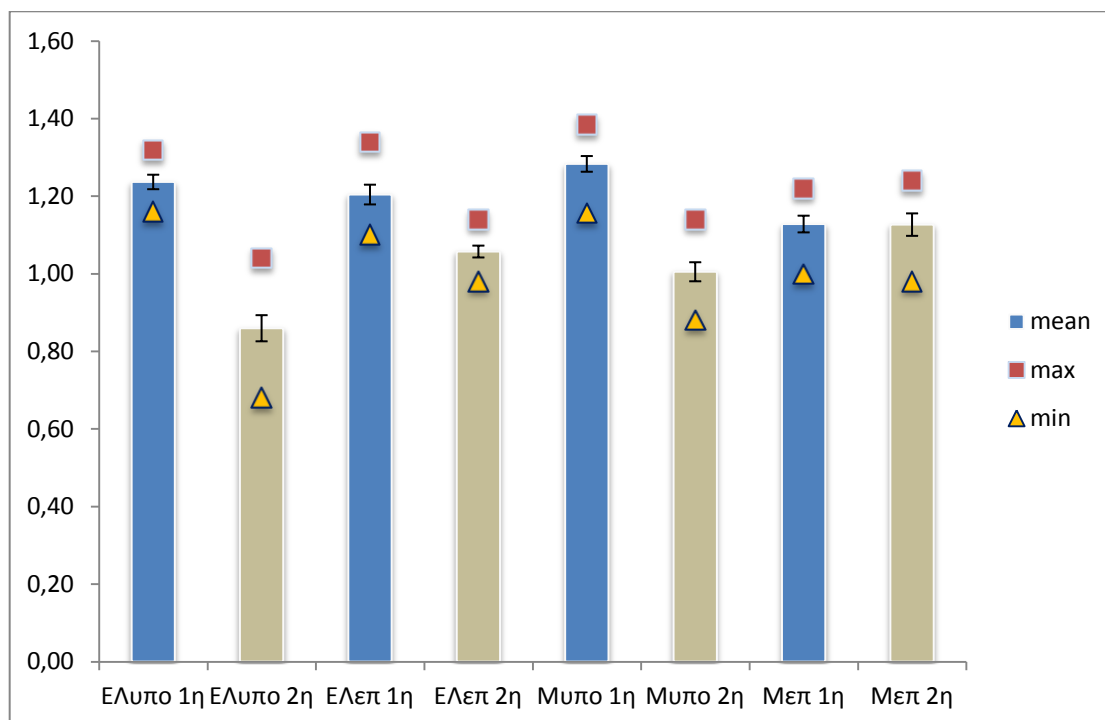
	ΕΛ. υπο		ΕΛ επιφ.		Μάρτυρας υπο		Μάρτυρας επιφ.	
	1 ^H	2 ^H	1 ^H	2 ^H	1 ^H	2 ^H	1 ^H	2 ^H
	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία
mean	1,236	0,859	1,204	1,057	1,283	1,005	1,128	1,127
Std.Dev	0,059	0,107	0,080	0,048	0,064	0,078	0,068	0,092
SEm	0,019	0,034	0,025	0,015	0,020	0,025	0,022	0,029
min	1,160	0,680	1,100	0,980	1,156	0,880	1,000	0,980
max	1,319	1,040	1,340	1,140	1,384	1,140	1,220	1,240

Οι τιμές του Pb στο τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού, στην πρώτη δειγματοληψία κυμαίνονται από 1.10 mg kg⁻¹ έως 1.34 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 1.20 mg kg⁻¹ στην επιφάνεια και από 1.16 mg kg⁻¹ έως 1.32 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 1.24 mg kg⁻¹ στο βάθος. Αντίστοιχα στη δεύτερη δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 0.98 mg kg⁻¹ έως 1.14 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 1.06 mg kg⁻¹ στο επιφανειακό στρώμα και από 0.68 mg kg⁻¹ έως 1.04 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 0.86 mg kg⁻¹ στο υποεπιφανειακό. Οι τιμές του Pb στο μάρτυρα, στη πρώτη δειγματοληψία κυμαίνονται από 1.00 mg kg⁻¹ έως 1.22 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 1.13 mg kg⁻¹ επιφανειακά και από 1.16 mg kg⁻¹ έως 1.38 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 1.28 mg kg⁻¹ υποεπιφανειακά. Αντίστοιχα στη δεύτερη δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 0.98 mg kg⁻¹ έως 1.24 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 1.13 mg kg⁻¹ στο επιφανειακό στρώμα και από 0.88 mg kg⁻¹ έως 1.14 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 1.01 mg kg⁻¹ υποεπιφανειακά.

Με βάση τις τιμές του πίνακα 34, οι συγκεντρώσεις σε Pb τόσο στο πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά όσο και στο μάρτυρα κυμαίνονται στα συνήθη επίπεδα τιμών

(από 0.1 έως 20 mg kg⁻¹) και κάτω από το μέγιστο ανεκτό όριο για τα μη ρυπασμένα εδάφη των 10 mg kg⁻¹ (Massas et al., 2010).

Σύμφωνα με το Σχήμα 23 που ακολουθεί παρατηρείται μείωση της περιεκτικότητας των εδαφών σε Pb από την πρώτη δειγματοληψία στη δεύτερη.



Σχήμα 23: Μέσοι όροι των τιμών του Pb σε mg kg⁻¹ στα εδάφη ανάλογα με τη μεταχείριση, το βάθος και το χρόνο δειγματοληψίας. Οι μπάρες εκφράζουν το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου (n=10).

Από τον Πίνακα 35 παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά από την επίδραση του βάθους μεταξύ των συγκεντρώσεων του τεμαχίου με τη στρώση του ελαστικού κατά τη δεύτερη δειγματοληψία, σε επίπεδο σημαντικότητας ($p < 0.001$), και μεταξύ των συγκεντρώσεων του μάρτυρα τόσο κατά την πρώτη δειγματοληψία ($p < 0.01$), όσο και κατά τη δεύτερη δειγματοληψία ($p < 0.05$), με τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις για την πρώτη δειγματοληψία να εμφανίζονται στο υποεπιφανειακό στρώμα ενώ για τη δεύτερη στην επιφάνεια. Όσον αφορά την επίδραση του χρόνου στην περιεκτικότητα των εδαφών σε Pb φαίνεται να είναι και αυτή σημαντική και κυρίως στο υποεπιφανειακό στρώμα των δύο τεμαχίων.

Σύμφωνα με βιβλιογραφικές αναφορές οι σημαντικότερες πηγές του Pb στα γεωργικά εδάφη είναι κυρίως η ατμοσφαιρική εναπόθεση, η εφαρμογή των

λιπασμάτων (λόγω των προσμίξεων που συχνά περιέχουν αυξημένα ποσά βαρέων μετάλλων), καθώς και η εφαρμογή ενεργού ιλύος στο έδαφος. Άλλες πάλι μελέτες έχουν παρουσιάσει τις ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις ως τη σημαντικότερη πηγή Pb στις περισσότερες γεωργικές περιοχές και αναφέρουν πως αυτές αντιπροσωπεύουν το 25-85% των συνολικών εισαγωγών Pb (*Nicholson et al., 2003*).

Παρόλα αυτά στην περιοχή μελέτης δεν παρατηρήθηκε κάτι τέτοιο, με τις τιμές του Pb να παραμένουν σχετικά σταθερές ή να αυξομειώνονται σε ένα μικρό εύρος (από 0.86 έως 1.28 mg kg⁻¹) κάτι που επιβεβαιώνεται και από το γεγονός ότι δεν έχουμε στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάλογα με την επέμβαση. Τα επίπεδα αυτών των τιμών είναι ιδιαίτερα χαμηλά ώστε να έχουν επιπτώσεις στην ποιότητα του εδάφους ή την ποιότητα των αγροτικών προϊόντων (*Ju et al., 2007*).

Αξιοσημείωτη είναι και η σημαντική σχέση του μολύβδου με την οργανική ουσία (*Andriano, 1986; Sims and Kline, 1991*). Ο Pb είναι ένα στοιχείο με μεγάλη ηλεκτραρνητικότητα, το οποίο συνδέεται ισχυρά με την οργανική ουσία, διότι οι οργανομεταλλικοί δεσμοί που σχηματίζονται μεταξύ των δύο αυτών συστατικών έχουν σημαντική ισοσθένεια (*McBride, 1989*). Οι *Zimdahl and Skogerboe (1977)* απέδειξαν ότι το έδαφος έχει πολύ μεγαλύτερη ικανότητα να ακινητοποιεί το μόλυβδο, και ότι το οργανικό κλάσμα είναι σε μεγάλο βαθμό υπεύθυνο για τη δέσμευση του Pb στην επιφάνεια του εδάφους.

Πίνακας 35: Στατιστική επεξεργασία των τιμών του Pb (mg kg^{-1}) σε σχέση με την επέμβαση (Μ – μάρτυρας, Ε – ελαστικό), το βάθος (Επιφανειακά – Υποεπιφανειακά) και το χρόνο (1^η - 2^η δειγματοληψία) (n=10).

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία		ns	ΒΑΘΟΣ	Μ	Επιφ.		1,13	**	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.		1,13	ns
		Μ	ΕΛ				ΥΠΟΕΠΙΦ.	ΕΛ					1η Δειγμ/ψία	2η Δειγμ/ψία		
ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	1,13	ns	Μ	1η Δειγμ/ψία	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1,28	**	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	1,13	ns
			ΕΛ	1,20				ΕΛ	1,13					2η Δειγμ/ψία	1,13	
		2η Δειγμ/ψία	Μ	1,13	ns		2η Δειγμ/ψία	Επιφ.	1,13	*			ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	1,28	**
			ΕΛ	1,06				ΕΛ	1,01					2η Δειγμ/ψία	1,01	
	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	1,28	ns	ΕΛ	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.	1,20	ns	ΧΡΟΝΟΣ	ΕΛ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	1,20	*
			ΕΛ	1,23				ΥΠΟΕΠΙΦ.	1,23					ΕΛ	1,06	
		2η Δειγμ/ψία	Μ	1,01	**		2η Δειγμ/ψία	Επιφ.	1,06	***			ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	1,23	**
			ΕΛ	0,86				ΕΛ	0,86					ΕΛ	0,86	

Όπου *, **, *** οι στατιστικές σημαντικές διαφορές σε επίπεδα σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα

και ns: η μη στατιστικά σημαντική διαφορά.

5.1.15 ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΣ Fe

Στον πίνακα 36 παρουσιάζονται τα στατιστικά δεδομένα των τιμών του σιδήρου (Fe) για το τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και το μάρτυρα, στην επιφάνεια και το βάθος στους δύο διαφορετικούς χρόνους δειγματοληψίας.

Πίνακας 36: Στατιστικά δεδομένα των τιμών του Fe σε mg kg⁻¹ για το τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και το μάρτυρα στην επιφάνεια και το βάθος στις δύο δειγματοληψίες (n=10).

	ΕΛ. υπο		ΕΛ επιφ.		Μάρτυρας υπο		Μάρτυρας επιφ.	
	1 ^H Δειγμ/ψία	2 ^H Δειγμ/ψία	1 ^H Δειγμ/ψία	2 ^H Δειγμ/ψία	1 ^H Δειγμ/ψία	2 ^H Δειγμ/ψία	1 ^H Δειγμ/ψία	2 ^H Δειγμ/ψία
mean	1,20	1,41	1,21	1,37	1,05	1,74	1,40	1,85
Std.Dev	0,207	0,302	0,385	0,287	0,211	0,476	0,309	0,296
SEm	0,07	0,10	0,12	0,09	0,07	0,15	0,10	0,09
min	0,89	0,90	0,92	0,82	0,76	1,26	0,94	1,46
max	1,53	2,02	2,23	1,72	1,38	2,58	1,81	2,35

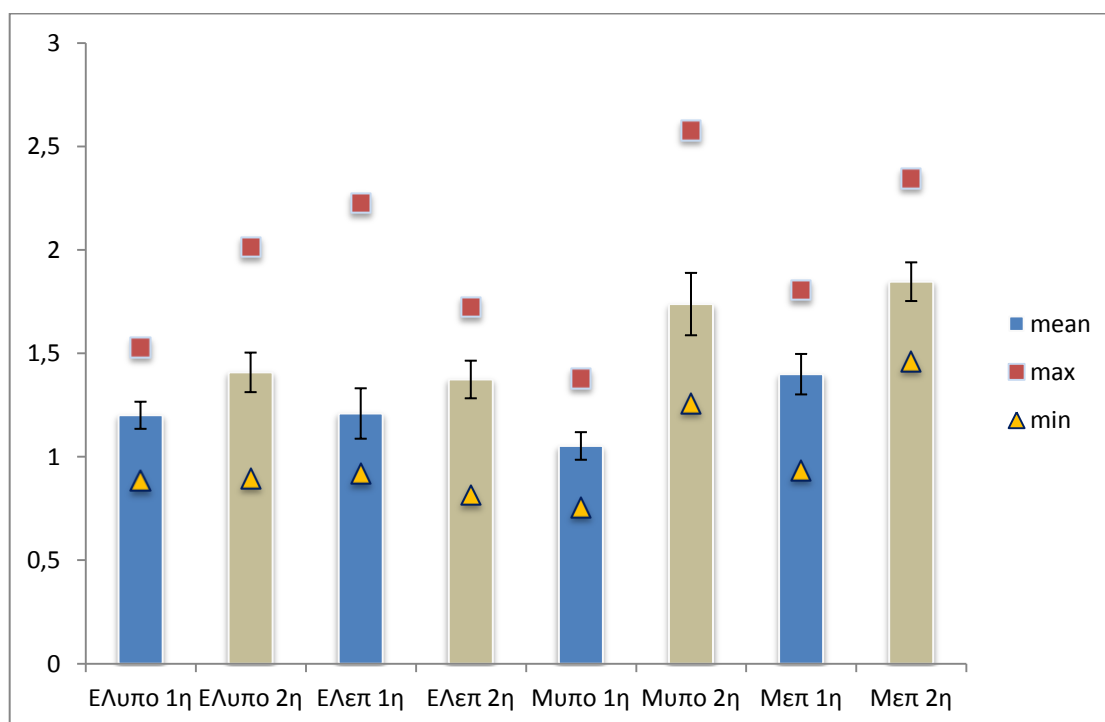
Οι τιμές του Fe στο τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού, στην πρώτη δειγματοληψία κυμαίνονται από 0.92 mg kg⁻¹ έως 2.23 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 1.21 mg kg⁻¹ στο επιφανειακό στρώμα και από 0.89 mg kg⁻¹ έως 1.53 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 1.20 mg kg⁻¹ στο υποεπιφανειακό. Αντίστοιχα στη δεύτερη δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 0.82 mg kg⁻¹ έως 1.72 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 1.37 mg kg⁻¹ στην επιφάνεια και από 0.90 mg kg⁻¹ έως 2.02 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 1.41 mg kg⁻¹ βάθος. Οι τιμές του Fe στο μάρτυρα, στην πρώτη δειγματοληψία κυμαίνονται από 0.94 mg kg⁻¹ έως 1.81 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 1.40 mg kg⁻¹ στο επιφανειακό στρώμα και από 0.76 mg kg⁻¹ έως 1.38 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 1.05 mg kg⁻¹ στο υποεπιφανειακό. Αντίστοιχα στη δεύτερη δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 1.46 mg kg⁻¹ έως 2.35 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 1.85 mg kg⁻¹ επιφανειακά και από 1.26 mg kg⁻¹ έως 2.58 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 1.74 mg kg⁻¹ στο υποεπιφανειακό στρώμα.

Με βάση το σχήμα 24 που ακολουθεί, οι τιμές του σιδήρου δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερες διαφορές ούτε στο πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά αλλά ούτε και στο

μάρτυρα, με εξαίρεση μια μικρή αύξηση των τιμών που παρατηρείται από την πρώτη στη δεύτερη δειγματοληψία. Ενώ όσον αφορά το όριο επάρκειας των 4.5 mg kg^{-1} οι τιμές τόσο στο επιφανειακό στρώμα όσο και στο υποεπιφανειακό είναι κατά πολύ μικρότερες (Viets and Lindsay, 1983).

Σύμφωνα με τον Παπακωνσταντίνου (1993) οι συνθήκες που ευνοούν την έλλειψη Fe είναι :

- Η υψηλή περιεκτικότητα των εδαφών σε ασβέστιο.
- Τα ελεύθερα ανθρακικά ή δισανθρακικά στο εδαφικό διάλυμα.
- Οι χαμηλές θερμοκρασίες που περιορίζουν την ανάπτυξη των ριζών.
- Το σοκάρισμα των φυτών από νηματώδεις ζιζανιοκτόνα κλπ.
- Οι υψηλές τιμές νιτρικού αζώτου (σε συνδυασμό με ανθρακικά, δισανθρακικά ή φώσφορο).
- Οι υψηλές τιμές ψευδαργύρου, μαγγανίου και καδμίου σε συνδυασμό με υψηλές τιμές σιδήρου στα φυτά.



Σχήμα 24: Μέσοι όροι των τιμών του Fe σε mg kg^{-1} στα εδάφη ανάλογα με τη μεταχείριση, το βάθος και το χρόνο δειγματοληψίας. Οι μπάρες εκφράζουν το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου ($n=10$).

Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων δείχνει πως η μόνη στατιστικά σημαντική διαφορά των τιμών του Fe αφορά την επίδραση του χρόνου και παρατηρείται στο υποεπιφανειακό στρώμα τόσο του τεμαχίου με τη στρώση του ελαστικού όσο και στο μάρτυρα σε επίπεδο σημαντικότητας ($p < 0.01$) (Πίνακας 37).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα η παρουσία του ελαστικού (επέμβαση), καθώς και το βάθος δειγματοληψίας, δεν παρουσιάζουν κάποια ιδιαίτερα στατιστικά σημαντική διαφορά.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις του σιδήρου που παρατηρούνται στο υποεπιφανειακό στρώμα του μάρτυρα στη δεύτερη δειγματοληψία πιθανόν να οφείλονται στη δράση του ριζικού συστήματος μέσω της απελευθέρωσης οργανικών ενώσεων οι οποίες συμπλοκοποιούν το σίδηρο και αυξάνουν τη διαθεσιμότητα του.

Τα ασβεστούχα εδάφη, όπως και τα εδάφη της παρούσας μελέτης, γενικά χαρακτηρίζονται από υψηλές συγκεντρώσεις CaCO_3 , HCO_3^- στο εδαφικό διάλυμα, υψηλό pH και σχεδόν καθόλου ανταλλάξιμα H^+ , τα οποία όπως έχει ήδη αναφερθεί ευνοούν την έλλειψη Fe. Επιπλέον, πολλές μελέτες (*Inskoop and Bloom, 1986; Mengel et al., 1984; McCray and Matocha, 1992*) έχουν αποδείξει ότι αύξηση της εδαφικής υγρασίας οδηγεί σε περεταίρω αύξηση της συγκέντρωσης των HCO_3^- στο εδαφικό διάλυμα, η οποία αλληλεπιδρά ισχυρά με τη διαθεσιμότητα ορισμένων ιόντων και ιδιαίτερα αυτών του Fe και συχνά θεωρείται ως ο κύριος παράγοντας υπεύθυνος για την έλλειψη του διαθέσιμου Fe.

Τέλος οι Wei et al. (2005) μελετώντας τις αλλαγές των εδαφικών ιδιοτήτων και της διαθεσιμότητας των μικροθρεπτικών του εδάφους ύστερα από 18 χρόνια καλλιέργειας και λίπανσης, αναφέρουν πως ο σίδηρος συσχετίζεται θετικά με την οργανική ουσία (*Moslehuddin et al., 1999*) και το διαθέσιμο φώσφορο, αρνητικά με το pH, ενώ δεν συσχετίζεται καθόλου με το περιεχόμενο στο έδαφος ανθρακικό ασβέστιο.

Πίνακας 37: Στατιστική επεξεργασία των τιμών του Fe (mg kg⁻¹) σε σχέση με την επέμβαση (Μ – μάρτυρας, Ε – ελαστικό), το βάθος (Επιφανειακά – Υποεπιφανειακά) και το χρόνο (1^η - 2^η δειγματοληψία) (n=10).

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία		ns	ΒΑΘΟΣ	Μ	Επιφ.		1,40	*	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.		1,40	*
		Μ	ΕΛ				Υποεπιφ.	1η Δειγμ/ψία					2η Δειγμ/ψία			
ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	Μ	1,40	ns	ΒΑΘΟΣ	Μ	Υποεπιφ.	1,05	*	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	1,40	*	
		ΕΛ	1,21				Υποεπιφ.	1,85				2η Δειγμ/ψία	1,85			
	2η Δειγμ/ψία	Μ	1,85	*		ΕΛ	ΕΛ	Επιφ.	1,85		ns	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	1,05	**	
		ΕΛ	1,37					Υποεπιφ.	1,74				2η Δειγμ/ψία	1,74		
	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	1,05		ns	ΕΛ	ΕΛ	Επιφ.		1,21	ns	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	1,21	ns
			ΕΛ	1,20					Υποεπιφ.		1,20			2η Δειγμ/ψία	1,37	
2η Δειγμ/ψία	Μ	1,74	ns	ΕΛ	ΕΛ	Επιφ.	1,37	ns	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	1,20	**				
	ΕΛ	1,41				Υποεπιφ.	1,41			2η Δειγμ/ψία	1,41					

Όπου *, **, *** οι στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε επίπεδα σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα

και ns: η μη στατιστικά σημαντική διαφορά.

5.1.16 ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΣ Zn

Στον πίνακα 38 παρουσιάζονται τα στατιστικά δεδομένα των τιμών του ψευδαργύρου (Zn) για το τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και το μάρτυρα, στην επιφάνεια και το βάθος στους δύο διαφορετικούς χρόνους δειγματοληψίας.

Πίνακας 38: Στατιστικά δεδομένα των τιμών του Zn σε mg kg⁻¹ για το τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και το μάρτυρα στην επιφάνεια και το βάθος στις δύο δειγματοληψίες (n=10).

	ΕΛ. υπο		ΕΛ επιφ.		Μάρτυρας υπο		Μάρτυρας επιφ.	
	1 ^η Δειγμ/ψία	2 ^η Δειγμ/ψία	1 ^η Δειγμ/ψία	2 ^η Δειγμ/ψία	1 ^η Δειγμ/ψία	2 ^η Δειγμ/ψία	1 ^η Δειγμ/ψία	2 ^η Δειγμ/ψία
mean	0,43	0,22	0,20	0,22	0,85	0,29	0,32	0,21
Std.Dev	0,139	0,116	0,042	0,030	0,285	0,114	0,263	0,038
SEm	0,04	0,04	0,01	0,01	0,09	0,04	0,08	0,01
min	0,29	0,11	0,13	0,18	0,54	0,18	0,12	0,17
max	0,67	0,40	0,25	0,28	1,25	0,56	0,81	0,29

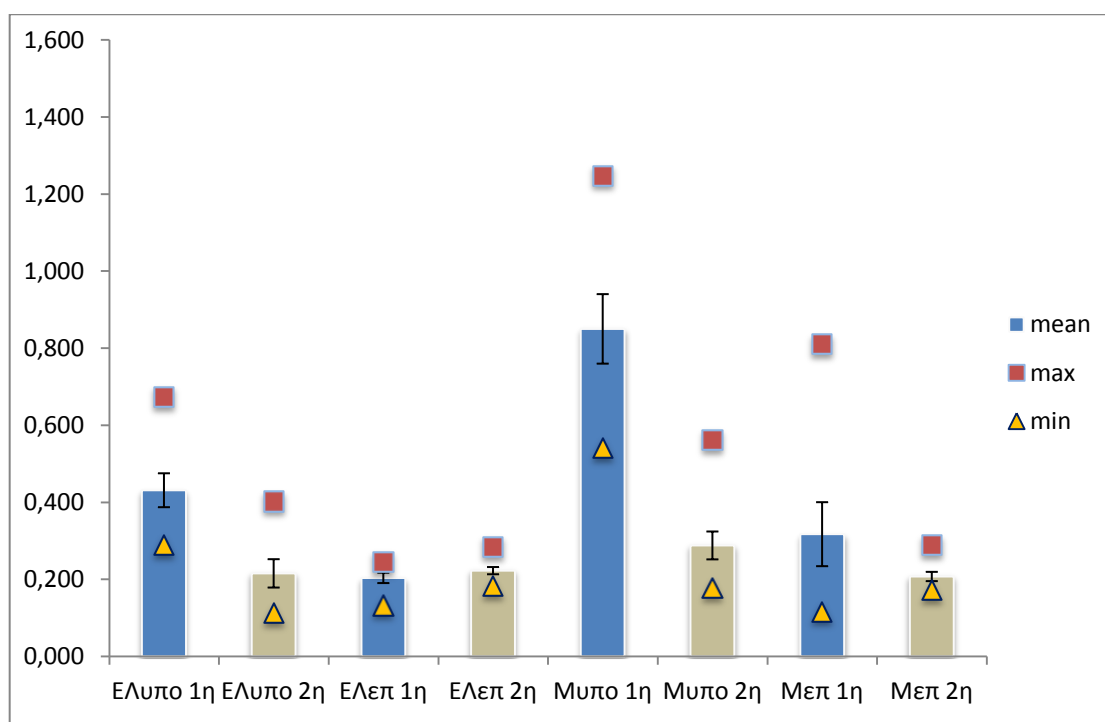
Οι τιμές του Zn στο τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού, στην πρώτη δειγματοληψία κυμαίνονται από 0.13 mg kg⁻¹ έως 0.25 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 0.20 mg kg⁻¹ στο επιφανειακό στρώμα και από 0.29 mg kg⁻¹ έως 0.67 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 0.43 mg kg⁻¹ στο υποεπιφανειακό στρώμα. Αντίστοιχα στη δεύτερη δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 0.18 mg kg⁻¹ έως 0.28 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 0.22 mg kg⁻¹ στην επιφάνεια και από 0.11 mg kg⁻¹ έως 0.40 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 0.22 mg kg⁻¹ στο βάθος. Οι τιμές του Zn στο μάρτυρα, στην πρώτη δειγματοληψία κυμαίνονται από 0.12 mg kg⁻¹ έως 0.81 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 0.32 mg kg⁻¹ επιφανειακά και από 0.54 mg kg⁻¹ έως 1.25 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 1.01 mg kg⁻¹ υποεπιφανειακά. Αντίστοιχα στη δεύτερη δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 0.17 mg kg⁻¹ έως 0.29 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 0.21 mg kg⁻¹ στο επιφανειακό στρώμα και από 0.18 mg kg⁻¹ έως 0.56 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 0.29 mg kg⁻¹ στο υποεπιφανειακό στρώμα.

Με βάση το Σχήμα 25 παρατηρείται πως η διακύμανση των τιμών του Zn στο υποεπιφανειακό στρώμα είναι πολύ μεγαλύτερη απ' ό τι στην επιφάνεια, ανεξαρτήτου

χρόνου δειγματοληψίας και παρουσίας ελαστικού (επέμβαση). Επίσης σε όλες τις περιπτώσεις, με εξαίρεση το επιφανειακό στρώμα του τεμαχίου με τη στρώση του ελαστικού, παρατηρείται μείωση των τιμών από την πρώτη δειγματοληψία στη δεύτερη. Παρόλα αυτά σε όλες τις περιπτώσεις οι συγκεντρώσεις των εδαφών σε Zn βρίσκονται κάτω από το όριο επάρκειας του 1.0 mg kg^{-1} (Viets and Lindsay, 1983).

Σύμφωνα με τον Πολυζόπουλο (1976) ο ψευδάργυρος στο εδαφικό διάλυμα όξινων εδαφών απαντά κυρίως ως κατιόν (Zn^{2+}) η συγκέντρωση του οποίου μειώνεται κατά 100 μονάδες για κάθε αύξηση της τιμής του pH κατά μία μονάδα. Ενώ η αφομοιωσιμότητα του επηρεάζεται από τους εξής παράγοντες:

- ✧ Το pH
- ✧ Την περιεκτικότητα σε φώσφορο
- ✧ Την περιεκτικότητα σε οργανική ουσία
- ✧ Την φύση των ορυκτών της αργίλου



Σχήμα 25: Μέσοι όροι των τιμών του Zn σε mg kg^{-1} στα εδάφη ανάλογα με τη μεταχείριση, το βάθος και το χρόνο δειγματοληψίας. Οι μπάρες εκφράζουν το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου ($n=10$).

Παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές στις τιμές του ψευδαργύρου με το βάθος (επιφανειακό – υποεπιφανειακό) στην πρώτη δειγματοληψία και στις δύο επεμβάσεις (μάρτυρας – ελαστικό), καθώς και μεταξύ των δύο χρόνων δειγματοληψίας στο υποεπιφανειακό στρώμα (Πίνακας 39).

Σύμφωνα με τους *Barbin and Rodgers (1994)*, τα πέλματα των ελαστικών περιέχουν 2.5% Zn, κυρίως ως οξείδιο του ψευδαργύρου που χρησιμοποιείται ως ενεργοποιητής στο βουλκανισμό των ελαστικών. Ως εκ τούτου υπάρχει πιθανότητα μια ορισμένη ποσότητα Zn να απελευθερώνεται από τα υπολείμματα των ελαστικών (με τη βροχή ή/και την άρδευση) όταν αυτά χρησιμοποιούνται ως ‘φράγμα’ νερού.

Γενικά ο ψευδάργυρος όταν απελευθερωθεί σε μεγάλες συγκεντρώσεις στο έδαφος ή/και την ατμόσφαιρα, μπορεί να επηρεάσει την ποιότητα του νερού των υπόγειων υδροφόρων, μπορεί να μολύνει την ατμόσφαιρα (*Pacyna, 1986; Allen et al., 2001*) καθώς και να προκαλέσει τοξικές επιδράσεις στις καλλιέργειες (*Urani et al., 2001; Camatini et al., 2003*). Καθοριστική σημασία όμως στην κινητοποίηση του, ασκεί η τιμή του pH (όπως έχει ήδη αναφερθεί), καθώς το μέταλλο είναι εξαιρετικά διαλυτό σε όξινο pH (*Pagotto et al., 2001; Councellet al., 2004*). Επί παραδείγματι, η Υπηρεσία Ελέγχου Ρύπανσης της Μινεσότα (*MPCA, 1990*) έδειξε ότι τα δείγματα των ελαστικών που εκπλύθηκαν με KCl, 1M (pH = 3.5) παρήγαγαν στραγγίσματα με συγκέντρωση μετάλλων που υπερβαίνουν τα επιτρεπτά όρια για το πόσιμο νερό, και ο Zn ήταν ένα από τα μέταλλα που ανιχνεύθηκαν σε υψηλότερες συγκεντρώσεις.

Οι *Smolders and Degryse (2002)* μελετώντας την επίδραση και την τύχη του ψευδαργύρου από τα υπολείμματα των ελαστικών που είχαν αναμίξει στο έδαφος, κατάληξαν στο συμπέρασμα ότι ενώ το 10-40% του Zn απελευθερώνεται από τη μάζα του καουτσούκ μέσα σε ένα χρόνο, η παράλληλη αύξηση όμως του pH του εδάφους περιορίζει την κινητοποίηση του κλάσματος αυτού στο έδαφος, δηλαδή μετασχηματισμός του Zn σε διαθέσιμες μορφές δεν οδηγεί απαραίτητα σε αντίστοιχη αύξηση του Zn στο εδαφικό διάλυμα.

Η μείωση της διαλυτότητας του ψευδαργύρου με την αύξηση του pH, έχει ως αποτέλεσμα σε ασβεστούχα εδάφη με pH > 7.4 (όπως και τα εδάφη της παρούσας μελέτης) να έχουμε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις διαθέσιμου Zn. Επίσης η προσρόφηση του ψευδαργύρου στο CaCO₃ είναι ένας παράγοντας μείωσης της διαθεσιμότητας (*Alloway, 2008*). Ενώ άλλοι ερευνητές αναφέρουν πως και η

εφαρμογή φωσφόρου, σε συνθήκες αγρού, γενικά μειώνει το υδατοδιαλυτό και το ανταλλάξιμο κλάσμα του Zn στο έδαφος (Agbenin, 1998; Bierman and Rosen, 1994).

Κατά συνέπεια εδάφη με αυξημένο εδαφικό pH (όπως και τα εδάφη της παρούσας μελέτης) παρεμποδίζουν την αύξηση της ποσότητας των διαθέσιμων μορφών Zn στο έδαφος, και ως εκ τούτου οδηγούν σε μικρή αύξηση του Zn στο εδαφικό διάλυμα. Με βάση τα αποτελέσματα όμως, οι τιμές οι οποίες παρατηρούνται είναι σημαντικά χαμηλότερες ακόμα και από τα όρια επάρκειας με αποτέλεσμα να μην θέτουν κανένα απολύτως κίνδυνο για την ποιότητα των εδαφικών πόρων της περιοχής.

Πίνακας 39: Στατιστική επεξεργασία των τιμών του Zn (mg kg^{-1}) σε σχέση με την επέμβαση (M – μάρτυρας, E – ελαστικό), το βάθος (Επιφανειακά – Υποεπιφανειακά) και το χρόνο (1^η - 2^η δειγματοληψία) (n=10).

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	ΒΑΘΟΣ			ΧΡΟΝΟΣ		
		ΕΠΙΦ.	ΥΠΟΕΠΙΦ.	ns			
ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	M	0,32	ns		
			E	0,20			
		2η Δειγμ/ψία	M	0,21	ns		
			E	0,22			
		ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	M	0,85	ns	
				E	0,43		
	2η Δειγμ/ψία		M	0,29	ns		
			E	0,22			
	ΕΠΕΜΒΑΣΗ		ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	M	0,32	**
					E	0,85	
		2η Δειγμ/ψία		M	0,21	ns	
				E	0,29		
ΥΠΟΕΠΙΦ.		1η Δειγμ/ψία		M	0,20	*	
				E	0,43		
		2η Δειγμ/ψία	M	0,22	ns		
			E	0,22			
		ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	M	0,32	ns
					E	0,21	
2η Δειγμ/ψία				M	0,85	**	
				E	0,29		
ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία			M	0,20	ns	
				E	0,22		
	2η Δειγμ/ψία		M	0,43	*		
			E	0,22			

Όπου *, **, *** οι στατιστικές σημαντικές διαφορές σε επίπεδα σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα

και ns: η μη στατιστικά σημαντική διαφορά.

5.1.17 ΔΙΑΘΕΣΙΜΟ Ba

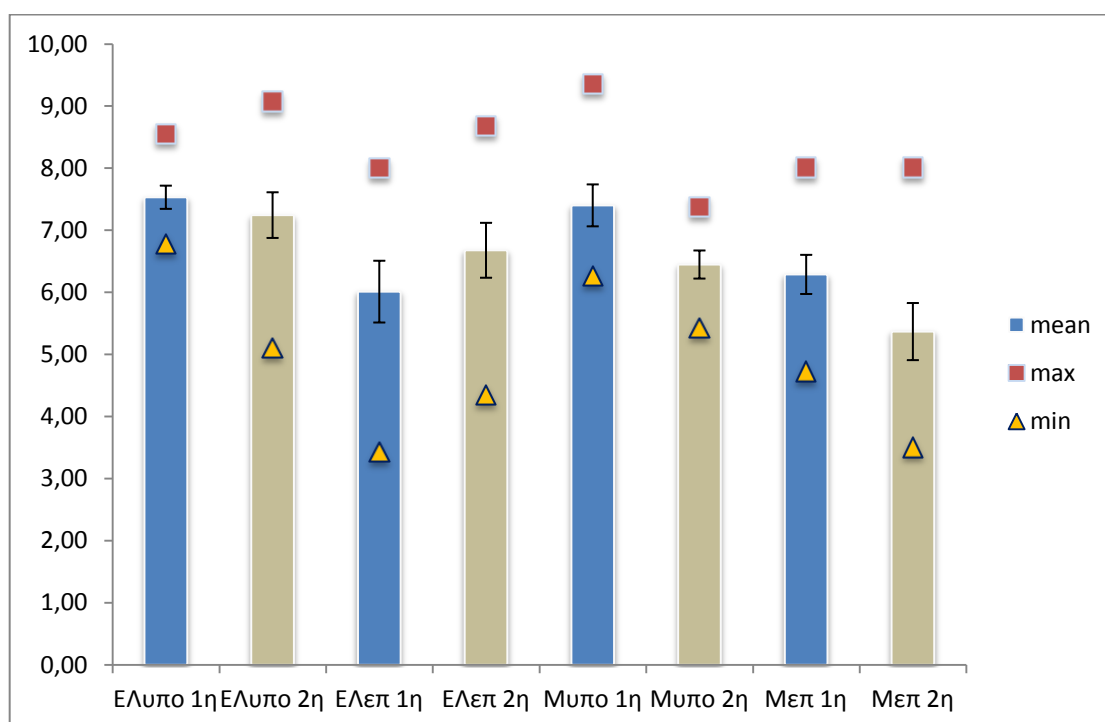
Στον πίνακα 40 παρουσιάζονται τα στατιστικά δεδομένα των τιμών του βαρίου (Ba) για το τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και το μάρτυρα, στην επιφάνεια και το βάθος στους δύο διαφορετικούς χρόνους δειγματοληψίας.

Πίνακας 40: Στατιστικά δεδομένα των τιμών του Ba σε mg kg⁻¹ για το τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και το μάρτυρα στην επιφάνεια και το βάθος στις δύο δειγματοληψίες (n=10).

	ΕΛ. υπο		ΕΛ επιφ.		Μάρτυρας υπο		Μάρτυρας επιφ.	
	1 ^H	2 ^H	1 ^H	2 ^H	1 ^H	2 ^H	1 ^H	2 ^H
	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία	Δειγμ/ψία
mean	7,533	7,245	6,012	6,678	7,402	6,449	6,290	5,369
Std.Dev	0,591	1,163	1,573	1,398	1,068	0,715	0,997	1,455
SEm	0,187	0,368	0,497	0,442	0,338	0,226	0,315	0,460
min	6,786	5,110	3,426	4,348	6,270	5,430	4,728	3,506
max	8,554	9,072	8,002	8,684	9,365	7,376	8,014	8,014

Οι τιμές του Ba στο τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού, στην πρώτη δειγματοληψία κυμαίνονται από 3.43 mg kg⁻¹ έως 8.00 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 6.01 mg kg⁻¹ στο επιφανειακό στρώμα και από 6.79 mg kg⁻¹ έως 8.55 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 7.53 mg kg⁻¹ στο υποεπιφανειακό στρώμα. Αντίστοιχα στη δεύτερη δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 4.35 mg kg⁻¹ έως 8.68 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 6.68 mg kg⁻¹ στην επιφάνεια και από 5.11 mg kg⁻¹ έως 9.07 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 7.25 mg kg⁻¹ στο βάθος. Οι τιμές του Ba για το μάρτυρα, στην πρώτη δειγματοληψία κυμαίνονται από 4.73 mg kg⁻¹ έως 8.01 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 6.29 mg kg⁻¹ επιφανειακά και από 6.27 mg kg⁻¹ έως 9.37 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 7.40 mg kg⁻¹ υποεπιφανειακά. Αντίστοιχα στη δεύτερη δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονται από 3.51 mg kg⁻¹ έως 8.01 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 5.37 mg kg⁻¹ στο επιφανειακό στρώμα και από 5.43 mg kg⁻¹ έως 7.38 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 6.45 mg kg⁻¹ στο υποεπιφανειακό στρώμα.

Με βάση το Σχήμα 26 και τις τιμές του βαρίου που προαναφέρθηκαν (Πίνακας 40) παρατηρείται μείωση του μετάλλου κατά τη διάρκεια της δεύτερης δειγματοληψίας σε όλες τις περιπτώσεις έκτος από την επιφάνεια του τεμαχίου με τη στρώση του ελαστικού. Επίσης οι τιμές του βαρίου φαίνεται να είναι υψηλότερες στο υποεπιφανειακό στρώμα ανεξαρτήτως επέμβασης (μάρτυρας – ελαστικό) και χρόνου δειγματοληψίας. Σε όλες όμως τις περιπτώσεις οι τιμές βρίσκονται εντός του φυσιολογικού εύρους των 0-185 mg kg⁻¹ (Gamble, 1964), και κατά συνέπεια και κάτω του ορίου φυτοτοξικότητας των 450 mg kg⁻¹ (Chaudry et al., 1977).



Σχήμα 26: Μέσοι όροι των τιμών του Βα σε mg kg⁻¹ στα εδάφη ανάλογα με τη μεταχείριση, το βάθος και το χρόνο δειγματοληψίας. Οι μπάρες εκφράζουν το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου (n=10).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας στατιστικά σημαντική φαίνεται να είναι μόνο η διαφορά των τιμών του βαρίου, στο υποεπιφανειακό στρώμα του μάρτυρα, μεταξύ πρώτης και δεύτερης δειγματοληψίας (p < 0.05).

Σύμφωνα με τους Krause and Stover (1982) το βάριο είναι ένα στοιχείο που ανήκει στις αλκαλικές γαίες, έχει τις ίδιες φυσικές και χημικές ιδιότητες με το ασβέστιο και το μαγνήσιο και στη φύση απαντάται ως δυσθενές κατιόν, το οποίο εύκολα

κατακρημνίζεται από τα θειικά και ανθρακικά ιόντα του εδάφους σχηματίζοντας ισχυρά αδιάλυτα άλατα.

Οι *Choudhury and Carey (2001)* αναφέρουν ότι η συγκράτηση του βαρίου στα εδάφη ελέγχεται πρωτίστως από ηλεκτροστατικές δυνάμεις, από την ειδική προσρόφηση του στοιχείου πάνω στα οξείδια των μετάλλων, από την εδαφική κατακρήμνιση και δευτερευόντως από την οργανική ουσία του εδάφους. Ακόμη, οι *Liu et al. (2002)* μελετώντας την προσρόφηση των ιχνοστοιχείων σε εδάφη Alfisols, παρατήρησαν επίσης ότι η αύξηση της συγκέντρωσης του Ba συσχετιζόταν με τα οξείδια του σιδήρου και του μαγγανίου και πιθανολόγησαν ότι η παρουσία των μετάλλων, συμπεριλαμβανομένου και του Ba, θα μπορούσε να συσχετισθεί με τις αντιδράσεις προσρόφησης που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια σχηματισμού των συγκριμάτων.

Επομένως, το βάριο δεν αναμένεται να είναι ιδιαίτερα κινητικό στο έδαφος (όπως δείχνουν και τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης) και λόγω της μη υδατοδιαλυτής μορφής των αλάτων, αλλά και λόγω της ανικανότητας του να σχηματίσει υδατοδιαλυτά σύμπλοκα με τα χουμικά και φουλβικά οξέα (*USEPA, 1984*). Κατά συνέπεια, μόνο ένα μικρό μέρος του εδαφικού βαρίου διαλύεται στο νερό και απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα και το περιβάλλον (*Weast, 1984*). Όλα αυτά έχουν ως αποτέλεσμα μόνο ένα πολύ μικρό μέρος του βαρίου να απαντάται σε ανταλλάξιμη μορφή στο έδαφος ($0-185 \text{ mg kg}^{-1}$), παρά τις πολύ υψηλές ολικές συγκεντρώσεις του ($50-3000 \text{ mg kg}^{-1}$) (*Crum and Franzmeier, 1980; Gamble, 1964; Schroeder et al., 1972*).

Πίνακας 41: Στατιστική επεξεργασία των τιμών του Ba (mg kg⁻¹) σε σχέση με την επέμβαση (Μ – μάρτυρας, Ε – ελαστικό), το βάθος (Επιφανειακά – Υποεπιφανειακά) και το χρόνο (1^η - 2^η δειγματοληψία) (n=10).

ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία		ns	ΒΑΘΟΣ	Μ	1η Δειγμ/ψία		ns	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.		ns			
		Μ	ΕΛ				Επιφ.	Υποεπιφ.				1η Δειγμ/ψία	2η Δειγμ/ψία		ns		
ΕΠΕΜΒΑΣΗ	ΕΠΙΦ.	Μ	6,29	ns	ΒΑΘΟΣ	Μ	Επιφ.	6,29	ns	ΧΡΟΝΟΣ	Μ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	6,29	ns		
		ΕΛ	6,01				Υποεπιφ.	7,40					2η Δειγμ/ψία	5,37			
	ΥΠΟΕΠΙΦ.	2η Δειγμ/ψία	Μ	5,37		ns	ΕΛ	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.		5,37	ns	ΕΛ	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	7,40	*
			ΕΛ	6,68					Υποεπιφ.		6,45				2η Δειγμ/ψία	6,45	
	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	Μ	7,40		ns	ΕΛ	1η Δειγμ/ψία	Επιφ.		6,01	ns	ΕΛ	ΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	6,01	ns
			ΕΛ	7,53					Υποεπιφ.		7,53				2η Δειγμ/ψία	6,68	
ΥΠΟΕΠΙΦ.	2η Δειγμ/ψία	Μ	6,45	ns	ΕΛ	2η Δειγμ/ψία	Επιφ.	6,68	ns	ΕΛ	ΥΠΟΕΠΙΦ.	1η Δειγμ/ψία	7,53	ns			
		ΕΛ	7,25				Υποεπιφ.	7,25				2η Δειγμ/ψία	7,25				

Όπου *, **, *** οι στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε επίπεδα σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα

και ns: η μη στατιστικά σημαντική διαφορά.

5.2 ΕΛΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

Οι κυριότερες εδαφικές διεργασίες από τις οποίες εξαρτάται η «τύχη» των βαρέων μετάλλων στο έδαφος σε γενικές γραμμές είναι:

- ✧ Διάλυση (Dissolution)
- ✧ Προσρόφηση (Sorption)
- ✧ Συμπλοκοποίηση (Complexation)
- ✧ Μετακίνηση (Migration)
- ✧ Καθίζιση (Precipitation)
- ✧ Εγκλεισμός (Occlusion)
- ✧ Διάχυση (στα ορυκτά)
- ✧ Δέσμευση από οργανικά συστατικά
- ✧ Απορρόφηση και προσρόφηση από μικροοργανισμούς (Microbiota)
- ✧ Εξάτμιση (Volatilization)

Όλες αυτές οι διαδικασίες εξαρτώνται από διάφορους εδαφικούς παράγοντες, από τους οποίους το εδαφικό pH και οι οξειδοαναγωγικές συνθήκες θεωρούνται ως οι σημαντικότεροι. Επίσης άλλοι εδαφικοί παράγοντες, όπως η I.A.K, τα ανθρακικά αλατα, τα ένυδρα οξείδια Fe και Mn και τα ορυκτά της αργίλου, είναι γνωστό ότι διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη συμπεριφορά των ιχνοστοιχείων (*Kabata-Pendias, 2001*).

Ιχνοστοιχεία διαφορετικής προέλευσης μπορούν να βρεθούν στο έδαφος. Σύμφωνα με την *Kabata Pendias (2001)* αυτά μπορούν να ταξινομηθούν:

- i. Σε αυτά που άμεσα κληρονομήθηκαν από το μητρικό υλικό.
- ii. Σε αυτά που υπέστησαν τις διαδικασίες πεδογένεσης και είναι κατανεμημένα στα διάφορα εδαφικά επίπεδα και τμήματα.
- iii. Σε αυτά που άμεσα ή έμμεσα προήλθαν από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Πολλοί παράγοντες όπως το πλούσιο σε μέταλλα μητρικό υλικό, οι δραστηριότητες της βαριάς βιομηχανίας, μη σημειακές πηγές μετάλλων και ειδικά οι εκπομπές των αυτοκινήτων και οι χρήσεις υλικών πλούσιων σε βαρέα μέταλλα όπως τα χημικά

λιπάσματα (και ιδίως τα φωσφορικά), τα παρασιτοκτόνα (*Tu et al., 2000; Selene et al., 2003; Nouri et al., 2008*), οι κοπριές (*Martin et al., 2006*), η ιλύς των αστικών αποβλήτων, η άρδευση με νερό βιολογικού καθαρισμού μπορούν να συνεισφέρουν στη συσσώρευση πολύ μεγάλων συγκεντρώσεων μετάλλων στο έδαφος, σε σημείο που να αποτελούν ρυπαντές του εδάφους και να είναι τοξικά για τις καλλιέργειες (*Webber, 1981; Freedman and Hutchinson, 1981*).

Πλήθος ερευνητών (*Khan et al., 2000; Lengrand et al. 2005*) αναφέρουν ότι το pH, η EC, η μηχανική σύσταση, η περιεκτικότητα της οργανικής ουσίας, ο τύπος καλλιέργειας και οι ολικές συγκεντρώσεις των μετάλλων ασκούν μια κρίσιμη επίδραση στην πρόσληψη και διαθεσιμότητα των μετάλλων στα φυτά. Ωστόσο, η απορρόφηση των βαρέων μετάλλων από τα φυτά μπορεί να ενισχυθεί και μέσω αλλαγών στο περιβάλλον της ριζόσφαιρας (π.χ. έκκριση οργανικών οξέων και ενώσεων (οργανικές ενώσεις με μεγάλη εκλεκτικότητα στη προσρόφηση διαθέσιμου Fe)) (*Kabata-Pendias, 2001*).

Σύμφωνα με τους *Zhang et al. (2001)*, η οργανική ουσία ασκεί μια σημαντική και άμεση επίδραση στη διαθεσιμότητα κάποιων μετάλλων (Zn και Fe), αλλά μια μικρή μόνο επίδραση στη διαθεσιμότητα κάποιων άλλων (Cu). Άλλοι πάλι ερευνητές αναφέρουν πως η οργανική ουσία εκτός του ότι επηρεάζει θετικά τη διαθεσιμότητα των μικροθρεπτικών στο έδαφος (*Fageria et al., 2002; Wei et al., 2006*), επιπρόσθετα οδηγεί σε μεγαλύτερο αποικισμό των ριζών από μύκητες με αποτέλεσμα και τη μεγαλύτερη συγκέντρωση των θρεπτικών στους φυτικούς ιστούς (*Marshner and Dell, 1994; Ryan et al., 2004*).

Επίσης, η αλληλεπίδραση των άλλων μακροθρεπτικών και μικροθρεπτικών επηρεάζει την προσρόφηση των ιχνοστοιχείων από τις καλλιέργειες (*Aulakh and Mahli, 2005*). Σύμφωνα με τον *Cheng (1995; 1997)*, όταν το έδαφος περιέχει μια υψηλή συγκέντρωση διαθέσιμου P, οι συγκεντρώσεις των Cu, Zn και Fe στις καλλιέργειες μειώνονται σημαντικά. Επίσης, έλλειψη του διαθέσιμου K^+ αυξάνει τις συγκεντρώσεις των μικροθρεπτικών στην καλλιέργεια, δηλαδή η προσρόφηση των μικροθρεπτικών από τα φυτά δρα ανταγωνιστικά με το K.

Όπως ήδη αναφέρθηκε, οι αλλαγές του pH του εδάφους επηρεάζουν σημαντικά τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών. Έτσι, σε αλκαλικό περιβάλλον μείωση του pH οδηγεί σε αύξηση της διαθεσιμότητας των στοιχείων όπως ο P, Fe, Cu και ο Zn, αλλά

εξαιρετικά χαμηλή τιμή pH μπορεί να έχει άμεσες επιβλαβείς επιπτώσεις στην ανάπτυξη των φυτών. Ενώ σε συνθήκες ουδέτερου ή ελαφρώς αλκαλικού pH η βιοδιαθεσιμότητα κάποιων μετάλλων μειώνεται (*Mathur et al., 1991; Dermatas and Meng, 2003*), με αποτέλεσμα τη μείωση της πιθανότητας μεταφοράς αυτών από τις ρίζες στους ιστούς των φυτών (*Bolan et al., 2003*).

Σύμφωνα με τον *Andriano (1986)*, η περιεκτικότητα της αργίλου είναι ένας ακόμη παράγοντας που επηρεάζει τη διαθεσιμότητα των ιχνοστοιχείων στο έδαφος, καθώς έχει την ικανότητα δέσμευσης αυτών.

Τέλος, και όπως ήδη έχει αναφερθεί για το χαλκό, η περιεχόμενη εδαφική υγρασία ασκεί κυρίαρχο ρόλο στη διαθεσιμότητα των μετάλλων. Σύμφωνα με τους *Misra and Tyler (1999)* οι οποίοι μελέτησαν την επίδραση της εδαφικής υγρασίας στη χημική σύνθεση του εδαφικού δ/τος και στις συγκεντρώσεις των ανόργανων στοιχείων σε ασβεστούχα εδάφη, οι συγκεντρώσεις των HCO_3^- και του P, καθώς και η τιμή του pH στο εδαφικό δ/μα αυξάνονται με αύξηση της εδαφικής υγρασίας. Αντίθετα, οι συγκεντρώσεις των Ca, Mg και Zn μειώνονται με αύξηση της εδαφικής υγρασίας. Η συγκέντρωση του K πάλι, βρέθηκε να είναι μέγιστη όταν η ικανότητα συγκράτησης υγρασία του εδάφους (Water Holding Capacity, WHC) ήταν 50-70%. Θα πρέπει να σημειωθεί επίσης, πως οι συγκεντρώσεις των μικροθρεπτικών στη βιομάζα βρέθηκε να επηρεάζονται ακόμη περισσότερο από την εδαφική υγρασία.

5.3 ΦΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

Στους Πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα στατιστικά δεδομένα των τιμών του Cu, Pb, Fe, Zn και Ba για το τεμάχιο με τη στρώση του ελαστικού και το μάρτυρα ξεχωριστά.

Πίνακας 42: Στατιστικά δεδομένα των τιμών του Cu σε mg kg^{-1} για τα φυτά του τεμαχίου με τη στρώση του ελαστικού και το μάρτυρα.

Cu		
	Ελαστικό	Μάρτυρας
mean	4,52	5,23
Std.Dev	0,06	0,31
SEm	0,02	0,10
min	4,47	5,02
max	4,59	5,59

Ο Cu είναι ένα απαραίτητο για τα φυτά στοιχείο καθώς αποτελεί συστατικό βασικών ενζύμων και παίζει σημαντικό ρόλο σε πολυάριθμες φυσιολογικές λειτουργίες αυτών (φωτοσύνθεση, αναπνοή, υδατική ικανότητα κλπ). Σύμφωνα με τους *Kabata Pendias and Mukherjee (2007)* τα φυσιολογικά επίπεδα του μετάλλου για την καλλιέργεια των σιτηρών κυμαίνονται μεταξύ $1.3 - 10 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή 4.7 mg kg^{-1} . Επομένως, όπως φαίνεται και στον πίνακα 5.4.1 οι τιμές της παρούσας μελέτης για το Cu βρίσκονται στα επιθυμητά επίπεδα.

Πίνακας 43: Στατιστικά δεδομένα των τιμών του Pb σε mg kg^{-1} για τα φυτά του τεμαχίου με τη στρώση του ελαστικού και το μάρτυρα.

Pb		
	Ελαστικό	Μάρτυρας
mean	0,80	0,63
Std.Dev	0,05	0,08
SEm	0,02	0,02
min	0,75	0,55
max	0,85	0,70

Ο Pb στα φυτά ‘κληρονομείται’ από την εδαφική και ατμοσφαιρική ρύπανση, ενώ οι διαφορετικές συγκεντρώσεις του στα φυτά επηρεάζονται σημαντικά από περιβαλλοντικούς παράγοντες. Οι τιμές του μετάλλου για το σιτάρι στη παρούσα εργασία βρίσκονται σε συμφωνία με τους *M. A. Al-Gahri et al. (2008)*, οι οποίοι αναφέρουν πως η μέση συγκέντρωση του μολύβδου στο σιτάρι είναι 0.80 mg kg^{-1} , και κοντά στο εύρος τιμών $0.2 - 0.6 \text{ mg kg}^{-1}$ που δίνουν άλλα βιβλιογραφικά δεδομένα.

Πίνακας 44: Στατιστικά δεδομένα των τιμών του Fe σε mg kg^{-1} για τα φυτά του τεμαχίου με τη στρώση του ελαστικού και το μάρτυρα.

Fe		
	Ελαστικό	Μάρτυρας
mean	28,67	28,37
Std.Dev	6,99	3,96
SEm	2,21	1,25
min	20,70	23,80
max	33,80	30,70

Ο Fe είναι ένα σημαντικό για τα φυτά στοιχείο καθώς παίζει καθοριστικό ρόλο στη μεταφορά ενέργειας που απαιτείται για τη σύνθεση και άλλες ζωτικές λειτουργίες των κυττάρων. Η περιεκτικότητα του στα διάφορα φυτά διαφέρει σημαντικά και κυμαίνεται μεταξύ $31 - 98 \text{ mg kg}^{-1}$. Ενώ συγκεκριμένα στο σιτάρι οι τιμές του βρίσκονται στο εύρος $17 - 50 \text{ mg kg}^{-1}$ με μέση τιμή 31 mg kg^{-1} . Επομένως ο σίδηρος βρίσκεται στα επιτρεπτά για την καλλιέργεια επίπεδα.

Πίνακας 45: Στατιστικά δεδομένα των τιμών του Zn σε mg kg^{-1} για τα φυτά του τεμαχίου με τη στρώση του ελαστικού και το μάρτυρα.

Zn		
	Ελαστικό	Μάρτυρας
mean	20,87	20,50
Std.Dev	0,49	2,32
SEm	0,15	0,74
min	20,31	18,50
max	21,22	23,05

Ο Ζn στα φυτά είναι απαραίτητος καθώς αποτελεί ενεργό συστατικό ενζύμων και παίζει βασικό ρόλο στο μεταβολισμό των υδρογονανθράκων και πρωτεϊνών ενώ επηρεάζει και την περατότητα των μεμβρανών. Η συγκέντρωση του στα φυτά κυμαίνεται από 18 έως 33 mg kg⁻¹ με τη μικρότερη περιεκτικότητα στο ρύζι και τη μεγαλύτερη στη βρώμη. Όσον αφορά το σιτάρι κυμαίνεται από 23 έως 37 mg kg⁻¹ με μέση τιμή 24 mg kg⁻¹. Άρα σύμφωνα με τα αποτελέσματα η συγκέντρωση του είναι φυσιολογική. Ενώ οι *Cakmak et al. (1996)*, αναφέρουν πως οι κυριότεροι παράγοντες που σχετίζονται με την έλλειψη Ζn στους ιστούς των φυτών είναι το pH και το CaCO₃.

Πίνακας 46: Στατιστικά δεδομένα των τιμών του Ba σε mg kg⁻¹ για τα φυτά του τεμαχίου με τη στρώση του ελαστικού και το μάρτυρα.

Ba		
	Ελαστικό	Μάρτυρας
mean	13,56	11,52
Std.Dev	1,20	0,52
SEm	0,38	0,16
min	12,33	11,22
max	14,73	12,12

Αν και η παρουσία του Ba στα φυτά είναι συνήθης, δεν αποτελεί βασικό συστατικό του φυτικού ιστού. Στα περισσότερα φυτά η περιεκτικότητα του κυμαίνεται από 2 έως 13 mg kg⁻¹ (*Kabata Pendias and Mukherjee, 2007*), όπως επιβεβαιώνεται και από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης.

Όσον αφορά την ανόργανη σύσταση του σιταριού, οι *Garvin et al. (2006)* αναφέρουν πως οι γενετικές παραλλαγές των καλλιεργούμενων σιταριών έχει παρατηρηθεί ότι είναι υπεύθυνες για σημαντικές διαφορές στην ανόργανη περιεκτικότητα και την απόδοση του σιταριού. Επίσης, άλλες ομάδες ερευνητών (*L-Baekstrom et al., 2006; Murphy et al., 2007*) επισημαίνουν πως τα συστήματα συγκομιδής έχουν μια επίπτωση στην ανόργανη συγκέντρωση του σιταριού και την απόδοση μεταξύ των καλλιεργειών σιταριού.

Τέλος, οι *Welch and Graham (2002)*, αναφέρουν πως δεν υπάρχει αρνητική σύνδεση/συσχέτιση μεταξύ απόδοσης της καλλιέργειας του σιταριού και της συγκέντρωσης του Fe και Ζn στο σπόρο.

5.4 ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΕΛΑΦΟΥΣ

Ο ρόλος της εδαφικής υγρασίας στην ανάπτυξη και απόδοση των σιτηρών είναι καθοριστικός. Για αυτό και απαιτείται η μέτρησής της και η σχέση της με την απόδοση των καλλιεργειών. Η μέγιστη παραγωγή βιομάζας δεν μπορεί να επιτευχθεί από τη στιγμή που εμφανίζονται περίοδοι έλλειψης νερού κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Η ένταση της καταπόνησης, η διάρκεια της ξηρής περιόδου, ο χρόνος που εμφανίζεται το έλλειμμα νερού ως προς τα στάδια ανάπτυξης και ο βαθμός στον οποίο μπορεί η καλλιέργεια να επανέλθει μετά την έλλειψη νερού επηρεάζουν την παραγωγή.

Η εδαφική υγρασία στις καλλιέργειες προέρχεται από τις βροχοπτώσεις, την άρδευση και την τριχοειδή ανύψωση από τους υπόγειους υδροφορείς. Σύμφωνα με την υδρογεωλογία της περιοχής μελέτης επειδή οι υπόγειοι υδροφορείς είναι σε μεγάλο βάθος πολλών δεκάδων μέτρων, στο πειραματικό χωράφι είναι εξαιρετικά δύσκολο να συμβεί τριχοειδής ανύψωση του νερού. Επομένως η εδαφική υγρασία στον αγρό έρευνας του σιταριού προήλθε μόνο από τις βροχοπτώσεις.

Από τα κλιματικά δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού Τανάγρας του ΕΑΑ το ύψος βροχής που δέχτηκε το έδαφος κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας σιταριού ήταν 272,2 mm, το οποίο ήταν άνισο κατανεμημένο στο χρόνο και χαρακτηρίζεται πολύ χαμηλό για μεσογειακές περιοχές. Από τα 272,2 mm, το 62% (168,8 mm) ήταν στην αρχή της καλλιέργειας για βλάστηση, εμφάνιση φυταρίων και δημιουργία φύλλων (μικρές οι απαιτήσεις την περίοδο αυτή), το χαμηλό ύψος βροχής κατά τη διάρκεια του αδελφώματος και της ανάπτυξης του βλαστού, η απουσία βροχοπτώσεων κατά το ξεστάχασμα και την άνθηση (όπου τα φυτά έχουν τις μεγαλύτερες ανάγκες σε νερό), το 25% που έπεσε κατά την ανάπτυξη και το γέμισμα των καρπών και τέλος οι βροχοπτώσεις κατά την ωρίμανση των καρπών που καθυστέρησαν τη συγκομιδή. Ενώ πριν από τη σπορά του σιταριού και μετά την ολοκλήρωση των χωματουργικών εργασιών στο χωράφι, τον Ιούλιο του 2009, οι βροχοπτώσεις ήταν σημαντικές (224,2 mm) (Πίνακας 47).

Πίνακας 47: Ύψη νερού που δέχτηκε το πειραματικό χωράφι από τις βροχοπτώσεις πριν και κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας σιταριού.

Ημερομηνία	Άρδευση (mm)	Βροχόπτωση (mm)
<i>Πριν την καλλιέργεια σιταριού</i>		
Ιούλιος 2009	-	2,6
Αύγουστος 2009	-	0
Σεπτέμβριος 2009	-	129,6
Οκτώβριος 2009	-	25,2
Νοέμβριος 2009	-	66,8
Σύνολο	-	224,2
<i>Κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας</i>		
Δεκέμβριος 2009 (1-12 έως 20-12)*	-	90,6
Ιανουάριος 2010 (14-1 έως 28-1)	-	51,2
Φεβρουάριος 2010 (2-2 έως 15-2)	-	27
Μάρτιος 2010 (7-3 έως 14-3)	-	35,6
Απρίλιος 2010	-	1,4
Μάιος 2010 (15-5 έως 24-5)	-	51
Ιούνιος 2010 (1-6 έως 6-6)	-	15,4
Σύνολο	-	272,2
<i>Ανά στάδιο της καλλιέργειας</i>		
Βλάστηση, εμφάνιση φυταρίων και δημιουργία φύλλων	-	168,8
Αδέλφωμα	-	37,8
Ανάπτυξη βλαστού και στάχυ	-	36,6
Ξεστάχασμα	-	1
Άνθηση	-	0,4
Ανάπτυξη και γέμισμα καρπών	-	66,4
Ωρίμανση καρπών	-	15,4

* Σε παρένθεση το χρονικό διάστημα εντός του μηνός στο οποίο πραγματοποιήθηκαν οι βροχοπτώσεις

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, για τη μέτρηση της εδαφικής υγρασίας επιλέχθηκαν τρία βάθη 30, 60 και 105-110cm (το τελευταίο αφορά την υγρασία κάτω από τη στρώση των τεμαχισμένων ελαστικών) (Πίνακας 48). Με την εγκατάσταση αυτοματοποιημένου δικτύου 4 σταθμών (2 στο πειραματικό, 1 στο μάρτυρα και 1 εκτός περιοχής έρευνας, χάρτης 4.4) καταγράφηκε η εδαφική υγρασία ανά μία ώρα σε όλη τη διάρκεια της καλλιέργειας του σιταριού.

Σύμφωνα με τον κατασκευαστή των αισθητήρων μέτρησης της εδαφικής υγρασίας η ηλεκτρική αντίσταση μετατρέπεται σε 0-200 centibars της αναρρόφησης του εδαφικού

ύδατος. Το εύρος τιμών του 0-200 centibars συνδέεται από τον κατασκευαστή με την άρδευση των καλλιεργειών και το κατηγοριοποιεί ερμηνεύοντας την κάθε τιμή ως εξής:

- ✧ 0-10 centibars ή KPa. Κορεσμένο έδαφος σε υγρασία.
- ✧ 10-20 cbars ή KPa. Υδατοϊκανότητα. Το έδαφος είναι ακόμα επαρκώς υγρό σε όλους τους τύπους εκτός από χονδροειδείς άμμους όπου αρχίζει να μειώνεται. Αυτό το εύρος τιμών διατηρείται συνήθως στη στάγδην άρδευση.
- ✧ 30-60 cbars ή KPa. Συνηθισμένο εύρος τιμών για άρδευση στα περισσότερα εδάφη. Πότισμα στο χαμηλότερο όριο του εύρους σε ζεστά ξηρά κλίματα και με ελαφρά σύσταση εδάφη. Πότισμα στο ανώτερο όριο του εύρους στα δροσερά υγρά κλίματα και με τα εδάφη που έχουν την υψηλότερη υδατοϊκανότητα.
- ✧ 70-100 cbars ή KPa. Σε βαριά εδάφη αργίλου και καλλιέργειες που απαιτούν ένα μεγαλύτερο ξηρό κάτω μεταξύ αρδεύσεων, η άρδευση μπορεί να καθυστερήσει μέχρι αυτό το εύρος τιμών. Προσοχή στο εύρος 90-100.
- ✧ 100-200 cbars ή KPa. Ξηρή κατάσταση. Έδαφος που γίνεται επικίνδυνα ξηρό για τη μέγιστη απόδοση.

Επιπλέον, το πιο σημαντικό είναι ότι ο κατασκευαστής ορίζει για την έναρξη ποτίσματος στα 70-80 KPa για το σιτάρι, όπου η διαθέσιμη υγρασία έχει μειωθεί στο 50%. Στο εύρος τιμών 0-60 KPa θεωρείται ότι το έδαφος έχει επαρκή υγρασία για τα φυτά και δεν απαιτείται άρδευση.

Πίνακας 48: Οι μετρήσεις εδαφικής υγρασίας ανά κατηγορία, ποσοστό %, μέσος όρος και χρονική διάρκεια της υδατικής καταπόνησης των φυτών σιταριού στον πειραματικό αγρό και στο μάρτυρα.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕ ΕΛΑΣΤΙΚΑ					ΜΑΡΤΥΡΑΣ				
Βάθος 30 cm					Βάθος 30 cm				
KPa	ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	%	ΜΟ		KPa	ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	%	ΜΟ	
0-10	55	1,1	9,8		0-10	0	0		
11-20	1491	30,1	15,6	63,4%	11-20	863	17,4	18,1	61,4%
21-60	1590	32,2	30,5		21-60	2177	44	32,7	
61-80	169	3,4	71,4	Υδατική καταπόνηση από 15-4 έως 22-6-2010. Σύνολο: 68,5 ημέρες	61-80	101	2	69	Υδατική καταπόνηση από 8-4 έως 22-6-2010. Σύνολο: 75,3 ημέρες
81-100	194	3,9	93,2		81-100	126	2,6	90,5	
101-200	1449	29,3	161,6		101-200	1681	34	143,6	
ΣΥΝΟΛΟ	4948	100,0			ΣΥΝΟΛΟ	4948	100		
Βάθος 60 cm					Βάθος 60 cm				
KPa	ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	%	ΜΟ		KPa	ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	%	ΜΟ	
0-10	581	11,7	8,4		0-10	1	0	10	
11-20	2290	46,3	13,5	73,8%	11-20	1585	32	15,6	65,2%
21-60	782	15,8	36		21-60	1640	33,2	30,3	
61-80	143	2,9	69,9	Υδατική καταπόνηση από 5-5 έως 22-6-2010. Σύνολο: 48 ημέρες	61-80	284	5,8	72,3	Υδατική καταπόνηση από 24-4 έως 22-6-2010. Σύνολο: 59,9 ημέρες
81-100	152	3,1	92,4		81-100	457	9,2	89,7	
101-200	1000	20,2	141,5		101-200	981	19,8	126	
ΣΥΝΟΛΟ	4948	100,0			ΣΥΝΟΛΟ	4948	100		
Βάθος 105-110 cm (κάτω από τη στρώση των ελαστικών 10-15 cm)					Βάθος 105-110 cm				
KPa	ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	%	ΜΟ		KPa	ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	%	ΜΟ	
0-10	441	8,9	9,8		0-10	2327	47	8,8	
11-20	2720	55	12,7	77,1%	11-20	766	15,5	13,2	74,3%
21-60	656	13,2	34,2	Υδατική καταπόνηση από 10-5 έως 22-6-2010. Σύνολο 43,5 ημέρες	21-60	583	11,8	35,4	Υδατική καταπόνηση από 5-5 έως 22-6-2010. Σύνολο: 48,8 ημέρες
61-80	87	1,8	69,8		61-80	101	2	69,8	
81-100	158	3,2	92,6		81-100	162	3,3	91,8	
101-200	886	17,9	135,5		101-200	1009	20,4	119,8	
ΣΥΝΟΛΟ	4948	100,0		ΣΥΝΟΛΟ	4948	100			

Στο βάθος των 30 cm οι τιμές στο εύρος 0-60 KPa ήταν το 63,4% του συνόλου των μετρήσεων στον πειραματικό αγρό κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας του σιταριού. Αντίστοιχα στο μάρτυρα ήταν το 61,4% (Σχήμα 27). Στο εύρος 81-200 KPa στον πειραματικό αγρό οι τιμές ήταν το 33,2% του συνόλου των μετρήσεων, ενώ στο μάρτυρα ήταν το 36,6%. Η χρονική διάρκεια που καταγράφηκε η υδατική καταπόνηση στα φυτά του πειραματικού αγρού ήταν από 15-4 έως 22-6-2010 που πραγματοποιήθηκε η συγκομιδή (σύνολο ημερών 68,5). Στο μάρτυρα ήταν από 8-4 έως 22-6-2010 (σύνολο ημερών 75,3) (Σχήματα 30 & 31). Μία διαφορά περίπου 7 ημερών μεταξύ των αγρών, όπου μπορεί να χαρακτηριστεί σημαντική μόνο στις περιπτώσεις όπου τα φυτά βρίσκονται σε στάδιο υψηλών απαιτήσεων σε νερό.

Στο βάθος 60 cm οι τιμές στο εύρος 0-60 KPa (υγρή κατάσταση) ήταν το 73,8% στο σύνολο των μετρήσεων στον πειραματικό αγρό. Αντίστοιχα στο μάρτυρα ήταν το 65,2% (Σχήμα 28). Στο εύρος 81-200 KPa (ξηρή κατάσταση) στον πειραματικό αγρό οι τιμές ήταν το 23,3% του συνόλου των μετρήσεων, ενώ στο μάρτυρα ήταν το 29%. Η χρονική διάρκεια που καταγράφηκε η ξηρή κατάσταση του πειραματικού αγρού ήταν από 5-5 έως 22-6-2010 (σύνολο ημερών 48). Στο μάρτυρα ήταν από 24-4 έως 22-6-2010 (σύνολο ημερών 59,9) (Σχήματα 30 & 31). Μία διαφορά περίπου 12 ημερών, που χαρακτηρίζεται ως σημαντική μεταξύ των αγρών στις περιπτώσεις που το ριζικό σύστημα των φυτών αναπτύσσεται στο βάθος αυτό.

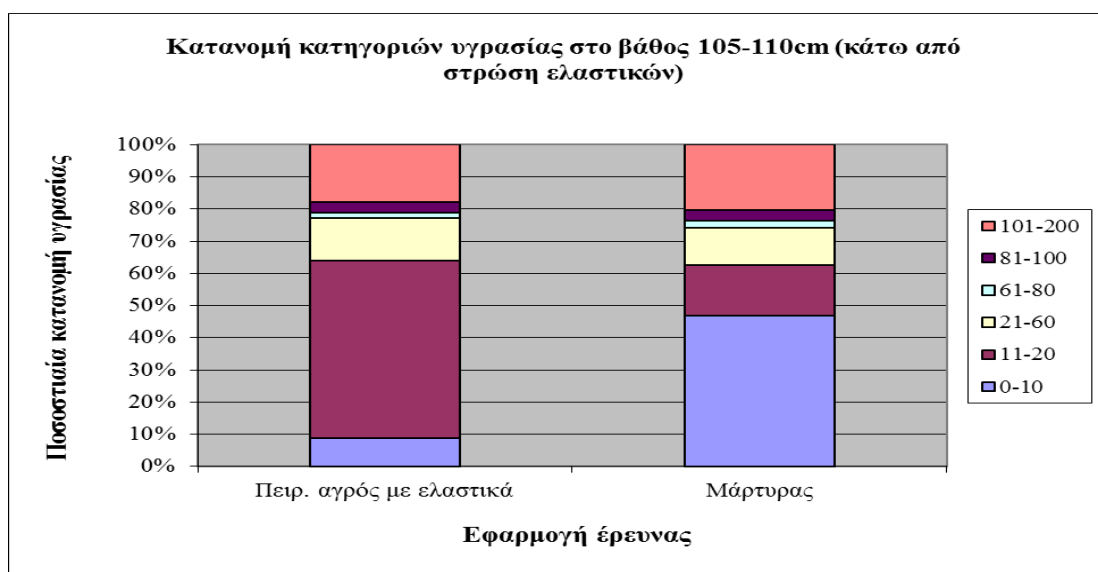
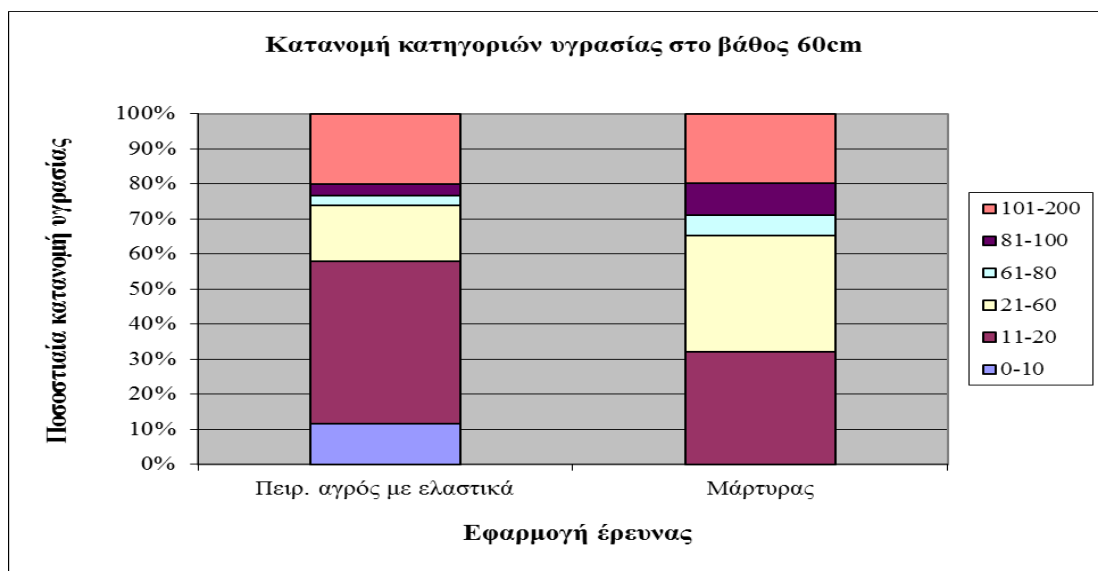
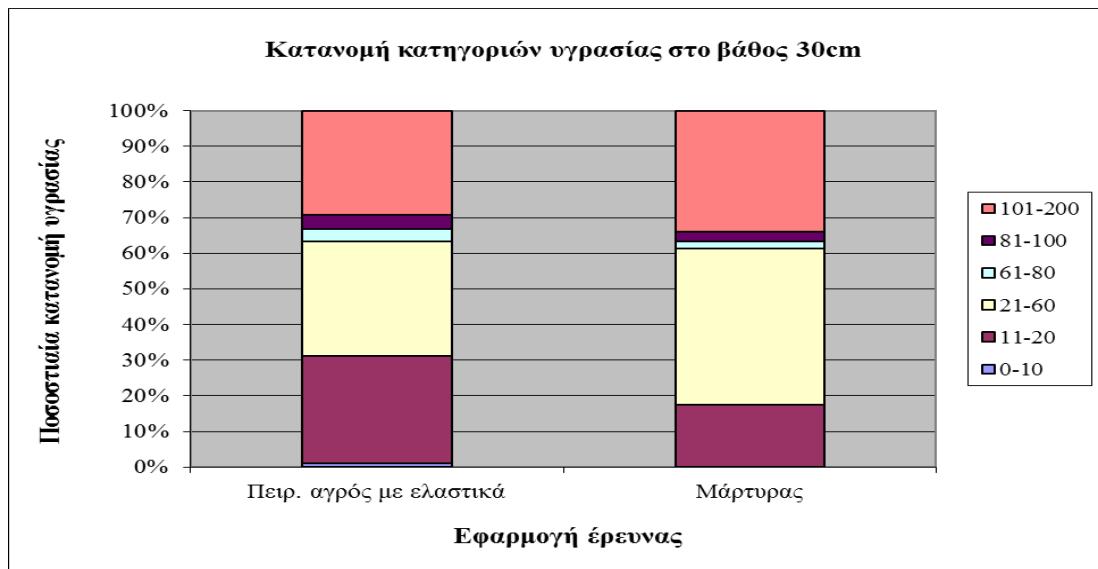
Στο βάθος 105-110 cm οι τιμές στο εύρος 0-60 KPa ήταν το 77,1% του συνόλου των μετρήσεων στον πειραματικό αγρό. Αντίστοιχα στο μάρτυρα ήταν το 74,35% (Σχήμα 29). Στο εύρος 81-200 KPa στον πειραματικό αγρό οι τιμές ήταν το 21,1% του συνόλου των μετρήσεων, ενώ στο μάρτυρα ήταν το 23,7%. Η χρονική διάρκεια που καταγράφηκε ξηρή κατάσταση στον πειραματικό αγρό 10-15 cm κάτω από τη στρώση των ελαστικών ήταν από 10-5 έως 22-6-2010 (σύνολο ημερών 43,5). Στο μάρτυρα ήταν από 5-5 έως 22-6-2010 (σύνολο ημερών 48,8) (Σχήματα 30 & 31). Μία διαφορά περίπου 5 ημερών, όπου δεν χαρακτηρίζεται ως πολύ σημαντική. Οι λόγοι της μικρής διαφοράς ημερών οφείλεται στους εξής λόγους:

- i. πιθανή συμπίεση των βαθύτερων στρωμάτων εδάφους από τις εκσκαφές στο μάρτυρα, να μην επέτρεψε την κανονική διήθηση του νερού προς τα κάτω, καθώς περίπου το μισό χρονικό διάστημα της καλλιέργειας του σιταριού καταγράφηκε το έδαφος κορεσμένο σε υγρασία (κάτι το οποίο δεν συνέβη σε τόσο μεγάλο ποσοστό σε άλλο σταθμό και βάθος),

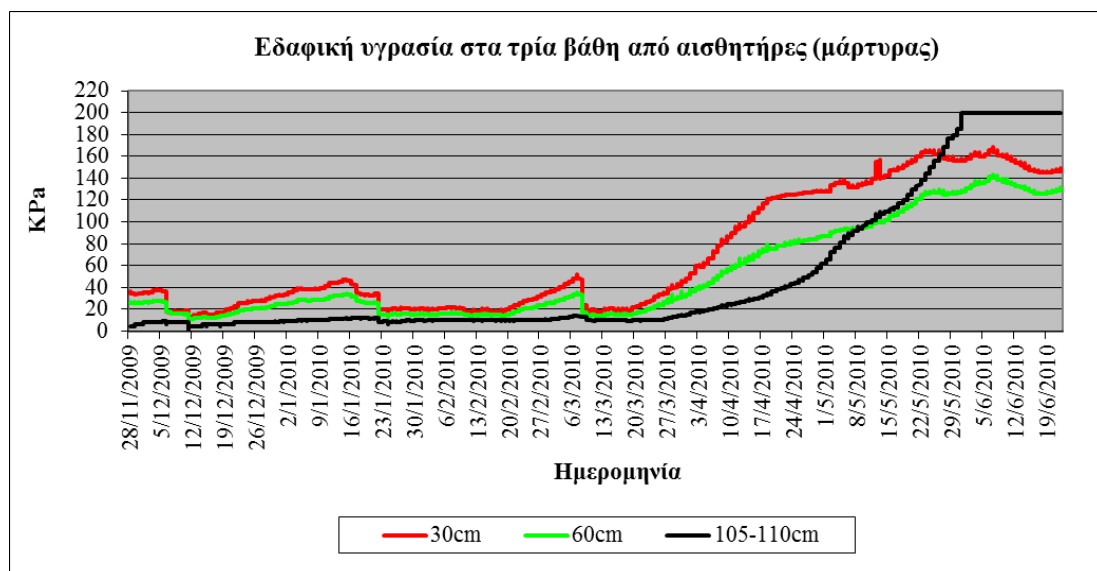
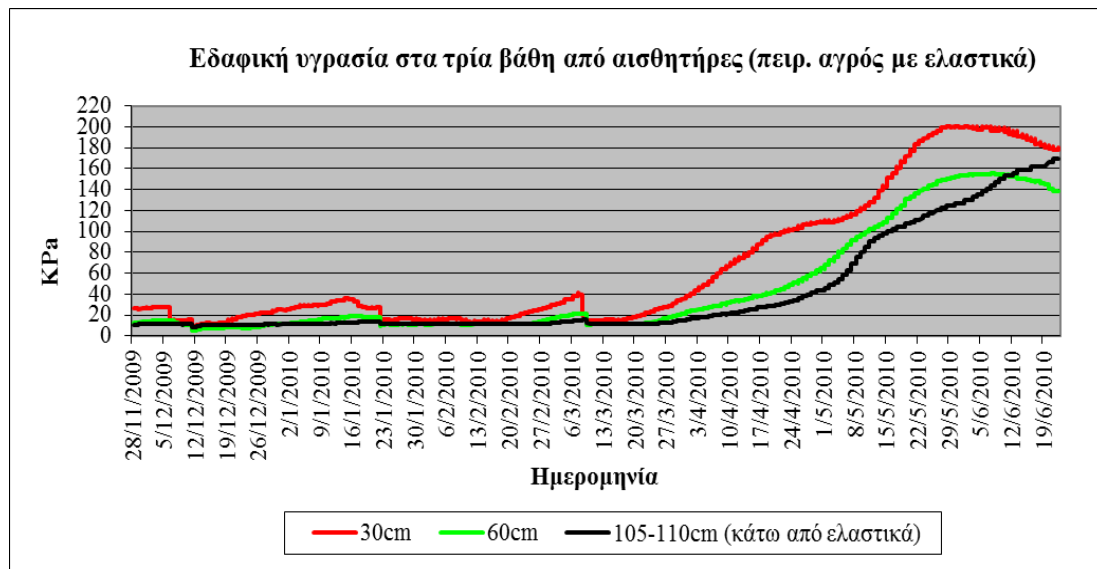
- ii. επίσης για τους προηγούμενους λόγους πιθανή ύπαρξη στο βάθος αυτό στρώσης αργίλου στο μάρτυρα, να εμπόδιζε την κανονική διήθηση του νερού,
- iii. στον πειραματικό αγρό η στρώση ελαστικών να λειτουργεί ως εμπόδιο για το τριχοειδές φαινόμενο και οι ποσότητες νερού που τη διαπερνούν να «εγκλωβίζονται» εκεί καθώς δεν υπάρχουν απώλειες προς τα πάνω ή κάτω.

Στο βάθος 60 cm παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη διαφορά (από όλα τα βάθη) μεταξύ του πειραματικού αγρού και του μάρτυρα, για την υγρή και ξηρή κατάσταση του εδάφους υπέρ του πειραματικού αγρού. Αυτό οφείλεται στη στρώση των ελαστικών όπου συκρατούν το νερό μέσα και πάνω από αυτή, όπου στη συνέχεια η υγρασία μετακινείται προς τα πάνω και προς τα κάτω και ένα μέρος πιθανό να προσλαμβάνεται από τα φυτά. Ως προς τον κορεσμό του εδάφους σε υγρασία (εύρος τιμών 0-10 KPa) το μεγαλύτερο ποσοστό των τιμών 47% μετρήθηκε στο βάθος 105-110 cm στο μάρτυρα για τους λόγους που αναφέρθηκαν πριν.

Θα πρέπει να σημειωθεί πως τα κρίσιμότερα στάδια του σιταριού που απαιτείται επάρκεια υγρασίας ώστε να μη μειώνεται η τελική απόδοση είναι η περίοδος της πρώτης ανάπτυξης του φυτού και η περίοδος που προηγείται 5-15 μέρες του ξεσταχύσματος. Αυτό συμβαίνει επειδή η έλλειψη υγρασίας κατά την πρώτη και δεύτερη περίοδο συμβάλλει σε σημαντική μείωση των κόκκων που παράγονται ανά στάχυ λόγω μειωμένου παραγόμενου αριθμού σταχυδίων. Επιπρόσθετα, η έλλειψη εδαφικής υγρασίας κατά τη δεύτερη περίοδο έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή γύρης μειωμένης γονιμότητας. Το πρόβλημα επιδεινώνεται επειδή κατά τη δεύτερη περίοδο η καλλιέργεια παρουσιάζει το μέγιστο των αναγκών της σε νερό λόγω της πλήρους ανάπτυξης του φυλλώματος (Σώκος, 2010).



Σχήματα 27, 28 & 29: Ποσοστιαία κατανομή κατηγοριών της εδαφικής υγρασίας ανά επέμβαση στα τρία βάθη που μετρήθηκε από τους αισθητήρες.



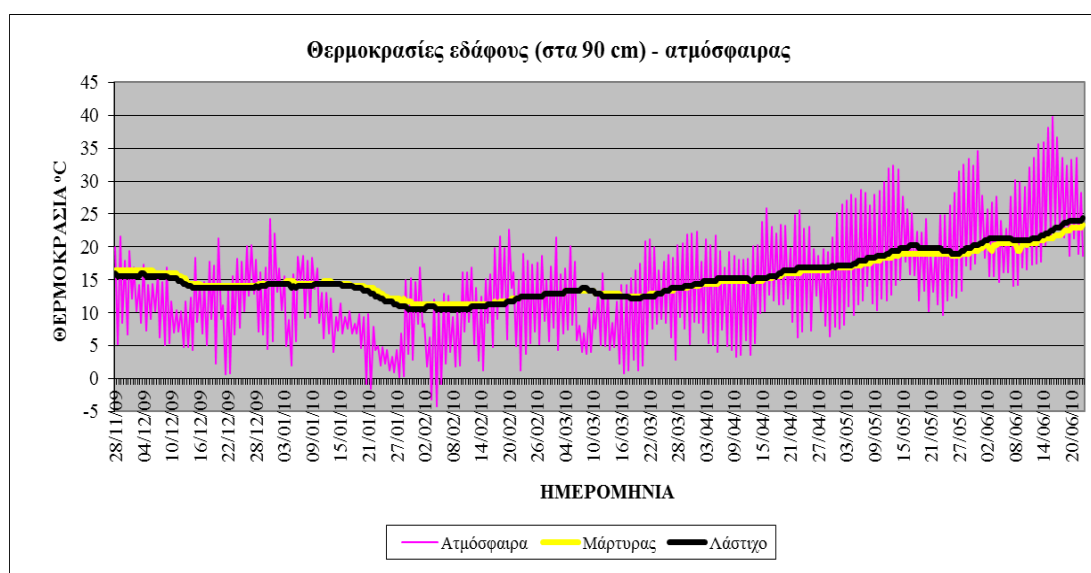
Σχήματα 30 & 31: Χρονική μεταβολή της εδαφικής υγρασίας στον πειραματικό αγρό και στο μάρτυρα για τα τρία βάθη κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας του σιταριού.

Η θερμοκρασία εδάφους μετρήθηκε με αισθητήρες της εταιρείας Spectrum ανά μία ώρα και σε βάθος 90 cm. Επιλέχτηκε το βάθος αυτό ώστε ο αισθητήρας στον αγρό με το λάστιχο να βρίσκεται μέσα στη στρώση των τεμαχισμένων ελαστικών. Από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε δύο σταθμούς (1 στο λάστιχο και 1 στο μάρτυρα) από 28-11-2009 έως και τη συγκομιδή 22-6-2010, τα αποτελέσματα δίνονται στον Πίνακα 50, καθώς και στο σχήμα 35 αποτυπώνεται η χρονική μεταβολή σε σύγκριση με τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας από το Μετεωρολογικό Σταθμό Τανάγρας του ΕΑΑ. Ως προς τη θερμοκρασία εδάφους που μετρήθηκε στα 90 cm και όχι στην επιφάνεια, από μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε αντίστοιχα εδάφη από την ομάδα έρευνας, η διαφορά μεταξύ 90 cm και 20-30 cm δεν είναι μεγαλύτερη του 1-1,5°C με την επιφάνεια να έχει

υψηλότερη. Οπότε οι θερμοκρασίες εδάφους στην επιφάνεια που βρίσκεται και το μεγαλύτερο ποσοστό του ριζικού συστήματος, είναι λίγο μεγαλύτερες προς όφελος της καλλιέργειας.

Πίνακας 49: Μετρήσεις εδαφικής θερμοκρασίας βάθους 90 cm στον πειραματικό αγρό και στο μάρτυρα του σιταριού σε εύρη τιμών με τα ποσοστά τους.

Εύρος τιμών (°C)	Θερμοκρασία ελαστικών στο βάθος 90cm			Θερμοκρασία μάρτυρα στο βάθος 90cm		
	Αριθμός μετρήσεων	%	ΜΟ (°C)	Αριθμός μετρήσεων	%	ΜΟ (°C)
10-12	660	13,3	10,9	560	11,3	11,4
12-14	1356	27,4	13,1	1088	21,9	12,9
14-16	1411	28,5	14,8	1474	29,7	14,5
16-18	422	8,5	17	829	16,7	16,6
18-20	494	10	19,3	548	11,1	19
20-22	428	8,6	21	341	6,9	20,7
22-24	186	3,7	23,3	117	2,4	22,6
ΣΥΝΟΛΟ	4957	100		4957	100	



Σχήμα 32: Χρονική μεταβολή των θερμοκρασιών εδάφους (βάθους 90 cm) και ατμόσφαιρας κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας του σιταριού.

Από τις μετρήσεις διαπιστώνεται ότι η θερμοκρασία εδάφους δεν αποτέλεσε περιοριστικό παράγοντα, καθώς δεν καταγράφηκε τιμή κάτω από 10°C κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας σιταριού. Επομένως διαπιστώνεται ότι τα φυτά του σιταριού επηρεάστηκαν από τις ελάχιστες θερμοκρασίες κατά την περίοδο της βλαστήσεως και του αδελφώματος καθώς από τη βιβλιογραφία αναφέρεται ως ελάχιστη θερμοκρασία βλαστήσεως η 3-4°C και η άριστη για το αδελφωμα η 14-18°C. Ακόμη κατά την ωρίμανση των κόκκων οι θερμοκρασίες 37-40°C επηρέασαν σε μικρό βαθμό το βάρος και την ποιότητά τους.

5.5 ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑ – ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

✧ Φυτρωτική ικανότητα

Η κανονικότητα φυτρώματος των σπόρων είναι από τους πιο σημαντικούς παράγοντες για την παραγωγικότητα και την απόδοση μιας καλλιέργειας. Στις 28-11-2009 το σιτάρι σπάρθηκε με το χέρι και στις δύο επιφάνειες (πειραματικός αγρός και μάρτυρας ταυτόχρονα). Η ποσότητα σποράς ήταν 22 kg/στρέμμα με την ποικιλία σκληρού σιταριού “Bronte”. Με αυτή την πυκνότητα σποράς σπάρθηκαν στην κάθε επιφάνεια 685 σπόροι/m². Η φυτρωτικότητα μετρήθηκε σε ένα μήνα από τη σπορά όταν τα φυτά είχαν 4-6 φύλλα και είχαν αρχίσει να αναπτύσσουν αδέρφια. Στην κάθε επιφάνεια μετρήθηκαν 15 m² και τα αποτελέσματα της φυτρωτικής ικανότητας δίνονται στον πίνακα 51.

Από τον πίνακα διαπιστώνεται ότι η φυτρωτική ικανότητα των σπόρων ήταν μικρή και στις δύο εκτάσεις. Ποσοστά φυτρωτικότητας 28% ανά m² για τον πειραματικό αγρό με τα ελαστικά και 27% ανά m² για το μάρτυρα είναι πολύ χαμηλά σε σύγκριση με τα βιβλιογραφικά δεδομένα για να επιτευχθεί μία μέση απόδοση σιταριού των τελευταίων δεκαετιών. Επακόλουθο του μικρού αριθμού φυτών σε συνδυασμό με τον αριθμό των αδελφιών ήταν να δώσουν μειωμένη παραγωγικότητα και απόδοση της καλλιέργειας στο σύνολο των εκτάσεων.

Πίνακας 50: Μέσοι όροι σπόρων και φυτών ανά m² που σπάρθηκαν, φύτρωσαν και συγκομίστηκαν στην καλλιέργεια σκληρού σιταριού βαμβακιού στις εκτάσεις της έρευνας.

	Αριθμός σπόρων που σπάρθηκαν ανά m ²	Αριθμός φυτών που φύτρωσαν ανά m ²	%	Αριθμός φυτών συγκομιδής ανά m ²	%	Τρόπος σποράς
Πειραματικός αγρός με ελαστικά (έκταση 1000 m ²)	685	189	28	108	16	Χειρωνακτικά 22 kg / στρέμμα
Μάρτυρας (έκταση 300 m ²)	685	182	27	105	15	
Βιβλιογραφία(για μέση απόδοση σιταριού)	700	500	71	250-300	36-43	Σπαρτική μηχανή κλασικού τύπου γραμμικής σποράς με ποσότητα σπόρου 20-25 kg/στρέμμα

Η διερεύνηση των αποτελεσμάτων ως προς τη φυτρωτική ικανότητα και τον αριθμό των φυτών συγκομιδής ανά m^2 μεταξύ των δύο εκτάσεων (πειραματικός αγρός και μάρτυρας) έδειξε ότι δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές. Από τη βιβλιογραφία ποσοστά φυτρωτικότητας <70% έχουν επίδραση στη μέση απόδοση της καλλιέργειας σιταριού.

✧ *Απόδοση*

Η απόδοση σε καρπό αποτελεί το πιο σημαντικό αγροκομικό χαρακτηριστικό των σιτηρών. Η απόδοση μπορεί να εκφραστεί και ως συνάρτηση των συστατικών απόδοσης που είναι ο αριθμός των στάχων ανά m^2 , ο αριθμός των καρπών ανά στάχυ και το μέσο βάρος του κόκκου. Η απόδοση και τα συστατικά απόδοσης επηρεάζονται από γενετικούς παράγοντες, μορφολογικά γνωρίσματα, το κλίμα και το έδαφος. Μορφολογικά γνωρίσματα όπως ο αριθμός και η επιφάνεια των φύλλων, η διάμετρος του βλαστού, η διάρκεια της βλαστικής ανάπτυξης και η περίοδος γεμίματος του κόκκου αλληλεπιδρούν με τα συστατικά της απόδοσης, επηρεάζοντας τελικά την απόδοση σε καρπό. Από τις συνθήκες του περιβάλλοντος σημαντικότερες είναι η ξηρασία, οι υψηλές θερμοκρασίες και η αλατότητα.

Η απόδοση, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, είναι το τελικό προϊόν της αλληλεπίδρασης ενός μεγάλου αριθμού φυσιολογικών και βιοχημικών χαρακτηριστικών των φυτών και για αυτό το λόγο είναι γνώρισμα ποσοτικό. Στο ξηροθερμικό μεσογειακό περιβάλλον η υψηλή απόδοση συσχετίζεται θετικά με τον βαθμό αξιοποίησης των ευνοϊκών συνθηκών, το βάρος της υπέργειας βιομάζας, το βάρος άχυρου, το ποσοστό καρπού στη βιομάζα, την πρωιμότητα, τον αριθμό αδελφιών και τον αριθμό κόκκων ανά στάχυ (Βαγιωνά, 2007).

Η συγκομιδή των καρπών σιταριού για το πειραματικό τεμάχιο με τα ελαστικά και το μάρτυρα πραγματοποιήθηκε μηχανικά με θεριζοαλωνιστική μηχανή στις 22-6-2010. Η συγκομιδή έγινε στο στάδιο της εμπορικής ωρίμανσης. Η μέτρηση της ποσότητας των καρπών σιταριού για τις δύο επιφάνειες αποδόθηκε σε kg/στρέμμα. Για την επιφάνεια με τη στρώση ελαστικών ήταν 58 kg/στρέμμα και για το μάρτυρα 56 kg/στρέμμα. Οι τιμές κρίνονται μεν χαμηλές αν συγκριθούν με τις αποδόσεις των ετών και περιοχών της χώρας, φυσιολογικές δε αν λάβουμε υπόψη τους πολύ μικρούς αριθμούς των φυτών που φύτεψαν, των αδελφιών που δημιουργήθηκαν και των γόνιμων στάχων ανά m^2 . Οι κυριότεροι λόγοι ήταν:

- Ο σπόρος και η εφαρμογή της σποράς με το χέρι και στη συνέχεια σκέπασμα με καλλιεργητή όπου θάφτηκε σε μεγαλύτερο βάθος.
- Η περίοδος ξηρασίας του Μαρτίου-Μαΐου κατά την οποία πραγματοποιείται η μεγάλη ανάπτυξη των φυτών, το ξεστάχυσμα, η άνθηση, ο σχηματισμός των κόκκων και ο αριθμός των γόνιμων αδελφιών.
- Η εφαρμογή της ανοιξιάτικης λίπανσης που πραγματοποιήθηκε πριν την ξηρασία με αποτέλεσμα τα φυτά να μην μπορέσουν να προσλάβουν το άζωτο.
- Η τοποθέτηση της στρώσης των τεμαχισμένων ελαστικών σε μεγαλύτερο βάθος (περίπου 80-100 cm) αντί του προγραμματισμένου 60-80 cm, δεν συγκράτησε περισσότερη υγρασία σε βάθη κοντά στο ριζικό σύστημα ώστε να επιτρέψει στα φυτά να την προσλάβουν.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκε η επίδραση της χρήσης φθαρμένων ελαστικών αυτοκινήτων στις φυσικές και χημικές ιδιότητες εδαφών που καλλιεργήθηκαν με σιτάρι καθώς και οι τυχόν περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Τα κυριότερα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα μελέτη είναι τα εξής:

- ✧ Παρατηρείται αύξηση των τιμών της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στην επιφάνεια ως αποτέλεσμα της καλλιέργειας και της εφαρμογής των λιπάνσεων κατά την χρονική διάρκεια του πειράματος. Σε όλες τις περιπτώσεις τόσο στην επιφάνεια όσο και στο υπέδαφος οι τιμές είναι σημαντικά χαμηλότερες από το όριο των $4000 \mu\text{mhos cm}^{-1}$ των αλατούχων εδαφών.
- ✧ Τα εδάφη της μελέτης χαρακτηρίζονται ως μετρίως αλκαλικά ενώ παρατηρείται στατιστικά σημαντική μείωση του pH σε σχέση με το βάθος, επιβεβαιώνοντας το συμπέρασμα ότι η δράση του ριζικού συστήματος της καλλιέργειας οδηγεί σε μικρή αύξηση της οξύτητας. Επίσης η χρήση των ελαστικών δεν φαίνεται να προκάλεσε καμία μεταβολή στις τιμές του pH.
- ✧ Η ανάμιξη του εδάφους κατά την διάρκεια προετοιμασίας του πειραματικού τεμαχίου φαίνεται να μην προκάλεσε έντονες μεταβολές στις εδαφικές ιδιότητες λόγω της απουσίας διαγνωστικών οριζόντων στα συγκεκριμένα εδάφη (Entisols). Το γεγονός αυτό ενισχύεται και από τις υψηλότερες τιμές της οργανικής ουσίας οι οποίες παρατηρήθηκαν στην επιφάνεια μετά την αναμόχλευση του εδάφους.
- ✧ Σύμφωνα με τα αποτελέσματα παρατηρείται ότι οι τιμές του φωσφόρου βρίσκονται στην πλειοψηφία τους σε χαμηλότερα επίπεδα από τα $10 - 12 \text{ mg kg}^{-1}$ που θεωρούνται τα όρια επάρκειας για το φώσφορο και επομένως τα εδάφη χαρακτηρίζονται ως ανεπαρκώς εφοδιασμένα σε αφομοιώσιμο φώσφορο. Η αύξηση των τιμών του φωσφόρου στο επιφανειακό στρώμα και των δύο τεμαχίων κατά τη δεύτερη δειγματοληψία πιθανόν να οφείλεται στην προσθήκη φωσφόρου με τη βασική λίπανση κατά την έναρξη της καλλιέργειας.
- ✧ Με εξαίρεση το Ca παρατηρείται μείωση των ανταλλάξιμων κατιόντων λόγω της απομάκρυνσης τους με την καλλιέργεια και την κατακόρυφη διήθηση του νερού. Σε κάθε περίπτωση οι τιμές των ανταλλάξιμων κατιόντων υποεπιφανειακά είναι υψηλότερες στον μάρτυρα σε σχέση με το πειραματικό με τα ελαστικά. Το αποτέλεσμα αυτό, δείχνει ότι η απομάκρυνση και μετακίνηση των ανταλλάξιμων

κατιόντων από την επιφάνεια και η μετακίνηση τους στα βαθύτερα στρώματα είναι εντονότερη στο μάρτυρα.

- ✧ Οι τιμές του διαθέσιμου Cu στην πρώτη δειγματοληψία σε αντίθεση με τη δεύτερη χαρακτηρίζονται ως ικανοποιητικές, πάνω από τα όρια επάρκειας, ενώ του Fe εμφανίζονται ιδιαίτερα χαμηλές ως αποτέλεσμα του υψηλού pH και της μεγάλης περιεκτικότητας του εδάφους σε CaCO_3 . Παρόλα αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν ότι τα ελαστικά οχτώ μήνες μετά την εφαρμογή τους στο έδαφος δεν οδήγησαν σε αύξηση των τιμών αυτών των ιχνοστοιχείων.
- ✧ Χαμηλές τιμές Zn βρέθηκαν και στις 2 δειγματοληψίες χωρίς να παρατηρηθεί καμία επίδραση των ελαστικών ως αποτέλεσμα της απελευθέρωσης ποσοτήτων Zn, ο οποίος υπάρχει στο πέγμα των ελαστικών σαν ZnO με μέση περιεκτικότητα 1.2%. Οι εδαφικές ιδιότητες (pH, CaCO_3) παρεμποδίζουν την αύξηση της ποσότητας των διαθέσιμων μορφών Zn στο έδαφος οι οποίες σε κάθε περίπτωση είναι σημαντικά χαμηλότερες από τα όρια επάρκειας.
- ✧ Οι τιμές του διαθέσιμου Pb, ο οποίος μπορεί να προέλθει από την χρήση των ελαστικών παραμένουν σταθερές ή ελαφρώς μειούμενες όπως προκύπτει από τις μη στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάλογα με την επέμβαση. Οι συγκεντρώσεις του Pb που καταγράφηκαν στον μάρτυρα και στο πειραματικό με τα ελαστικά τόσο επιφανειακά όσο και υποεπιφανειακά κυμαίνονταν από $0,86 \text{ mg kg}^{-1}$ έως $1,28 \text{ mg kg}^{-1}$. Τα επίπεδα αυτών των τιμών είναι ιδιαίτερα χαμηλά ώστε να εμφανίσουν οποιαδήποτε σημαντική επίδραση στην ποιότητα του εδάφους ή την ποιότητα των αγροτικών προϊόντων.
- ✧ Όσον αφορά την κατανομή της εδαφικής υγρασίας ανά βάθος, παρατηρήθηκαν τα εξής:
 - i. Στα 30 cm καταγράφηκε υδατική καταπόνηση στα φυτά του πειραματικού αγρού, η χρονική διάρκεια της οποίας ήταν 68,5 ημέρες, ενώ η αντίστοιχη διάρκεια στο μάρτυρα ήταν 75,3 ημέρες. Υπήρξε δηλαδή μια διαφορά περίπου 7 ημερών μεταξύ των αγρών, όπου μπορεί να χαρακτηριστεί σημαντική μόνο στις περιπτώσεις όπου τα φυτά βρίσκονται σε στάδιο υψηλών απαιτήσεων σε νερό (στάδιο ξεσταχύσματος & άνθισης στην παρούσα μελέτη), όπως και στην περίπτωση μας. Όμως οι βροχοπτώσεις των Μαΐου-Ιουνίου επηρέασαν θετικά την απόδοση της καλλιέργειας (βάρους 1000 κόκκων σιταριού και εκατολιτρικό βάρος), το οποίο δεν καταγράφηκε στους αισθητήρες μέτρησης εδαφικής υγρασίας βάθους 30 cm, λόγω της παρατεταμένης ξηρασίας που προηγήθηκε,

καθώς και των υψηλών θερμοκρασιών της εποχής, όπου δεν επέτρεψαν στο νερό της βροχής να φτάσει μέχρι τους αισθητήρες, καθώς και λόγω των ρωγμών του εδάφους που είχαν σχηματιστεί οι οποίες διοχέτευσαν μέρος του νερού απευθείας σε μεγαλύτερα βάθη.

- ii. Αντίστοιχα στο βάθος 60 cm η χρονική διάρκεια που καταγράφηκε η ξηρή κατάσταση ήταν 48 ημέρες για τον πειραματικό αγρό και 59,9 ημέρες για το μάρτυρα (διαφορά περίπου 12 ημερών). Σημαντική διαφορά μεταξύ των αγρών στις περιπτώσεις που το ριζικό σύστημα των φυτών αναπτύσσεται στο βάθος αυτό.
 - iii. Για το βάθος των 105-110 cm (κάτω από τη στρώση των ελαστικών) η χρονική διάρκεια της ξηρής καταστάσεως του εδάφους ήταν 43,5 ημέρες για τον πειραματικό αγρό και 48,8 ημέρες για το μάρτυρα (διαφορά 5 ημερών). Η διαφορά αυτή δεν είναι πολύ σημαντική και οφείλεται κυρίως στην πιθανή συμπίεση των βαθύτερων στρωμάτων εδάφους από τις εκσκαφές ή στην ύπαρξη στρώσης αργίλου στο μάρτυρα, που δεν επέτρεψαν την κανονική διήθηση του νερού προς τα κάτω, με αποτέλεσμα το μισό χρονικό διάστημα της καλλιέργειας του σιταριού το έδαφος να είναι κορεσμένο σε υγρασία. Επομένως, η μεγαλύτερη διαφορά περίπου 15% υπέρ του πειραματικού αγρού, για την υγρή κατάσταση του εδάφους, παρατηρήθηκε στο βάθος των 60cm που αιτιολογείται από την τοποθέτηση της στρώσης των ελαστικών, ενώ σε όλες τις περιπτώσεις σύγκρισης των τιμών μεταξύ πειραματικού αγρού και μάρτυρα βρέθηκε σημαντική στατιστική διαφορά.
- ✧ Η θερμοκρασία εδάφους δεν αποτέλεσε περιοριστικό παράγοντα καθώς δεν καταγράφηκε τιμή κάτω από 10°C, ενώ για τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας καταγράφηκε ελάχιστη ημέρας σε τρεις περιόδους με πολύ χαμηλές τιμές (-4°C) και μέγιστη ημέρας σε μία με πολύ υψηλές τιμές (39 °C). Στην πρώτη περίπτωση τα φυτά επηρεάστηκαν κατά την περίοδο της βλαστήσεως και του αδελφώματος, ενώ στη δεύτερη επηρεάστηκαν σε πολύ μικρό βαθμό το βάρος και η ποιότητα των κόκκων του σιταριού.
 - ✧ Η φυτρωτική ικανότητα των σπόρων ήταν μικρή και στις δύο εκτάσεις (28% για τον πειραματικό αγρό και 27% ανά m² για το μάρτυρα). Επακόλουθο του μικρού αριθμού φυτών σε συνδυασμό με τον αριθμό των αδελφιών και του πολύ χαμηλού αριθμού γόνιμων στάχων, ήταν η μειωμένη παραγωγικότητα και απόδοση της καλλιέργειας και στις δύο εκτάσεις. Σε αυτό συνετέλεσε κυρίως το μικρό ύψος βροχής κατά τη

διάρκεια της καλλιέργειας, η μη κανονική κατανομή του στο χρόνο και το μεγάλο διάστημα ξηρασίας των Μαρτίου-Μαΐου.

- ✧ Όπως προκύπτει από τη συγκεκριμένη μελέτη και σε συνδυασμό με βιβλιογραφικά δεδομένα η επίδραση των ελαστικών στις εδαφικές ιδιότητες προέκυψε σε μεγάλο βαθμό έμμεσα, κυρίως από τις μεταβολές στα ποσοστά της εδαφικής υγρασίας. Όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, προέκυψαν ελάχιστες και σε κάθε περίπτωση εντός των επιτρεπτών ορίων. Αξίζει να σημειωθεί ότι η μελέτη αυτή έγινε με βάση τα δεδομένα μιας μόνο καλλιεργητικής περιόδου και θα πρέπει για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων η επίδραση των ελαστικών να μελετηθεί για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα και σε διαφορετικούς εδαφικούς τύπους. Τέλος όπως είναι γνωστό η γεωργία καταναλώνει τις μεγαλύτερες ποσότητες νερού από τους διαθέσιμους υδατικούς πόρους. Επομένως, κάθε προσπάθεια βελτίωσης της πρακτικής διαχείρισης του αρδευτικού νερού θα έχει αξιοσημείωτη θετική επίδραση στους ίδιους τους υδατικούς πόρους αλλά και στο έδαφος και στο περιβάλλον γενικότερα (μικρότερη μη σημειακή ρύπανση από τη γεωργία, κ.λπ.). Τα αποτελέσματα της παρούσας ερευνητικής εργασίας, όπως προέκυψαν μετά από συνεχή παρακολούθηση της συμπεριφοράς της στρώσης ελαστικών στο έδαφος, δείχνουν ότι η χρήση τους ως μέσου συγκράτησης εδαφικής υγρασίας μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική εξοικονόμηση αρδευτικού νερού και ταυτόχρονα σε ικανοποιητική απόδοση της παραγωγής σιτηρών.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Agbenin J. O., (1998): *Phosphate-induced zinc retention in a tropical semi-arid soil. European Journal of Soil Science. 49(4): 693-700.*

Agboola A. A. and Corey R. B., (1973): *The relationship between soil pH, organic matter, available P, exchangeable K, Ca, Mg and nine elements in the maize tissue. Soil Science. 115: 367-375.*

AL-Gahri M. A. and Almussali M. S., (2008): *Microelement Contents of Locally Produced and Imported Wheat Grains in Yemen. E-Journal of Chemistry. 5(4): 838-843.*

Allen A. G., Nemitzb E., Shia J. P., Harrison R. M. & Greenwoodc J. C., (2001): *Size distributions of trace metals in atmospheric aerosols in the United Kingdom. Atmos. Environ. 35: 4581-91*

Alloway B.J., 1995. *Heavy metals in soils. Blackie, Academic and Professional, London-Glasgow-Weinhein-New York-Tokyo-Melbourne. 2nd ed. pp: 368.*

Alloway B.J., 2008. *Zinc in Soils and Crop Nutrition. IZA Publications. International Zinc Association, Brussels. pp:139.*

Andriano, D.C. (1986): *Trace elements in the environment. Springer Vergar, New York. p. 533.*

Arnold P. W. and Close B. M., (1961): *Potassium-releasing power of soils from the Agdell rotation experiment assessed by glasshouse cropping. The Journal of Agricultural Science. 57: 381-386*

Asadu C. L. A., Diels J. and Vanlauwe B., (1997): *A comparison of the contributions of clay, silt and organic matter to the effective CEC of soils of sub-Saharan Africa. Soil Science. 162: 785-794.*

Aulakh M. S. and Mahli S. S., (2005): *Interactions of nitrogen with other nutrients and water. Effect on crop yield and quality, nutrient use efficiency, carbon sequestration, and environmental pollution. Adv. Agron. 86: 342-409.*

Aydilek Ahmet H. and Wartman J., (2004): *Recycled materials in geotechnics. Geotechnical Special Publication, No 127, ASCE.*

Barber S. A., (1995): *Soil nutrient bioavailability – a mechanistic approach. 2nd edn.* New York: John Wiley and Sons, Inc.

Barbin W. W. and Rodgers M. B., (1994): *The science of rubber compounding. In: Mark J. E., Erman B., Eirich F. R. (Eds). Science and Technology of Rubber, second ed.* Academic Press, San Diego. pp. 419-469.

Baruti J. H. M., (1997): *Effects of fungicide use on coffee and vegetables on the status of copper and other heavy metals in soils of Lushoto district, Tanzania. M. S. Dissertation,* Sokoine University of Agriculture. pp141.

Bauer A. and Black A. L., (1992): *Organic carbon effects on available water capacity of three soil textural groups. Soil Science Society of American Journal. 56: 248-254.*

Bierman M.P. and C.J. Rosen, (1994): *Phosphate and trace metal availability from sewage sludge incinerator ash. J. Environ. Qual. 23: 822-830.*

Bocca B., Forte G., Petrucci F., Costantini S. and Izzo P., (2009): *Metals contained and leached from rubber granulates used in synthetic turf areas. Sci. Tot. Env. 407: 2183-2190.*

Bolan N. S., Adriano D. C., Mani A. P. & Duraisamy A., (2003): *Immobilization and phytoavailability of cadmium in variable charge soils. II. Effect of lime compost. Plant and Soil. 251: 187-198.*

Bouyoucos G. H.,1951. *A Recalibration of the Hydrometer for making Mechanical Analysis of Soils. Agronomy J. 43: 438.*

Bowman D.C., Evans R.Y., Dodge L.L., (1994): *Growth of chrysanthemum with ground automobile tires used as a container amendment. Hortscience 29: 774– 776 .*

Boyle M., Frankenberger W. T. and Stolzy L. H., (1989): *The influence of organic matter on soil aggregation and water infiltration. Journal of Production Agriculture.p2: 290-298.*

Bremner J.M. & Mulvaney C.S., (1982): *Total nitrogen in A.L.Page, R.H.Miller, and D.R.Keeney (ed.): Methods of Soil Analysis (Part 2): Chemical and Microbiological Properties, 2nd edn. ASA, SSSA, Madison. WI, pp. 595-624.*

Cadle S.H. and Williams R.L., (1978): Gas and particle emissions from automobile tires in laboratory and field studies. *Rubber Chemistry and Technology* **52**: 146–158.

Cakmak I., Yilmaz A., Kalayci M., Ekiz H., Torun B., Erenoglu B., Braun H. J., (1996): Zinc deficiency as a critical problem in wheat production in Central Anatolia. *Plant and Soil*. **108**: 165-172.

Camatini M., Calini V. & Gualtieri M., (2003): Biological and chemical evaluation of tire debris organic extract. *Toxicol. Lett.* **144(1)**: 182.

Chan K. Y., Davey B. G. and Geering H. R., (1979): Adsorption of magnesium and calcium by a soil with variable charge. *Proceedings. Soil Science of America*. **43**: 301-304.

Chaudry F. M., Wallace A. and Mueller R. T., (1977): Barium toxicity in plants. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* **8**: 795-797.

Cheng S. C., (1995): The effect of K supplement on the absorption and distribution of Zn, Mn, Fe and Cu in wheat. *J. Anhui. Agri. Univ.* **22**: 196-202.

Cheng S. Z., (1997): Effect of P-fertilization level on the content distribution of Mo, Fe, in beer barley and on its yield and quality. *Acta Pedol. Sin.* **34**: 444-450.

Choudhury H. and Carey R., (2001): Barium and barium compounds. *Concise Int. Chem. Assessment Doc.* 33. Available at www.inchem.org/documents/cicads/cicads/cicad33.htm (accessed 8 Dec. 2005; verified 30 July 2006). *Int. Progr. Chem. Safety, World Health Organ., Geneva.*

Conant Richard T., Paustian Keith, Del Grosso Stephen J., Parton William J., (2005): Nitrogen pools and fluxes in grassland soils sequestering carbon, *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. **71**: 239-248.

Councill T. B., Duckenfield K. U., Landa E. R. & Callender E., (2004): Tire-wear particles as a source of zinc to the environment. *Environ. Sci. Technol.* **38**: 4206-14.

Councill T., Duckenfield K., Landa E. and Callender E., (2004): Tyre-wear particles as a source of zinc to the environment. *Env. Sci. Tech.* **38**: 4206-4214.

Crum J. R. and Franzmeier D. P., (1980): Soil properties and chemical composition of tree leaves in southern Indiana. *J. Soil Sci. Am.* **44**: 1063-1069.

Dannis M. L., (1974): Rubber dust from the normal water of tires. *Rubber Chemistry and Technology*. **47**: 1011-1037.

Davis A. P., Shokouhian M., Ni S., (2001): Loading estimates of lead, copper, cadmium and zinc in urban runoff from specific sources. *Chemosphere*. **44**: 997-1009.

Dermatas D. and Meng X. G., (2003): Utilization of fly ash for stabilization/solidification of heavy metal contaminated soils. *Engineering Geology*. **70**: 377-394.

Downs L. A., Humphrey D. N., Katz L.E. and Rock C. A., (1996): Water Quality Effects of Using Tire Shreds Below the Groundwater Table. Department of Civil Environmental Engineering, University of Maine, Orono.

Duchaufour, Ph., (1960): *Precis de Pedologie*. Masson, Paris, pp : 438.

Dunham R. J. and Nye P. H., (1976): Influence of soil water content on the uptake of ions by roots. III. Phosphate, potassium, calcium and magnesium uptake and concentration gradients in soil. *Journal of Applied Ecology*. **13**: 967-984.

ECOELASTICA @ www.ecoelastica.gr

ECOELASTIKA MWH, (2004): End-of-Life Tyre Management: Storage Options, Final Report for the Ministry for the Environment. Ministry for the Environment and Ministry of Economic Development, New Zealand.

Edil T.B. & Bosscher P.J., (1992): Development of engineering criteria for shredded waste tires in highway applications. Final Report Research Project No. WI 14-9.

Edil T.B. and Bosscher, P.J., (1994): Engineering properties of tire chips and soil mixtures. *Geotech. Testing J., ASTM*. **17**: 453-464.

ETRA 2006: Trends in Tyre Recycling, in *Tyre technology International*, European Tyre Recycling Association. Wed, 29 Nov 2006 @ <http://www.etra-eu.org/>

European Environmental Agency (EEA), (2003): EMEP/CORINAIR, Emission Inventory Guidebook , Groups 0707–0708: Non Exhaust Particles from Transport and Road Wear. <http://reports.eea.europa.eu/emepcorinairs/en/page002.html>

European Tyre Recycling Association (ETRA), (2006): Trends in Tyre Recycling, in Tyre technology International, European Tyre Recycling Association. Wed, 29 Nov 2006 @ <http://www.etra-eu.org/>

Facelli J. M. and Pickett S. T. A. (1991): Plant litter: Its dynamics and effects on plant community structure. *Botanical Reviews*. 57:1-32.

Fageria N. K., Baligar V. C., Clark R. B., (2002): Micronutrients in crop protection. *Adv. Agron.* 77: 185-268.

Fausser P., (1999): Particulate Air Pollution with Emphasis on Traffic Generated Aerosols. Thesis. Riso National Laboratory, Technical University of Denmark, Roskilde.

Fausser P., Tjell J.C., Mosbaek H., Pilegaard K., (2002): Tire-tread and bitumen particle concentrations in aerosol and soil samples. *Petroleum Science and Technology*. 20: 127–141.

Federal Ministry of Agriculture and Natural Resources (FMANR), (1990): Literature Review on Soil Fertility Investigations in Nigeria. FMANR, Lagos. pp. 281.

Fowler D.B., Brydon J., Darroch B.A., Entz M.H., and Johnston A.M., (1990): Environment and genotype influence on grain protein concentration of wheat and rye. *Agron. J.* 82: 655–664.

Freedman B. and T. C. Hutchinson, (1981): Sources of metal and elemental contaminants of terrestrial environments. In: Lepp N.W., editor. *Effect of heavy metal pollution on plants: Metals in the environment*. London and New Jersey: applied Sci. 11: 35-94.

Gamble J. F., (1964): A study of strontium, barium and calcium relationships in soil and vegetation. PhD thesis, Rutgers University, New Brunswick, N.J. pp. 113.

Garvin D. F., Welch R. M., Finley J. W., (2006): Historical shifts in the seed mineral micronutrient concentration of US hard red winter wheat germplasm. *J Sci. Food & Agric.* 86: 2213-2220.

Good L. G. and Smika D. E., (1978): Chemical fallow for soil and water conservation in the Great Plains. *J. Soil Water Conserv.* 33: 89-90.

Gualtieri M., Andrioletti M., Vismara C., Milani M. and Camatini M., (2005): Toxicity of tyre debris leachates. *Env. Int.* **31**: 723-730.

Hamdy Atef, Abu-Zeid, Mahmoud, and Lacirignola C., (1995): Water Crisis in the Mediterranean: Agricultural Water Demand Management. *Water International.* **20**: 176 - 187.

Hjortenkrans D. S. T., Bergback B. G., Haggerud A. V., (2007): Metal emission from brake linings and tire: case studies of Stockholm, Sweden 1995/1998 and 2005. *Environmental Science and Technology.* **41**: 5224-5230.

<http://penteli.meteo.gr/meteosearch/default.asp>

Humphrey D. N. and Nickels W. L., (1997): Effect of Tire Shreds as Lightweight Fill on Pavement Performance. *Proc., 14 International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. Hamburg, Germany. Balkema, Rotterdam, Netherlands.* **3**: 1617-1620.

Humphrey D.N. and Sandford T., (1993): Tire chips as lightweight sub grade fill and retaining wall backfill. *Proc. Symp on Recovery and Effective Reuse of Discarded Materials and By-products for Construction of Highway Facilities, Federal Highway Administration.* 5.55-5.68.

Humphrey Dana & Katz Lynn, (2001): Water-Quality Effects of Tire Shreds Placed Above the Water Table: Five-Year Field Study. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board.* **1714**: 18-24.

Hussein T.O., (1997): Effect of poultry manure on growth of tomato proceeding of 15th annual conference. *HORTSON Apr. 8-11, 1997. NIHORT, Ibadan, Nigeria..* pp. 43-45.

Inskeep W.P., and P.R. Bloom, (1986): Effects of soil-moisture on soil pCO₂, soil solution bicarbonate, and iron chlorosis in soybeans. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **50**: 946–952.

Jaiyeoba I. A., (2003): Changes in soil properties due to continuous cultivation in Nigerian semiarid Savannah. *Soil and Tillage Research.* **70**: 91-98.

Jenny H., (1941): *Factors of Soil Formation.* McGraw-Hill, New York. pp. 279

Ju X. T., Kou C. L., Christie P., Dou Z. X., Zhang, F. S., (2007): Changes in the soil environment from excessive application of fertilizers and manures to two contrasting

intensive cropping systems on the North China Plain. Environmental Pollution, 145: 497-506.

Kabata Pendias A. and Mukherjee A. B., (2007): *Trace elements from soil to human.* Springer Verlag. pp. 555.

Kabata- Pendias A., (2001): *Trace Elements in Soils and Plants. 2nd ed.* CRC Press, Boca Raton.

Kershaw D.S., Kulik B.C., Pamukcu S.Y., (1997): *Ground rubber: sorption media for ground water containing benzene and O-xylene. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering 123(4): 324–334.*

Khan A. G., Kuek C., Chaudhry T. M., Koo C. S. & Hayes W., (2000): *Role of plants, mycorrhizae and phytochelators in heavy metal contaminated land remediation. Chemosphere. 41(1-2): 197-207.*

Kim M.G., Yagawa K., Inoue H., Lee Y.K., Shirai T., (1990): *Measurement of tire tread in urban air by pyrolysis–gas chromatography with flame photometric detection. Atmospheric Environment Part A – General Topics 24: 1417–1422.*

Kingery W. L., Wood C. W., Delaney D. P., Williams J. C., Mullins G. L., (1994): *Impact of long-term land application of broiler litter on environmentally related soil properties. Journal of Environmental Quality. 23: 139-147.*

Kirby S.H., (1983): *Rheology of the lithosphere. Rev. Geophys. Space Phys., 21: 1458–1487*

Kovac F. J. and Rodgers M. B., (1994): *Tire engineering. In: Mark J. E., Erman B., Eirich F.R. (Eds). Science and Technology of Rubber, second ed. Academic Press, San Diego. pp. 675-718.*

Krause J. L. and Stover E. L., (1982): *Evaluating water treatment techniques for barium removal. J. Am. Wat. Works Assoc. 74: 478-485.*

L-Baekstrom G., Lundergardh B., Hanell U., (2006): *The interactions between nitrogen dose, year and stage of ripeness on nitrogen and trace element concentrations and seed-borne pathogens in organic and conventional wheat. J Sci. Food Agric. 86: 2560-2578.*

Lee H.J and Roh H.S., (2007): *The use of recycled tire chips to minimize earth pressure during compaction of backfill. Construction and Building Materials. 21: 1016-1026.*

Lengrand P. Turmel M. C., Sauve S. & Courchesne F., (2005): *Speciation and bioavailability of trace metals (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) in the rhizosphere of contaminated soils. In: Biogeochemistry of trace elements in the rhizosphere. Huang P. M. & Gobran G. R. (Ed.). pp 523-529.*

Li J. L., Zhu J. H., Zhang X. S., Meng X. X., Chen Q., Li X. L., Zhang F. S., (2001): *Nitrate leaching loss from soil and nutrient utilization by tomato in protected field. Chinese Journal of Applied Environmental Biology. 7: 126-129.*

Lindsay W.L. & Norvell W.A., (1978): *Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Sci. Soc. Am. J. 42: 421-428*

Liu F., Colombo C., Adamo P., He J. Z. & Violante A., (2002): *Trace elements in manganese-iron nodules from a Chinese Alfisol. Soil Sci. Soc. Am. J. 66: 661-670.*

Marshner H. and Dell B., (1994): *Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. Plant Soil. 159: 89-102.*

Martin J. A. R., Arias M. L. & Corbi J. M. G., (2006): *Heavy metals contents in agricultural topsoils in the Ebro basin (Spain). Application of the multivariate geostatistical methods to study spatial variations. Environmental pollution. 144: 1001-1012.*

Massas I., Ehaliotis C., Kalivas D., Panagopoulou G., (2010): *Concentration and Availability Indicators of soil heavy Metals; the case of children's playgrounds in the city of Athens (Greece). Water Air Soil Pollut. 212: 51-63.*

Mathur B. S., Rana N. K. & Lal S., (1991): *Effect of rhizosphere application of lime on crop yield, soil properties, nutrient uptake and economics. Journal of the Society of Soil Science. 39(3): 523-529.*

McBride M.B., (1989): *Reactions controlling heavy metal solubility in soils. Adv. In Soil Sci. 10: 1-56.*

McCray J. M. and Matocha J. E., (1992): Effects of soil – water levels on solution bicarbonate, chlorosis and growth of sorghum. *Journal of Plant Nutrition*. **15**: 1877-1890.

McLean F., (1982): Soil pH and Lime requirement. In A.L.Page (ed.). *Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. Agronomy. **9**: 199 – 223

Mengel K., Breininger M. Th., Bubl W., (1984): Bicarbonate, the most important factor inducing iron chlorosis in vine grapes on calcareous soil. *Plant and Soil*. **81**: 333-344.

Mikhailova E. A., Bryant R. B., Vassenev I. I., Schwager S. J. and Post C. J., (2000): Cultivation effects on soil carbon and nitrogen contents at depth in the Russian Chernozem. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **64**: 738–745.

Misra Ap. & Tyler G., 1999. Influence of Soil Moisture on Soil Solution Chemistry and Concentrations of Minerals in the Calcicoles *Phleum phleoides* and *Veronica spicata* Grown on a Limestone Soil. *Ann Bot*, **84**: 401-410.

Mitsios I. K. and Rowell D. L., (1987): Plant uptake of exchangeable and non-exchangeable potassium. II: Influence of soil type on uptake by onion roots. *Journal of Soil Science*. **38**: 65-70.

Moreno T., Querol X., Alastuey A., Ballester F., Gibbons W., (2007): Airborne particulate matter and premature deaths in Europe: the new WHO guidelines and the challenge ahead as illustrated by Spain. *European Journal of Epidemiology* **22**: 1–5.

Moslehuddin A. Z. M., Salma L., Kazuhiko E., (1999): Trace elements in Bangladesh paddy soils. *Commun. Soil Sci. plant Anal.* **30**: 1975-1996.

Mota H. I., Gomes J. F. P., Bordado J. C. M., Pereira M. M.C., Felisberto G. M. S., Ribeiro A., Pampulim V. M., Veloso I. and Custodio M. L. B., (2009): Coated rubber granulates obtained from used tyres for use in sport facilities: A toxicological assessment. *Ciência & Tecnologia dos Materiais*. **21**($\frac{3}{4}$): 26-30.

MPCA (Minnesota Pollution Control Agency), (1990): Waste tires in subgrade road beds. St. Paul (MN): Waste tire Management Unit.

Murphy K., Campbell K. G., Lyon S., Jones S. S., (2007): Evidence for varietal adaptation to organic farming systems. *Field Crops Research*. **102**: 172-177.

Musick J T, Jones O R, Stewart B A and Dusek D A (1994): *Wateryield relationship for irrigated and dryland wheat in the U. S. Southern Plains. Agron. J. 86: 980-986.*

Nelson D.W. & Sommers L.E., (1982): *Total carbon, organic carbon, and organic matter, In: A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney (eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties. 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison. WI, pp. 538-580.*

Newman S.E., Panter K.L., Roll M.J., (1997): *Growth and nutrition of geraniums grown in media developed from waste tire components. Hortscience 32: 674– 676.*

Nicholson F. A., Alloway B.J, Carlton-Smith C., Chambers B.J., (2003): *An inventory of heavy metals inputs to agricultural soils in England and Wales. The Science of The Total Environment. 311: .205-219.*

Nouri J., Mahvi A. H., Jahed G. R. & Babaei A., (2008): *A regional distribution pattern of groundwater heavy metals resulting from agricultural activities. Environmental Geology. 55: 1337-1343.*

Nye P. H. and Tinker P. B., (1977): *Solute movement in the soil-root system. Oxford: Blackwell Scientific Publications.*

Olsen S R.. & Sommers L.E., (1982): *Phosphorus, In: Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Propertie. A.L. Page, R.H. Miller & D.R. Keeney (Eds). Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy, 403-427*

Pacyna J. M., (1986): *Toxic metals in the Atmosphere. In: Nriagu J. O., Davidson: Cl. New York, Wiley. pp. 1-32.*

Pagotto C., Remy N., Legret M. & Le Cloirec P., (2001): *Heavy metal pollution of road dust and roadside soil near a major rural highway. Environ. Technol. 22: 307-19.*

Park J.K, Kim J. Y, Edil T.B., (1996): *Mitigation of organic compound movement in landfills by shredded tires. Water Environment Research. 68: 4-10.*

Passioura, John B., (2002): *Environmental biology and crop improvement. Functional Plant Biology. 29: .537-546.*

Peterson W.W., (1965): *On the Weight Structure and Symmetry of BCH Codes. Scientific Report, AFCRL-65-515Air Force Cambridge Research Labs., New York.*

Pierson W. R. and Brachaczek W. W., (1974): Airborne particulate debris from rubber tires. *Rubber Chemistry and Technology*. **47**: 1275-1299.

Rhoades J.D., (1982): Cation exchange capacity. In: A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney (eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties*. 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 149-158.

Ryan M. H., Derrick J. W., Dann P. H., (2004): Grain mineral concentration and yield of wheat grown under organic and conventional management. *J Sci. Food Agric*. **84**: 207-216.

Saito T., (1989): Determination of styrene-butadiene and isoprene tire tread rubbers in piled particulate matter. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. **15**: 227-235.

Sanchez P. A., Palm C. A. and Boul S. W., (2003): Fertility capability soil classification: A tool to help assess soil quality in the tropics. *Geoderma*. **114**: 157-185.

Schroeder H. A., Tipton J. H. & Nason A. P., (1972): Trace metals in man: strontium and barium. *J. Chron. Dis*. **25**: 491-517.

Schulz M., (1987): Effects of ground rubber on *Phaseolus vulgaris*, *Zeitschrift für Pflanzennahrung und Bodenkunde*. **150**: 37-41.

Selene C. H., Chou J. & De Rosa C. T., (2003): Case studies – Arsenic. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. **206**: 381-386.

Sims J. T. and J. S. Kline, (1991): Chemical fractionation and plant uptake of heavy metals in soils amended with composted sewage sludge. *J. Environ. Qual*. **20**: 387-395.

Smolders E. and Degryse F., (2002): Fate and effect of zinc from tire debris in soil. *Environ. Sci. Technol*. **36(17)**: 3706-10.

Soil Survey Staff. (2010): Keys to Soil Taxonomy. 11th ed U.S Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.

Stalnaker D., Turner J., Parekh D., Whittle B. & Norton R., (1996): Indoor simulation of tyre wear: some case studies. *Tyre Science and Technology*. **24**: 94-118.

Stamatiadis S., Werner M., Buchaman M., (1999): Field assessment of soil quality as affected by compost and fertilizer application in a broccoli field (San Benito Country, California). *Applied Soil Ecology*. 12: 217-225.

Swedish Chemicals Inspectorate (2006): Perfluorooctane sulfonate (PFOS) working draft profile <http://www.pops.int/documents/meetings/poprc/tech_comments/PFOS%20risk%20profile%20nd%20draft_Swe.pdf>

Tatlisoz N., Edil T.B., Benson C.H., Park J.K. and Kim J.Y., (1996): Review of environmental suitability of scrap tires. *Environmental Geotechnics, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Wisconsin-Madison. Report No 96-7.*

Thomas G.W., (1982): Exchangeable cations. In: A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney (eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties*. 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 159-166.

Tompkins D.K., Hultgreen G.E., Wright A.T., Fowler D.B., (1991): Seed rate and row spacing of no-till winter wheat. *Agron. J.* 83: 684–689.

Tu C., Zheng C. R., Chen H. M., (2000): Effect of applying chemical fertilizers on forms of lead and cadmium in red soil. *Chemosphere*. 41: 133-138.

Urani C., Morazzoni F., Carnevali C. & Camatini M., (2001): Copper and zinc uptake and cell responses in HepG2 cells. *Toxicol. In Vitro*. 15: 497-502.

Uriyo A. P., Mongi H. O., Chowdhury M. S., Sing B. R. and Semoka J. M. R., (1979): *Introductory Soil Science*. Tanzania Publishing House, Dar es Salaam. pp232.

USEPA, (1984): Health effects assessment for barium. EPA 540/1-86-021. USEPA, Cincinnati, OH.

Viets F. G. and W. L. Lindsay, (1973): Testing soils for zinc, copper, manganese and iron. In: *Soil Testing and Plant Analysis* (Editors: L M Walsh and J Beaton). Soil Science Society of America Inc., Madison, Wisconsin. pp.153-172.

Viets F.G. and Lindsay W.L., (1983): Testing soils for zinc, copper, manganese and iron. In: L.M. Walsh and J. Beaton, Editors, *Soil Testing and Plant Analysis*, Soil Science Society of America, Madison pp. 153–172.

Weast R. C. (ed.), (1984): *CRC handbook of chemistry and physics. 65th ed. CRC Press, Boca Raton, FL.*

Webber J., (1981): *Trace metals in agriculture. In: Lepp N. W., editor. Effect of heavy metal pollution on plants: Metals in the environment. London and Jersey: Applied Sci Publ. 11: 15-184.*

Wei X. R., Hao M. D., Shao M. G., Gale W. J., (2006): *Changes in soil properties and availability of soil micronutrients after 18 years of cropping and fertilization. Soil Till. Res. 91: 120-130.*

Welch R. M. and Graham R. D., (2002): *Breeding crops for enhanced micronutrient content. Plant Soil. 245: 205-214.*

Wik A., Lycken J. & Dave G., (2008): *Sediment quality assessment of road runoff detention systems in Sweden and the potential contribution of tire wear. Water, Air and Soil Pollution. 194: 301-314.*

Wik Anna and Goran Dave (2008): *Occurrence and effects of tire wear particles in the environment - A critical review and an initial risk assessment, Environmental Pollution, Σουηδία, σελ. I, 5-7, 9-10.*

Wu F. Z., Zhao F. Y., Liu Y. Y., (2000): *Analysis of the problems in continues cropping system of protective vegetable and the controlling ways. China Agricultural University Publisher, Beijing. pp. 157-163.*

www.erythres.gr

Yoon S., Prezzi M., Siddiki N.Z and Kim B., (2006): *Construction of a test embankment using a sand-tire shred mixture as fill material. Waste Management 26: 1033-1044.*

Zhang S. X., Wang X. B., Jin K., Li X. Y., Zhou Y., Yao Y. Q., (2001): *Effect of different N and P levels on availability of zinc, copper, manganese and iron under arid conditions. Plant Nutr. Fertil. Sci. 7: 391-396.*

Zimdahl R. and Skogerboe R., (1977): *Behavior of lead in soil. Environ. Sci. Technol. 11: 1202–1207.*

Αλεξίου Ι., (2005): *Διδακτορική Διατριβή, «Ανάλυση και προσομοίωση του συστήματος νερού – εδάφους – ατμόσφαιρας σε σχέση με την ανάπτυξη και απόδοση ετήσιων*

καλλιιεργειών», ΠΜΣ Ειδίκευση Γεωργικής Μηχανικής και Υδατικών Πόρων, Τμήμα Γεωπονίας, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη 2005.

Αντωνίου Θ., (2004): Μεταπτυχιακή διατριβή, «Η επίδραση του κλίματος και του εδάφους στην παραγωγικότητα του μαλακού και του σκληρού σταριού». ΠΜΣ Γεωργία και Περιβάλλον, Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη 2004.

Αντωνόπουλος Β., (2001): Ποιότητα Νερού και Ρύπανση Υδατικών Πόρων. Τομέας Εγγείων Βελτιώσεων, Εδαφολογίας και Γεωργικής Μηχανικής, Τμήμα Γεωπονίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Βαγιωνά Α., (2007): Διδακτορική Διατριβή, «Η επίδραση του αζώτου στο περιβάλλον, στα ποιοτικά- μορφολογικά χαρακτηριστικά και την απόδοση των χειμερινών σιτηρών», ΠΜΣ Περιβαλλοντική Πολιτική και Διαχείριση του Τμήματος Περιβάλλοντος, Μυτιλήνη.

Βαρελίδης Π., (ΓΕΔΣΑΠ-ΥΠΕΧΩΔΕ) (2003): Εναλλακτική Διαχείριση Παλαιών Ελαστικών – Νομοθετικό Πλαίσιο και Τεχνολογίες. Σημειώσεις Σεμιναρίου: Νόμος 2939 – Προεδρικά Διατάγματα Εφαρμογής Εναλλακτικής Διαχείρισης για τα οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους, τα παλαιά ελαστικά και τα χρησιμοποιημένα ορυκτέλαια. Επιστημονικό και επιμορφωτικό Κέντρο Χημικών Μηχανικών. Καλλιθέα Αττικής. 12-13 Μαΐου 2003.

Δούνας, Α., Καλλέργης, Γ., Μόρφης, Α., Παγούνης, Μ. (1978): Υδρογεωλογική έρευνα λεκάνης μέσου ρου του Ασωπού ποταμού. Αθήνα, Εκδόσεις Ι.Γ.Μ.Ε.

Δρόσου Ε., (2007): Μεταπτυχιακή Διατριβή, «Μελέτη φυσιολογικών και αγροκομικών χαρακτηριστικών που σχετίζονται με την αξιοποίηση του αζώτου και του φωσφόρου στο κριθάρι και στο σκληρό σιτάρι», ΠΜΣ Ειδίκευση Γενετικής Βελτίωσης Φυτών Αγροκομίας και Ζιζανολογίας, Γεωπονική Σχολή, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.

Ε.Α.Α, (2010): Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών - Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος @ <http://penteli.meteo.gr/meteosearch/default.asp>

Ε.Ε.Δ.Σ.Α, (2005): Ελληνική Εταιρεία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων @ <http://www.eedsa.gr/Contents.aspx?catid=50&lang=gr>

ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε, (1992): Εδαφολογική Μελέτη Νομού Βοιωτίας (Κλίμακα 1:100000), Χαρτογράφηση Μηχανογράφηση αξιολόγηση των εδαφών της Βοιωτίας, Ινστιτούτο Εδαφολογίας Αθηνών, Λυκόβρυση Αττικής.

Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ), 1978-1998 http://www.hnms.gr/hnms/greek/about_emy/full_story.html

Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδος (Ε.Σ.Υ.Ε.), <http://www.statistics.gr>

Θέος Ν., (2008): Υδρολογικό ισοζύγιο της λεκάνης του Ασωπού ποταμού, Μεταπτυχιακή διατριβή, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.

Καλλιτσάρη Χρυσή, Μεταπτυχιακή Διατριβή (2009): Κριτική Μελέτη Σχέσεων Απόδοσης Καλλιεργειών σε Συνάρτηση με τη Διαθεσιμότητα του Νερού στο Έδαφος. ΑΠΘ, Γεωπονική Σχολή, Τομέας Εργείων Βελτιώσεων, Εδαφολογίας & Γεωργικής Μηχανικής, ΠΜΣ, Ειδίκευση Γεωργικής Μηχανικής & Υδατικών Πόρων.

Καραμάνος Α., (1992): Τα σιτηρά των Εύκρατων Κλιμάτων, Ανωτάτη Γεωπονική Σχολή Αθηνών, Αθήνα.

Κουκουλάκης Π. Χ., (2001): Η ερμηνεία της ανάλυσης του εδάφους. Α. Η. Παπαδόπουλος. Εκδόσεις Σταμούλη. Σελ.372 .

Μαριολόπουλος, Η.Γ., (1982): Το κλίμα της Ελλάδος, Αθήνα

Μετζάκης Δ., (1998): Ειδική Γεωργία Ι - Σιτηρά, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής, Τ.Ε.Ι. Ηπείρου, Άρτα.

Μήτσιος Ι. Κ., (1988): Προσδιορισμός σε εδάφη του ρυθμού αποδέσμευσης του μη εναλλακτικού καλίου με τη μέθοδο των Ca – Ρητινών. Γεωργική Έρευνα 12: 87-98.

Μιγκίρος Γ., (2008): Διαχείριση νερού ως φυσικός πόρος, στο 1ο Αναπτυξιακό Συνέδριο Ν. Καρδίτσας, Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Καρδίτσας, 8-10 Φεβρουαρίου 2008.

Μιμίκου Μ.Α., (2009): Οι υδάτινοι πόροι της Ελλάδας: Παρόν και μέλλον, στην Ημερίδα «Το Νερό στην Εποχή της Κλιματικής Αλλαγής», Ίδρυμα Ευγενίδου, 9 Δεκεμβρίου 2009.

Μισοπολινός, Ν.Δ., (1991): Προβληματικά Εδάφη. Μελέτη-Πρόληψη-Βελτίωση. Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη Θεσσαλονίκη. Β' Έκδοση, σελ. 188.

Μουντράκης Δ., (1983): Η Γεωλογική Δομή της Βόρειας Πελαγονικής Ζώνης και η Γεωτεκτονική Εξέλιξη των Εσωτερικών Ελληνίδων. Διατριβή επί Υψηλής, Παν/μιο Θεσσαλονίκης, p. 289.

Οικονόμου Ν. & Μαυρίδου Σ., (2008): Χρήση φθαρμένων ελαστικών σε έργα πολιτικού μηχανικού. 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Δομικών Υλικών και Στοιχείων, ΤΕΕ, Αθήνα, 21-23 Μαΐου, 2008.

Παναγιωτόπουλος Κ., (2008): Εδαφολογία, 2η έκδοση, Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη, σελίδες 333.

Παπακωνσταντίνου Γ. (1993): Η έλλειψη σιδήρου στα φυτά και πως αντιμετωπίζεται. Γεωργία – Κτηνοτροφία 3. Σελ. 42-48.

Παπακώστα Δ., (1997): Σημειώσεις Ειδικής Γεωργίας Ι - Σιτηρά, Ψυχανθή, Χορτοδοτικά Φυτά, Τμήμα Γεωπονίας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.

Πολυζόπουλος Ν., (1976): Εδαφολογία, Αφοί Π. Σακκουλά, Θεσσαλονίκη ΥΠΑΑΤ, 2010. Η εξέλιξη της καλλιέργειας του σύσπορου βαμβακιού, Δ/ση Αγροτικής Πολιτικής & Τεκμηρίωσης,, Αθήνα.

Σκουπίδια και Ανακύκλωση, (1996): Περιοδικό “Σκουπίδια και Ανακύκλωση”, Τεύχος 19 Ιούλιος-Σεπτέμβριος 1996, Αφιέρωμα: Χρησιμοποιημένα ελαστικά και περιβάλλον.

Συμεωνίδης Κ., (2005): Απόβλητα, πρόβλημα της σύγχρονης κοινωνίας: Μπορεί η κοινωνία να δώσει βιώσιμες λύσεις. Πρακτικά Ημερίδας: Διαχείριση Απορριμάτων στη Θεσσαλονίκη. Παλαιά Απόβλητα – Νέες Λύσεις. Σελ. 62-67, Θεσσαλονίκη.

Σφήκας Α., (1995): Ειδική Γεωργία, Σιτηρά, Ψυχανθή και Χορτοδοτικά Φυτά, Α.Π.Θ., Εκδόσεις Υπηρεσία Δημοσιευμάτων, Θεσσαλονίκη.

Σώκος Κ. Λ., (2010): Μεταπτυχιακή Διατριβή, «Αντίδραση τεσσάρων ποικιλιών σκληρού σιταριού στην έλλειψη νερού και αζώτου», ΠΜΣ Ειδίκευση Γενετικής Βελτίωσης Φυτών Αγροκομίας και Ζιζανολογίας, Γεωπονική Σχολή, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη 2010.

ΥΠΑΑΤ, 2002. Σχέδιο Προγράμματος Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων της Ελλάδας, Δ/ση Υδατικού Δυναμικού, Αθήνα

ΦΕΚ 1145B/28-07-2004, ΥΑ 106157/04. «Έγκριση του συλλογικού συστήματος εναλλακτικής διαχείρισης της Ecoelastika».

ΦΕΚ 1909B/22-12-2003, ΚΥΑ Η.Π. 50910/2727. «Μέτρα και Όροι για τη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων / Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης». Ενσωμάτωση της Οδηγίας Πλαίσιο 91/156/ΕΟΚ .

ΦΕΚ Α' 81/5.3.2004, ΠΔ 116/2004. «Μέτρα, όροι και πρόγραμμα για την εναλλακτική διαχείριση των οχημάτων στο τέλος του κύκλου ζωής τους, των χρησιμοποιημένων ανταλλακτικών τους και των απενεργοποιημένων καταλυτικών μετατροπέων σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 2000/53/ΕΚ «για τα οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους» του Συμβουλίου της 18ης Σεπτεμβρίου 2000 ».

Φολίνας Ν., (1990): «Φυτά μεγάλης καλλιέργειας Ι». Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα. Σελ. 27-28.

Χαρτζουλάκης Κ. & Μπερτάκη Μ., (2009): Ορθολογική διαχείριση του νερού άρδευσης: Αναγκαιότητα για αειφόρο αγροτική ανάπτυξη. Πρακτικά 23ου Συνεδρίου της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών - Τεύχος Α, 2009- ΕΘΙΑΓΕ, Ινστιτούτο Ελιάς και Υποτροπικών Φυτών, 73100 Χανιά Κρήτης.