



Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΤΟ  
ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΧΩΡΟ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΙΚΗ  
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΤΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΩΝ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ**

*«Επίδραση χρήσης ζεόλιθου ως ενισχυτικού παράγοντα λίπανσης N, P  
και K καλλιέργειας μηλιάς»*



**ΜΑΛΕΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ**

**ΒΟΛΟΣ 2016**

[i]

**Μέλη Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:**

**Αντωνιάδης Βασίλειος (Επίκουρος Καθηγητής Εφαρμοσμένης  
Εδαφολογίας)**

**Δημήρκου Ανθούλα (Καθηγήτρια Εδαφολογίας με έμφαση στη  
Χημεία Εδάφους)**

**Νάνος Δ. Γεώργιος (Καθηγητής Δενδροκομία)**

Copyright © *ΜΑΛΕΑΣ ΒΑΣΙΛΗΣ*, 2016.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας διατριβής, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης.

Η έγκριση της Μεταπτυχιακής Διατριβής Ειδίκευσης από το Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δε δηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Αισθάνομαι την ανάγκη να εκφράσω από καρδιάς τις ευχαριστίες μου, στους ανθρώπους που συνέβαλαν στην προσπάθεια της υλοποίησης αυτής της εργασίας. Πρώτα και πάνω απ' όλους, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κύριο Αντωνιάδη Βασίλειο για την συνεχή καθοδήγηση, υποστήριξη, συμπαράσταση και υπομονή που επέδειξε σε όλη τη διάρκεια της εργασίας. Θερμά ευχαριστώ τους καθηγητές της τριμελούς επιτροπής κ. Δημήτρου Ανθούλα και κ. Νάνο Γεώργιο για την ένθερμη υποστήριξη, την αδιάλειπτη καθοδήγηση, τις ουσιώδεις συμβουλές και το υλικό που μου παρείχαν για την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας. Ενώ νιώθω και την ανάγκη να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην κ.Δρ. Γκόλια Ευαγγελία και στην κ.Φύλλις Γεωργουδάκη για την πολύτιμη βοήθεια τους στο εργαστήριο και στις εργαστηριακές αναλύσεις. Πολύτιμος βοηθός μου στον μηλεώνα, κατά την διάρκεια του πειράματος, ο παππούς μου Στέφανος τον οποίο και ευχαριστώ. Ενώ τέλος θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένεια μου και την αρραβωνιαστικιά μου για την στήριξη που μου παρείχαν και συνεχίζουν να μου παρέχουν σε ότι και αν κάνω.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η σωστή θρέψη των φυτών είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν τις αποδόσεις των καλλιεργειών. Σκοπός αυτής της εργασίας ήταν η μελέτη και η σύγκριση διαφορετικών ποσοστών λιπάνσεων σε καλλιέργεια μηλεώνα τόσο με την παρουσία ζεόλιθου όσο και χωρίς. Οι λιπάνσεις οι οποίες συγκρίθηκαν ήταν οι εξής: 50% λίπανση (50% N, 100% P, 100% K) με τη χρήση ζεόλιθου, 75% λίπανση (75% N, 100% P, 100% K) με τη χρήση ζεόλιθου, 100% λίπανση (100% N, 100% P, 100% K) με τη χρήση ζεόλιθου και 100% λίπανση (100% N, 100% P, 100% K) χωρίς την παρουσία ζεόλιθου. Απαραίτητη ήταν και η παρουσία ενός μάρτυρα, δηλαδή μια μεταχείριση χωρίς καμία χρήση λιπάσματος. Η κάθε μεταχείριση είχε τέσσερις επαναλήψεις, οπότε το πείραμα συνολικά είχε 20 πειραματικά τεμάχια (plots) και έλαβε χώρα σε μηλεώνα στην περιοχή Βασιλειάδας η οποία βρίσκεται στον νομό Καστοριάς. Η καλλιεργητική περίοδος στον αγρό είχε διάρκεια περίπου εννέα μηνών από τις 15/02/2015 έως τις 15/10/2015, κατά τη διάρκεια της οποίας εκτός από τις καλλιεργητικές φροντίδες, πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες φύλλων και εδάφους και οι συγκομιδές των καρπών. Έπειτα ακολούθησαν οι εργαστηριακές αναλύσεις σε φυτικό υλικό και έδαφος καθώς και η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων τους, ώστε να διεξαχθούν τα τελικά αποτελέσματα. Η ταυτόχρονη χορήγηση ζεόλιθου και λιπάσματος έδειξε σημαντική διαφοροποίηση σε σχέση τόσο με την μεταχείριση όπου εφαρμόστηκε αποκλειστικά και μόνο λίπασμα χωρίς την παρουσία ζεόλιθου όσο και με τον μάρτυρα. Επιπρόσθετα, η αυξανόμενη ποσότητα λιπάσματος αύξησε σημαντικά τη συνολική παραγωγή. Η παρουσία ζεόλιθου μαζί με τη χρήση λιπάσματος, σε αυξανόμενες δόσεις ανά μεταχείριση, είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγής στην μεταχείριση 100-Z παρουσιάζοντας στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με την μεταχείριση 100-nZ, η οποία με την σειρά της παρουσίασε τις ίδιες τιμές με την μεταχείριση 75-Z όσον αφορά τη συνολική παραγωγή ανά στρέμμα..

## ABSTRACT

Plant nutrition is one of the most important factors that affect the yield. The purpose of this dissertation was to study and compare four different fertilization rates in apple orchard cultivation both in the presence of zeolite and without it. The fertilizations which were compared were as follows: 50% fertilization using zeolite, 75% fertilization using zeolite, 100% fertilization using zeolite and 100% fertilization without the presence of zeolite. The presence of a control treatment was necessary, and that means a treatment with no use of fertilizer. Each treatment had four replicates, therefore the experiment had totally 16 experimental units (plots) and took place in an apple orchard in the country of Basileiada in the region of Kastoria. The growing season in the field lasted around nine months from 15/02/2015 until 10/15/2015, during this, other than cultivation, leaf samples and soil and fruit crops were held. Next, laboratory analysis took place in plant material and soil as well as the statistical analysis of their results, in order to have the final results. The simultaneous administration of zeolite and fertilizer showed considerable variation both in relation to the treatment in which only fertilizer was applied without the presence of zeolite, as well as with the control treatment. Additionally, the growing quantity of fertilizer significantly increased the total production. The presence of zeolite with the use of fertilizer, in increasing doses per treatment, resulted in an increase in production in treatment 100-Z showing a statistically significant difference compared to the treatment of 100-nZ, which in turn showed the same values with the treatment of 75-Z on the overall production per acre.

Εγώ, ο Βασίλης Μαλέας, είμαι ο συγγραφέας αυτής της Μ.Δ.Ε. Αυτή η Μ.Δ.Ε. αντικατοπτρίζει την έρευνα που έγινε από εμένα και δεν έχει υποβληθεί (εξ ολοκλήρου ή μέρος της) σαν προπτυχιακή διατριβή ή Μ.Δ.Ε. ή ως μέρος Διδακτορικής Διατριβής σε αυτό ή άλλο Προπτυχιακό ή Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών Ιδρυμάτων Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης του εσωτερικού ή εξωτερικού. Όποια συνεργασία καθώς και το μέγεθος αυτής δηλώνονται επακριβώς στο αντίστοιχο πεδίο αυτής της διατριβής. Επίσης έχω διαβάσει όλες τις βιβλιογραφικές αναφορές που παρατίθενται στο τέλος.

Ως επιβλέπων της έρευνας που περιγράφεται σε αυτή τη διατριβή, δηλώνω ότι όλοι οι όροι του Εσωτερικού Κανονισμού του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος έχουν τηρηθεί από τον κο Μαλέα Βασίλη.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1.Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή</b>	<b>1</b>
1.1 Καλλιέργεια μηλιάς	1
1.1.1 Γενικά	1
1.1.2 Η καλλιέργεια της μηλιάς στην Ελλάδα	1
1.1.3 Εδαφοκλιματικές συνθήκες	4
1.2 Ζεόλιθος	6
1.2.1 Δομή ζεόλιθων	6
1.2.2 Ιδιότητες ζεόλιθων	8
1.2.3 Χαρακτηριστικότερες χημικές ιδιότητες ζεόλιθου	9
1.2.4 Η χρήση του ζεόλιθου στην γεωργία	10
1.3 Ανόργανη θρέψη της μηλιάς	13
1.3.1 Άζωτο (N)	13
1.3.2 Φώσφορος (P)	14
1.3.3 Κάλιο (K)	15
1.3.4 Ασβέστιο (Ca)	15
1.4 Σκοπός της εργασίας	16
<b>2. Κεφάλαιο 2 – Υλικά και μέθοδοι</b>	<b>17</b>
2.1 Πειραματικός σχεδιασμός μηλεώνα	17
2.2 Καλλιεργητικές πρακτικές στον αγρό	18
2.3 Μέθοδοι- αναλύσεις εδάφους	20
2.3.1 Μέτρηση pH και EC	20
2.3.2 Μέτρηση οργανικής ουσίας	21
2.3.3 Μέτρηση P κατά Olsen	21
2.3.4 Μέτρηση νιτρικού αζώτου (NO <sub>3</sub> -N)	22



<b>2.3.5 Μέτρηση διαθέσιμων ιχνοστοιχείων (DTPA)</b>	<b>23</b>
<b>2.3.6 Μέτρηση ανταλλαξίμων κατιόντων Ca, Mg, K</b>	<b>23</b>
<b>2.4 Μέθοδοι ανάλυσης φυτικού ιστού</b>	<b>24</b>
<b>2.4.1 Ολικό άζωτο στο φυτό κατά Kjeldahl</b>	<b>24</b>
<b>2.4.2 Μέτρηση P</b>	<b>26</b>
<b>2.4.3 Μέτρηση λοιπών μικροστοιχείων (Ca, Mg, K)</b>	<b>26</b>
<b>2.4.4 Μέτρηση ιχνοστοιχείων</b>	<b>27</b>
<b>2.5 Εκτίμηση ποιοτικών χαρακτηριστικών</b>	<b>27</b>
<b>2.5.1 Προσδιορισμός χρώματος σάρκας καρπού</b>	<b>27</b>
<b>2.5.2 Σκληρότητα σάρκας του καρπού</b>	<b>28</b>
<b>2.5.3 Διαλυτά στερεά συστατικά</b>	<b>28</b>
<b>2.5.4 Ογκομετρούμενη οξύτητα</b>	<b>28</b>
<b>2.6 Στατιστική ανάλυση</b>	<b>29</b>
<b>3. Κεφάλαιο 3 – Αποτελέσματα και συζήτηση</b>	<b>30</b>
<b>3.1 Αποτελέσματα</b>	<b>30</b>
<b>3.2 Συζήτηση</b>	<b>51</b>
<b>4. Συμπεράσματα</b>	<b>57</b>
<b>Βιβλιογραφία</b>	<b>58</b>
<b>Ελληνική</b>	<b>58</b>
<b>Ξενόγλωσση</b>	<b>58</b>
<b>Από το διαδίκτυο</b>	<b>60</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α</b>	<b>61</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β</b>	<b>69</b>

## ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Παραγωγή μήλων σε νομούς της Ελλάδας κατά τα έτη 2000 & 2008.....	2
Πίνακας 2. Συνολική παραγωγή ανά μεταχείριση (με αναγωγή σε στρέμμα υπολογίζοντας 77 δέντρα/στρ).....	56

## ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1 Οι τιμές του pH του εδάφους στις 5 μεταχειρίσεις κατά την διάρκεια των 2 δειγματοληψιών που διενεργήθηκαν.....	30
Σχήμα 1.2 Οι τιμές της EC του εδάφους στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη δεύτερη δειγματοληψία.....	31
Σχήμα 1.3 Οι τιμές του νιτρικού αζώτου NO <sub>3</sub> -N του εδάφους στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη διάρκεια της πρώτης (N-1) και δεύτερης (N-2) δειγματοληψίας.....	31
Σχήμα 1.4 Οι τιμές του P του εδάφους στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη δεύτερη δειγματοληψία.....	32
Σχήμα 1.5 Οι τιμές του K του εδάφους στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη δεύτερη δειγματοληψία.....	33
Σχήμα 1.6 Οι τιμές του Na του εδάφους στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη δεύτερη δειγματοληψία.....	33
Σχήμα 1.7 Οι τιμές του Ca του εδάφους στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη δεύτερη δειγματοληψία.....	34
Σχήμα 1.8 Οι τιμές του Mg του εδάφους στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη δεύτερη δειγματοληψία.....	35
Σχήμα 1.9 Οι τιμές του Cu του εδάφους στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη δεύτερη δειγματοληψία.....	35
Σχήμα 1.10 Οι τιμές του Fe του εδάφους στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη δεύτερη δειγματοληψία.....	36
Σχήμα 1.11 Οι τιμές του Mn του εδάφους στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη δεύτερη δειγματοληψία.....	36
Σχήμα 1.12 Οι τιμές του Zn του εδάφους στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη δεύτερη δειγματοληψία.....	37

Σχήμα 2.1 Οι τιμές του P % στο φυτό στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη διάρκεια της πρώτης (P-1) και δεύτερης (P-2) δειγματοληψίας.....	37
Σχήμα 2.2 Οι τιμές του K % στο φυτό στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη διάρκεια της πρώτης (K-1) και δεύτερης (K-2) δειγματοληψίας.....	38
Σχήμα 2.3 Οι τιμές του Na στο φυτό στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη διάρκεια της πρώτης (Na-1) και δεύτερης (Na-2) δειγματοληψίας.....	39
Σχήμα 2.4 Οι τιμές του Ca % στο φυτό στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη διάρκεια της πρώτης (Ca-1) και δεύτερης (Ca-2) δειγματοληψίας.....	39
Σχήμα 2.5 Οι τιμές του Mg % στο φυτό στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη διάρκεια της πρώτης (Mg-1) και δεύτερης (Mg-2) δειγματοληψίας.....	40
Σχήμα 2.6 Οι τιμές του N % στο φυτό στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη διάρκεια της πρώτης (N-1) και δεύτερης (N-2) δειγματοληψίας.....	41
Σχήμα 2.7 Οι τιμές του Cu % στο φυτό στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη διάρκεια της πρώτης (Cu-1) και δεύτερης (Cu-2) δειγματοληψίας.....	42
Σχήμα 2.8 Οι τιμές του Fe % στο φυτό στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη διάρκεια της πρώτης (Fe-1) και δεύτερης (Fe-2) δειγματοληψίας.....	43
Σχήμα 2.9 Οι τιμές του Mn % στο φυτό στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη διάρκεια της πρώτης (Mn-1) και δεύτερης (Mn-2) δειγματοληψίας.....	43
Σχήμα 2.10 Οι τιμές του Zn % στο φυτό στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη διάρκεια της πρώτης (Zn-1) και δεύτερης (Zn-2) δειγματοληψίας.....	44
Σχήμα 3.1 Σκληρότητα σάρκας στους καρπούς στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος.....	45
Σχήμα 3.2 Διαλυτά στερεά συστατικά στους καρπούς στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος.....	45
Σχήμα 3.3 Τιμές L* (φωτεινότητα σάρκας) των καρπών στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος.....	46

Σχήμα 3.4 Τιμές C (πραγματικό χρώμα) των καρπών στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος.....	46
Σχήμα 3.5 Τιμές hue angle (απόχρωση χρώματος) των καρπών στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος.....	47
Σχήμα 3.6 Τιμές pH στους καρπούς στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος.....	48
Σχήμα 3.7 g οξύτητας/100 ml στους καρπούς στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος.....	48
Σχήμα 3.8 Βάρος 10 καρπών (g) στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος .....	49
Σχήμα 3.9 Συνολικά μήλα στις επαναλήψεις στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος...	49
Σχήμα 3.10 Βάρος καρπών ανά επανάληψη (kg) στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος .....	50
Σχήμα 4 Συνολική παραγωγή ανά μεταχείριση (με αναγωγή σε στρέμμα υπολογίζοντας 77 δέντρα/στρ).....	56

## ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 Μήλα Red Delicious.....	3
Εικόνα 2 Μήλα Golden Delicious.....	3
Εικόνα 3 Ζεόλιθοι .....	8
Εικόνα 4 Βασική δομή Ζεόλιθου .....	8
Εικόνα 5 Τετράεδρα πυριτίου και αργυλίου.....	9
Εικόνα 6 Ο Μηλεώνας καθώς και το σύστημα φύτευσης και διαμόρφωσης (παλμέττα) στον οποίο διενεργήθηκε το πείραμα.....	19
Εικόνα 7 Ο Μηλεώνας καθώς και το σύστημα φύτευσης και διαμόρφωσης (παλμέττα) στον οποίο διενεργήθηκε το πείραμα.....	20

## Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

### 1.1 Καλλιέργεια Μηλιάς

#### 1.1.1 Γενικά

Η μηλιά αποτελεί στην σημερινή εποχή το πιο διαδεδομένο οπωροφόρο παγκοσμίως. Αν κάνει κάποιος τον κόπο να ψάξει σήμερα, θα βρει μηλεώνες από την Σιβηρία μέχρι και την Βόρεια Κίνα και αυτό διότι η μηλιά καταλαμβάνει περίπου το 50% των εκτάσεων των φυλλοβόλων οπωροφόρων, ενώ είναι αξιοσημείωτο ότι μπορεί να καλλιεργηθεί μέχρι και σε περιοχές στις οποίες η θερμοκρασία μπορεί να αγγίζει τους -40 °C (Θεριός, 2013).

Οι πιο διαδεδομένες ποικιλίες της μηλιάς είναι η Golden Delicious και οι ποικιλίες Red Delicious, η Mutsu η οποία είναι ιαπωνικής προέλευσης καθώς και η Granny Smith. Η καλλιέργεια της μηλιάς είναι διαδεδομένη σε ολόκληρο σχεδόν τον κόσμο ([http-1](#)).

#### 1.1.2 Η καλλιέργεια της μηλιάς στην Ελλάδα

Η μηλιά αποτελεί για την Ελλάδα ένα από τα σημαντικότερα είδη οπωροφόρων δέντρων. Η μηλοκαλλιέργεια αποτελεί στην χώρα μας την τέταρτη πιο σημαντική καλλιέργεια, μετά από εκείνη της ελιάς, των εσπεριδοειδών και της ροδακινιάς. Η συνολική της έκταση κατά τη πάροδο των χρόνων παρουσίασε μείωση λόγω κυρίως της εγκατάλειψης πολλών πεδινών μηλεώνων, παρ' όλα αυτά όμως, όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1), παρά την μείωση της έκτασης η παραγωγή κατάφερε να διατηρηθεί σε πολύ καλά επίπεδα, εξαιτίας του εκσυγχρονισμού της καλλιέργειας αλλά και την ένταξη πιο παραγωγικών ποικιλιών.

Τα μήλα που παράγονται είναι υψηλής ποιότητας ενώ ορισμένα από αυτά, όπως της Αρκαδίας και της Ζαγοράς Πηλίου, έχουν πετύχει την αναγνώρισή τους από την Ε.Ε. ως προϊόντα Π.Ο.Π (Προστατευόμενη Ονομασία Προέλευσης). Κυρίαρχη θέση κατέχουν οι ποικιλίες της ομάδας Red Delicious με κύριο εκπρόσωπο τους την ποικιλία Redchief (Εικόνα 1), που τα τελευταία χρόνια τείνει να αντικαταστήσει τις

παλαιότερες ποικιλίες όπως τη Starking και τη Starcrimson. Οι καρποί της Red Delicious διακρίνονται κατά κύριο λόγο για την εμφάνισή τους και το χρώμα τους, ενώ όσον αφορά τα γευστικά χαρακτηριστικά δεν παρουσιάζουν κάτι το ιδιαίτερο, ωστόσο η εξωτερική τους εμφάνιση είναι αυτή που κερδίζει τους καταναλωτές. Δεύτερη δημοφιλέστερη ποικιλία αποτελεί η Golden Delicious (Εικόνα 2) με τις παραλλαγές της, ενώ ακολουθεί η Granny Smith, η ομάδα ποικιλιών Gala και Jonagold και τέλος η Fuji Kiku (Θεριός, 2013).

Νομός	Παραγωγή 2000		Παραγωγή 2008	
	Χιλ. Τόνοι	%	Χιλ. Τόνοι	%
Ημαθία	85.2	27,5	55.3	23
Πέλλα	66.6	21,5	55.8	23,2
Λάρισα	35.7	11,5	40	16,6
Καστοριά	33.8	10,9	22.9	9,5
Μαγνησία	24.2	7,8	21.9	9,1
Αρκαδία	14.3	4,6	11.3	4,7
Φλώρινα	8.4	2,7	6	2,5
Κοζάνη	8	2,6	8.4	3,5
Λοιπές Περιοχές	33.2	10,7	19	7,9
Σύνολο	310,071	100	240,34	100

Πίνακας 1. Παραγωγή μήλων σε νομούς της Ελλάδας κατά τα έτη 2000 & 2008 (Θεριός, 2013)





Εικόνα 1. Μήλα Red Delicious (πηγή, <http-2>).



Εικόνα 2. Μήλα Golden Delicious (πηγή, <http-3>).

### 1.1.3 Εδαφοκλιματικές συνθήκες

**Κλίμα:** Η μηλιά αποτελεί δέντρο των ψυχρών αλλά και των υγρών κλιμάτων. Δεν αντέχει σε θερμοκρασίες οι οποίες υπερβαίνουν κατά πολύ τους 25-30°C. Ευδοκίμει κατά κύριο λόγο εκεί που έχει την δυνατότητα να εξασφαλίσει αρκετό χειμερινό ψύχος (έτσι ώστε να μπορέσει να επιτευχθεί η διακοπή του λήθαργου των οφθαλμών) και δροσερό καλοκαίρι. Απαντάται δε μέχρι υψομέτρου 1500 μέτρων. Οι ορεινές περιοχές κατά συνέπεια εμφανίζονται πιο κατάλληλες για την παραγωγή κόκκινων μήλων, ενώ αντίθετα στα πεδινά έχει καλύτερα αποτελέσματα η παραγωγή κίτρινων και πράσινων μήλων.

**Θερμοκρασία:** Το κόκκινο χρώμα των καρπών επηρεάζεται από τη θερμοκρασία αλλά και το κλίμα του καλοκαιριού, και κατά συνέπεια και η ποιότητα της παραγωγής. Πολύ ψηλές θερμοκρασίες αν συνδυαστούν με έλλειψη εδαφικής υγρασίας δύνανται να προκαλέσουν σοβαρές ζημιές στην παραγωγή.

**Έδαφος:** Η μηλιά ευδοκίμει σε εδάφη που έχουν διάφορη σύσταση. Ωστόσο, μεγαλύτερη σημασία κατά κύριο λόγο έχει η φύση του υπεδάφους, παρά η ποιότητα του επιφανειακού εδάφους. Το υπέδαφος είναι απαραίτητο να αποστραγγίζεται καλά, καθώς οι ρίζες της μηλιάς είναι πολύ ευαίσθητες σε περίσσεια νερού. Το κατάλληλο έδαφος πρέπει να έχει σύσταση αμμοπηλώδη. Όσον αφορά σε εδάφη με μεγάλη περιεκτικότητα τόσο σε ασβέστιο όσο και άργιλο ή με συνεκτικό υπέδαφος το καλύτερο σε αυτές τις περιπτώσεις θα ήταν η αποφυγή εγκατάστασης καλλιέργειας. Η περίσσεια ασβεστίου μπορεί να προκαλέσει τροφοπενίες στο δένδρο. Το ιδανικό pH του εδάφους κυμαίνεται μεταξύ 6,2 έως 6,8 ([http-4](#)).

**Άρδευση:** Η μηλιά είναι δέντρο που ανέχεται την εδαφική υγρασία αλλά ταυτόχρονα και την απαιτεί, ιδιαίτερα κατά την διάρκεια της θερινής περιόδου. Χρειάζεται κατά προσέγγιση περίπου 10.000mm βροχής/έτος και εφόσον οι ανάγκες της δεν ικανοποιούνται από τις βροχοπτώσεις τότε πρέπει να αρδεύεται συστηματικά. Η άρδευση γίνεται συχνότερα σε βαριά και σε αμμώδη εδάφη όπου τα δέντρα έχουν ετήσιους βλαστούς μικρότερους από 25cm και δίνουν μικρούς και κακής ποιότητας καρπούς. Η άρδευση με σταγόνες παρουσιάζει τα περισσότερα πλεονεκτήματα συγκριτικά με τις άλλες μεθόδους και για αυτόν τον λόγο την προτιμούν οι

παραγωγοί. Άλλες μέθοδοι είναι το σύστημα τεχνητής βροχής με μεταφερόμενους σωλήνες και η άρδευση με κατάκλιση. Την ανάγκη των δέντρων για νερό την διαπιστώνουμε και με την χρήση ενός τενσιόμετρου ή υγρασιόμετρου Βουγιούκου ή από την μάρανση των ζιζανίων στον μηλεώνα ή αλλιώς από το στρίψιμο των φύλλων ή ακόμη και από τις σχισμές που δημιουργούνται στο έδαφος του μηλεώνα. Η χρήση κανονικής ποσότητας νερού δίνει κανονική ανάπτυξη και όχι βλαστομανία, ενώ η υπερβολική χρήση νερού μπορεί να αποβεί καταστρεπτική, γιατί ευνοεί τόσο τις μονίλιες όσο και την πικρή κηλίδωση. Ειδικότερα, το νερό επηρεάζει τα διάφορα στάδια της βλάστησης και της άνθησης της μηλιάς κατά τον ίδιο τρόπο όπως συμβαίνει και στην αχλαδιά (Ποντίκης, 2003).

Λίπανση: Οι οπωρώνες μηλιάς λιπαίνονται αρχικά με κοπριά αφού φυτευτούν τα δενδρύλλια. Εν συνέχεια, η λίπανση συνεχίζεται με άζωτο σε ετήσια βάση ενώ τα άλλα βασικά θρεπτικά στοιχεία, όπως το κάλιο και ο φώσφορος, προστίθενται ανάλογα με τις ανάγκες που φαίνονται μετά το πέρας της εδαφολογικής ανάλυσης. Αναφορικά με τα υπόλοιπα ιχνοστοιχεία, προστίθενται στο έδαφος ή εφαρμόζονται διαφυλλικά ανάλογα με τις ανάγκες. Η σωστή λίπανση παίζει σημαντικό ρόλο στην ποιότητα καθώς και στην ποσότητα της παραγωγής αλλά και στη συντήρηση των καρπών μετά το πέρας της συγκομιδής. Με τη βοήθεια της φυλλοδιαγνωστικής ο παραγωγός έχει τη δυνατότητα να δει την θρεπτική κατάσταση στην οποία βρίσκονται τα δέντρα και να λιπάνει με τα κατάλληλα στοιχεία και στις ανάλογες δόσεις. Τα επιθυμητά ποσοστά περιεκτικότητας των φύλλων στα θρεπτικά στοιχεία είναι: 2% N, 0,30% P, 1,60% K, 0,40% Mg, 1% Ca, 100 ppm Mn, 18 ppm Zn, 35 ppm B, 50 ppm Fe και 4 ppm Cu.

Ωρίμανση - Συγκομιδή: Τα μήλα πρέπει να συγκομίζονται στο κατάλληλο στάδιο της ωριμότητάς τους. Όταν συγκομίζονται ανώριμα καταλήγουν να είναι υποβαθμισμένης ποιότητας, ενώ στερούνται γεύσεως, συρρικνώνονται κατά τη συντήρηση και υπόκεινται σε αλλοιώσεις με σημαντικότερο το επιφανειακό έγκαυμα. Ο καθορισμός του κατάλληλου σταδίου ωριμότητας επιτυγχάνεται καλύτερα με συνδυασμό των κριτηρίων ωριμότητας των καρπών, παρά με το καθένα χωριστά (Μηνοπούλου, 2007).

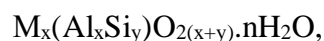
## 1.2 Ζεόλιθος

### 1.2.1 Δομή ζεόλιθων

Ο όρος ζεόλιθος επινοήθηκε το 1756 από τον Σουηδό ορυκτολόγο Axel Fredrik Cronstedt, ο οποίος παρατήρησε ότι κατά την ταχεία θέρμανση του ορυκτού stilbite παράγονται μεγάλες ποσότητες ατμού από το νερό, οι οποίες απορροφώνται από το ορυκτό. Βασιζόμενος κατά κύριο λόγο σ' αυτό το γεγονός, ονόμασε αυτό το ορυκτό zeolite, από την ελληνική λέξη ζέω (zeō), που σημαίνει βράζω, και λίθος. Οι ζεόλιθοι (Εικόνα 3) είναι αργιλοπυριτικά ορυκτά, τα οποία ανήκουν στην ομάδα των τεκτοπυριτικών. Το πλέγμα τους σχηματίζει διαύλους ή κοιλοότητες με διάμετρο 2-7 nm. (Περράκης, 2007). Παραδείγματα αυτών των δομικών μονάδων αποτελούν οι μονοί δακτύλιοι 4 ή 6 κυβικών σειρών και σειρές εξαγωνικών πρισμάτων ή διπλών εξαμελών δακτυλίων (Εικόνες 4, 5, 6).

Οι συνδυασμοί των συνδεδεμένων δακτυλίων στους ζεόλιθους δημιουργούν συστήματα καναλιών και σχετικά μεγάλων κοιλοτήτων. Στο εσωτερικό των συστημάτων αυτών βρίσκονται ασθενώς συνδεδεμένα κατιόντα και μόρια νερού. Η παρουσία των κατιόντων, η πλειοψηφία των οποίων ανήκει στην ομάδα των αλκαλίων και αλκαλικών γαιών ( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ), εξισορροπεί την ύπαρξη αρνητικού φορτίου, που προκύπτει από την υποκατάσταση του τετρασθενούς πυριτίου από το τρισθενές αργίλιο στο πλέγμα των ορυκτών. Κάθε ιόν  $K^+$  ή  $Na^+$  μπορεί να εξουδετερώσει ηλεκτρικά το φορτίο ενός τετραέδρου αργιλίου, ενώ κάθε ιόν  $Ca^{2+}$  ή  $Mg^{2+}$  δύο.

Ο γενικός χημικός τύπος που περιγράφει έναν ζεόλιθο είναι:



όπου M = αλκάλι ή αλκαλική γαία. Τα κρυσταλλικά πλέγματα των ζεόλιθων μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις ομάδες βάσει του τρόπου σύνδεσης των τετραέδρων:

- Περισσότεροι δεσμοί προς μία κρυσταλλογραφική διεύθυνση
- Περισσότεροι δεσμοί σε ένα επίπεδο
- Παρόμοιο πλήθος δεσμών σε όλες τις διευθύνσεις

Η ποσότητα του νερού που μπορούν να απορροφήσουν κυμαίνεται από 10 μέχρι 20% της μάζας του άνυδρου μέλους. Το νερό αυτό εν συνεχεία αποβάλλεται συνεχώς με θέρμανση από τους 100°C έως τους 350°C και επαναπροσλαμβάνεται με σταδιακή μείωση της θερμοκρασίας σε θερμοκρασία δωματίου.

Η κρυσταλλική δομή των ζεόλιθων είναι αξιοσημείωτα «ανοικτή», με όγκους κενών που φτάνουν το 50% του άνυδρου μέλους. Αγωγοί ή κανάλια διαστάσεων από 2 μέχρι 8 Å στη διάμετρο οδηγούν σε μεγάλες τρισδιάστατες κοιλότητες, όπου είναι δυνατό να απορροφηθούν μεγαλομοριακές ενώσεις αλλά και κατιόντα. Το σύστημα των αγωγών και κοιλοτήτων είναι διαφορετικό σε κάθε ζεολιθική δομή (http-5). Όσο πιο ανοικτά είναι τα κανάλια στα στενότερα σημεία τους, τόσο μεγαλύτερα είναι τα κατιόντα που μπορούν να εισέλθουν στη δομή των ορυκτών. Ως εκ τούτου, οι ζεόλιθοι μπορούν να δράσουν ως μοριακά κόσκινα, ενώ καθένας από αυτούς έχει ένα χαρακτηριστικό ανώτατο όριο για το μέγεθος του μορίου ή ιόντος που μπορεί να δεσμεύσει.

Στα περισσότερα ορυκτά της ομάδας τα κατιόντα και τα μόρια νερού μπορούν να μετακινηθούν άμεσα αλλά και να αντικατασταθούν από άλλα χωρίς να λάβει χώρα διατάραξη του πλέγματος, ενώ παράλληλα οι θέσεις και η χαλαρή δέσμευση αυτών καθιστά εφικτές και ως ένα βαθμό αντιστρέψιμες τις διαδικασίες αφυδάτωσης και ιοντοεναλλαγής.

Οι ζεόλιθοι διαιρούνται σε τρεις κύριες ομάδες βάσει της δομής και της μορφολογίας τους:

- Ομάδα νατρόλιθου
- Ομάδα χιουλανδίτη
- Ομάδα αρμοτόμου

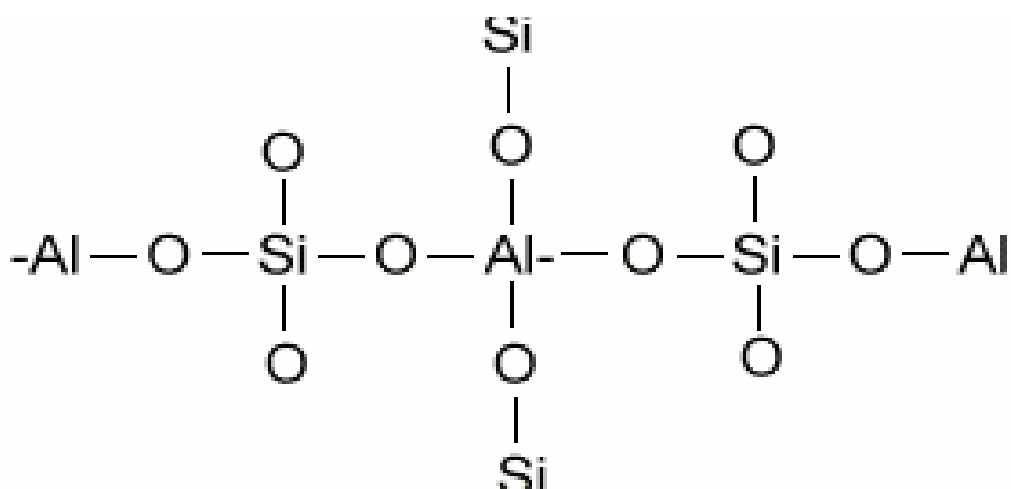
Σε ό,τι αφορά τους συνθετικούς ζεόλιθους είναι ανόργανα υλικά αργιλοπυριτικής σύστασης, τα οποία αποτελούν υποκατάστατα των φυσικών ζεόλιθων γιατί έχουν ανάλογες ιδιότητες. Από τη δεκαετία του '50 έχει αρχίσει η παραγωγή συνθετικών ζεόλιθων υψηλής χημικής καθαρότητας και καθορισμένης κρυσταλλικής δομής. Διακρίνουμε δύο τύπους συνθετικών ζεόλιθων.

### 1.2.2 Ιδιότητες ζεόλιθου

Οι ζεόλιθοι όταν είναι καθαροί είναι άχρωμοι ή λευκοί, παρ' όλα αυτά όμως μερικά είδη έχουν χρώμα φαιό ή πρασινωπό, που προέρχεται κυρίως από μικρές ή ασήμαντες ποσότητες προσμίξεων οξειδίων του σιδήρου, αργιλικών ορυκτών ή άλλων ουσιών. Παρουσιάζουν ιδιαίτερα χαμηλό ειδικό βάρος λόγω της πορώδους δομής τους που κυμαίνεται από 1,9 μέχρι 2,4 g/cm<sup>3</sup>. Η σκληρότητά τους κυμαίνεται από 3,5 μέχρι 5,5 της κλίμακας Mohs. Η θερμική τους σταθερότητα είναι περίπου μέχρι τους 700°C. Ενώ ο δείκτης διάθλασης των διαφόρων μελών της ομάδας κυμαίνεται μεταξύ 1,47 και 1,52. Οι δείκτες διάθλασης είναι ευαίσθητοι σε αλλαγές της περιεκτικότητας σε



Εικόνα 3. Ζεόλιθοι (<http-6>).



Εικόνα 4. Βασική δομή Ζεόλιθου (<http-7>).

νερό και σε κατιόντα, καθώς και σε μεταβολές της αναλογίας Si/Al. Οι δείκτες διάθλασης μειώνονται σημαντικά όταν αυξηθεί η αναλογία Si/Al (Μολώνη, 2003), (Λιώνη, 2004). Ιδιαίτερη σημαντική φυσική ιδιότητα των ζεόλιθων είναι η ηλεκτρική τους αγωγιμότητα, η οποία είναι ιοντικής μορφής και δημιουργείται λόγω της μετακίνησης των κατιόντων στο ζεολιθικό πλέγμα.



Εικόνα 5. Τετράεδρα πυριτίου και αργιλίου (<http-8>).

### 1.2.3 Χαρακτηριστικότερες χημικές ιδιότητες Ζεόλιθου

Οι χαρακτηριστικότερες χημικές ιδιότητες των ζεόλιθων, που βρίσκουν πληθώρα εφαρμογών στον εμπορικό και βιομηχανικό τομέα, είναι οι ακόλουθες:

**Προσρόφηση:** Μεγάλο ενδιαφέρον προκαλεί η παρουσία μεγάλων κενών χώρων και κοιλιοτήτων στο πλέγμα των ζεόλιθων. Όταν ο ζεόλιθος αφυδατωθεί, το κρυσταλλικό υλικό το οποίο παραμένει διαθέτει κενά τα οποία έχουν συγκεκριμένο μέγεθος και εκτεταμένη εσωτερική επιφάνεια. Η διεργασία αυτή εξαρτάται από το είδος του εκάστοτε ζεόλιθου, που είτε μελετάμε είτε χρησιμοποιούμε, αλλά και από το μέγεθος και το σχήμα των δεδομένων μορίων. Για να γίνουμε πιο συγκεκριμένοι, μόρια τα οποία έχουν μεγαλύτερη διάμετρο από αυτή των καναλιών δεν καταφέρνουν να εισέλθουν σε όλα τα κοιλώματα της δομής των ζεόλιθων κι έτσι είναι απίθανο να προσροφηθούν, ενώ μόρια με μικρότερη διάμετρο από αυτή των καναλιών μπορούν να προσροφηθούν. Στην αρχή αυτής της εκλεκτικής συμπεριφοράς βασίζεται ο γνωστός για τους ζεόλιθους όρος ως «μοριακά κόσκινα» (molecular sieves), ο οποίος βρίσκει ευρεία και εκτεταμένη εφαρμογή στον διαχωρισμό αερίων. Εκτός όμως από

το μέγεθος των καναλιών, οι ιδιότητες του μοριακού κόσκινου εξαρτώνται και από την παρουσία κατιόντων τα οποία δύνανται να φράξουν τα κανάλια.

Ικανότητα ανταλλαγής ιόντων: Ιοντοεναλλαγή ορίζεται ως η αντιστρέψιμη διαδικασία κατά την οποία δύο φάσεις που βρίσκονται σε επαφή μεταξύ τους ανταλλάσσουν ιόντα έως ότου αποκατασταθεί ισορροπία. Οι ζεόλιθοι αποτελούν ένα από τα πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα φυσικών ορυκτών ιοντοεναλλακτών. Ιοντοεναλλάκτες οι οποίοι φέρουν θετικά φορτία ονομάζονται ιοντοεναλλάκτες κατιόντων, ενώ αυτοί που φέρουν αρνητικά, λέγονται ιοντοεναλλάκτες ανιόντων. Θεωρώντας δεδομένο ότι η ιοντοεναλλαγή είναι μία αντιστρεπτή διαδικασία, ένας ιοντοεναλλάκτης, που έχει αποδώσει όλα τα ιόντα του και έχει πλέον εξαντληθεί, μπορεί να αναγεννηθεί με ένα διάλυμα του κατιόντος αυτού. Η συνηθέστερη μονάδα μέτρησης της ιοντοεναλλακτικής ικανότητας είναι σε γραμμοϊσοδύναμα (meq) ανά 100 g στερεού.

Ιοντικός αποκλεισμός: Ιοντικός αποκλεισμός ονομάζεται το φαινόμενο κατά το οποίο ένα κατιόν λόγω του μεγάλου μεγέθους του αδυνατεί να εισέλθει στο πλέγμα ενός ιοντοεναλλάκτη. Ο ιοντικός αποκλεισμός αποτελεί μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους σε αντιδράσεις ιοντοεναλλαγής που περιλαμβάνουν ζεόλιθους, επηρεάζοντας τον τρόπο με τον οποίο τα κατιόντα δεσμεύονται από αυτούς, είτε αποκλείοντας την είσοδο κάποιων κατιόντων στα μικρότερα κανάλια και κοιλότητες του πλέγματός τους, είτε καθυστερώντας την δέσμευση ενός ενυδατωμένου κατιόντος λόγω του μεγάλου μεγέθους του.

#### 1.2.4 Η χρήση του ζεόλιθου στην γεωργία

Μερικοί από τους τρόπους που μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι ζεόλιθοι σε εδαφικά συστήματα είναι οι εξής:

- α) σαν εδαφοβελτιωτικό,
- β) για την αύξηση της συγκέντρωσης αμμωνιακών ιόντων σε εδάφη,
- γ) σαν υποστρώματα σε καλλιέργειες
- δ) για την προώθηση της διάλυσης φωσφορικών πετρωμάτων

Η γενική χρήση των λιπασμάτων, των άλλων χημικών και των παρασκευασμάτων τους στην γεωργία και η διάλυσή τους στο χώμα προκαλεί ρύπανση του



περιβάλλοντος και διατήρηση των χημικών στα φυτά και στο χώμα. Πιο συγκεκριμένα, από τη στιγμή που τα αμμωνιακά ιόντα εισάγονται με την αζωτούχο λίπανση σε ένα εδαφικό διάλυμα, ένα μέρος τους θα προσληφθεί από τους φυτικούς ιστούς, ενώ ένα άλλο μέρος τους θα μετατραπεί σε νιτρικά ιόντα μέσω της διαδικασίας της νιτριοποίησης. Μέρος των νιτρικών ιόντων εκπλένονται από τα επιφανειακά προς τα βαθύτερα στρώματα και είναι πιθανόν να συναντήσουν τον υδάτινο ορίζοντα και να ρυπάνουν τα υπόγεια νερά και ίσως το νερό άρδευσης και ύδρευσης. Το φαινόμενο αυτό είναι ιδιαίτερα έντονο σε αμμώδη εδάφη με μικρή ικανότητα εναλλαγής κατιόντων και έτσι παραμένει αναξιοποίητο ένα μεγάλο ποσοστό της λίπανσης. Οι παραγωγοί προκειμένου να αντιμετωπίσουν τις απώλειες αυτές αναγκάζονται να προσθέτουν όλο και μεγαλύτερες ποσότητες λιπασμάτων με αποτέλεσμα την απώλεια χρημάτων και τη ρύπανση του περιβάλλοντος. Πρέπει επομένως να επιλυθούν και οι δύο διαστάσεις του προβλήματος: η οικονομική και η περιβαλλοντική.

Από αυτήν την άποψη ένα σημαντικό ρόλο παίζουν οι φυσικοί ζεόλιθοι που έχουν υψηλή ικανότητα ιοντικής εναλλαγής και ικανότητα κατακράτησης. Ως 100% φυσικό προϊόν ο ζεόλιθος μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στη βιολογική γεωργία αλλά και να λειτουργήσει συνεργατικά με τα χημικά λιπάσματα. Ο ζεόλιθος έχει την βασική ιδιότητα να δεσμεύει τα θρεπτικά συστατικά των λιπασμάτων και να τα απελευθερώνει μακροπρόθεσμα, ενώ ακόμα δεσμεύει την υγρασία αυξάνοντας το διάστημα μεταξύ ποτισμάτων και βελτιώνει τον αερισμό του εδάφους.

Βάσει αυτών των χαρακτηριστικών προκύπτουν τα παρακάτω:

- Αυξάνει τη σοδειά κάνοντας το έδαφος πιο αποτελεσματικό, αφού συλλαμβάνει και ρυθμίζει όλα τα πολύτιμα θρεπτικά συστατικά όπως κάλιο, μαγνήσιο, ασβέστιο και ιχνοστοιχεία, τα οποία και παρέχονται στο φυτό "όποτε ζητείται" με έναν οσμωτικό μηχανισμό "βραδείας αποδέσμευσης" που ελέγχεται από το ίδιο το φυτό. Κατά συνέπεια, οι ζεόλιθοι στο έδαφος μπορούν να παρατείνουν τα αποτελέσματα των ορυκτών λιπασμάτων.
- Αυξάνει την αποδοτικότητα των λιπασμάτων δεσμεύοντας μεγάλο ποσοστό των θρεπτικών συστατικών, που θα χανόντουσαν από τις βροχές

και τα ποτίσματα, μειώνοντας το κόστος των λιπασμάτων και των φυτοφαρμάκων.

- Η ανάμειξη του φυσικού ζεόλιθου στα αγροτικά εδάφη βελτιώνει τις φυσικοχημικές και θρεπτικές ικανότητες του εδάφους. Αποφέρει εντυπωσιακά αποτελέσματα όσον αφορά τους ρυθμούς ανάπτυξης του φυτού, μειώνει τις ασθένειες στο ριζικό σύστημα αυξάνοντας την παραγωγή και την ποιότητα των αγροτικών προϊόντων.
- Με την χρήση λιγότερων λιπασμάτων και νερού προάγεται η καλή διαχείριση του εδάφους και η μείωση της ρύπανσης, που προέρχεται από την έκλυση των λιπασμάτων στον υδροφόρο ορίζοντα.

Αναφέρονται στη συνέχεια ορισμένα χαρακτηριστικά παραδείγματα που αφορούν την ευεργετική επίδραση των ζεόλιθων στη γεωργία:

1. Για τους Valente et al. (1982, 1984) η βελτίωση της αποτελεσματικότητας της λίπανσης, που επιφέρει η εφαρμογή των ζεόλιθων στα εδάφη, αποδεικνύεται από τους κύκλους παραγωγής καλλιεργείων τομάτας, σπανακιού, φρούτων και λουλουδιών (Valente et al., 1982, και Valente et al., 1984).
2. Η εισαγωγή κλινοπιτόλιθου αύξησε την παραγωγή κριθαριού, των πατατών, του τριφυλλιού, και του σίτου μετά την προσθήκη 15 τόνων ανά εκτάριο στα ουκρανικά αργιλώδη εδάφη (Mumpton, 1999).

Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει επίσης και η χρήση ζεόλιθου σε υδροπονικές καλλιέργειες (άνευ υποστρώματος). Οι καλλιέργειες άνευ υποστρώματος στις μεσογειακές χώρες έχει αυξηθεί ραγδαία τα τελευταία χρόνια λόγω της μειωμένης γονιμότητας των φυσικών εδαφών αλλά και της ανάγκης για βελτιωμένη αποδοτικότητα στα φυτώρια και για βελτιωμένη ποιότητα προϊόντων μέσω καλύτερου ελέγχου της παραγωγής με τεχνολογικές καινοτομίες. Χάρη στις φυσικοχημικές ιδιότητές του ο ζεόλιθος λειτουργεί ως μια πολύ αποτελεσματική αποθήκη θρεπτικών ουσιών, τις οποίες αποδίδει στο φυτό μέσω του μηχανισμού ώσμωσης "βραδείας αποδέσμευσης", όπως προαναφέρθηκε, που ελέγχεται από τα φυτά.

Έτσι, η χρήση του ζεόλιθου στις καλλιέργειες άνευ υποστρώματος, ιδίως σε μείγματα υποστρώματος με περλίτη, συνεισφέρει στην ελαχιστοποίηση των απωλειών και στη βελτίωση της διαθεσιμότητας των θρεπτικών ουσιών στα φυτά, πλεονεκτήματα που μεταφράζονται άμεσα σε:

- Μείωση της περιβαλλοντικής ρύπανσης
- Μεγαλύτερη παραγωγικότητα
- Καλύτερη ποιότητα

### 1.3 Ανόργανη θρέψη της μηλιάς

Η μηλιά ευδοκίμει σε εδάφη γόνιμα, βαθιά, μέσης μηχανικής σύστασης, με ικανοποιητική υδατοϊκανότητα, επαρκώς εφοδιασμένα με ασβέστιο, με χαμηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα (2%) και με περιεκτικότητα σε ολικό ανθρακικό ασβέστιο κάτω από 10% (Θεριός και Δημάση-Θεριού, 2013.). Ο εφοδιασμός των δέντρων με άζωτο νωρίς την άνοιξη είναι αναγκαίος για καλή καρπόδεση και ικανοποιητική φυλλική επιφάνεια. Η μηλιά χρειάζεται προσοχή στις υπερβολικές αζωτολιπάνσεις, γιατί αποβαίνουν σε βάρος του χρωματισμού, της αντοχής της σάρκας, της συντηρησιμότητας των καρπών, αυξάνουν τις σκωριοχρώσεις (Golden D.), ευνοούν την εκδήλωση της πικρής κηλίδωσης (Bitter Pit), κλπ. (<http-9>).

#### 1.3.1 Άζωτο

Το άζωτο είναι το στοιχείο κλειδί στη λίπανση για τον έλεγχο της βλάστησης και της καρποφορίας των δένδρων. Έλλειψη αζώτου προκαλεί μικρά, χλωρωτικά φύλλα και μειωμένη βλάστηση. Κατά τη διάρκεια της συντήρησης των μήλων μπορεί να παρουσιαστεί πρόωρο μαλάκωμα ή και κιτρίνισμα. Έλλειψη αζώτου την άνοιξη κατά τη διάρκεια της άνθησης και καρπόδεσης παρατηρείται συχνά στα καρποφόρα όργανα ποικιλιών μηλιάς, εξαιτίας της οποίας παρατηρείται μειωμένη καρπόδεση (Θεριός, 1996). Από την άλλη πλευρά, η υπερβολική χρήση αζώτου προκαλεί υποβάθμιση της ποιότητας και συντηρησιμότητας των καρπών. Η περίσσεια αζώτου στους καρπούς της ποικιλίας μηλιάς Gala βρέθηκε ότι σχετίζεται αρνητικά με διάφορες παραμέτρους που αφορούν την ποιότητα των καρπών, όπως η συνεκτικότητά τους, η περιεκτικότητά σε ξηρή ουσία και τα διαλυτά στερεά (Neilsen

et al.,1999). Επίσης, είναι η κυριότερη αιτία της καρπόπτωσης, που εκδηλώνεται πριν από τη συγκομιδή, ιδίως στις ποικιλίες της ομάδας Delicious. Ελαττώνεται το ερυθρό χρώμα των καρπών, και έτσι οι καρποί γίνονται λιγότερο ελκυστικοί (Fallahi et al., 2010). Τέλος, η περίσσεια N αυξάνει την τάση για εκδήλωση ‘επιφανειακού εγκαύματος’, ιδίως στην ποικιλία μηλιάς Granny Smith και αυτών της ομάδας Delicious. Λόγω της υπερβολικής χρήσης αζώτου ορισμένα θρεπτικά στοιχεία επηρεάζονται έμμεσα ή άμεσα, με αποτέλεσμα να υποβαθμίζεται η ποιότητα των καρπών και να εκδηλώνονται ανωμαλίες της φυσιολογίας τους. Επιπλέον, διαταράσσεται η θρεπτική κατάσταση των δένδρων (Στυλιανίδης κ.σ., 2002). Το ασβέστιο επηρεάζεται πολύ από την περίσσεια του αζώτου, με αποτέλεσμα να εκδηλώνονται στους καρπούς οι γνωστές ανωμαλίες της φυσιολογίας των καρπών, όπως η ‘πικρή κηλίδωση’, η ‘έσωτερική υποβάθμιση’ κ.ά.. Επιπλέον, η χορήγηση αμμωνιακού αζώτου επιτείνει την εκδήλωση της ‘πικρής κηλίδωσης’ σε σχέση με τη νιτρική μορφή. Στη μηλιά πρέπει να ρυθμίζεται με προσοχή η θρέψη με άζωτο, γιατί οποιαδήποτε περίσσεια αζώτου αυξάνει τις απαιτήσεις σε ασβέστιο. Η μορφή στην οποία το άζωτο είναι διαθέσιμο στο ριζικό σύστημα νωρίς την άνοιξη, έχει διπλή σημασία: α) το άζωτο στη νιτρική μορφή εφοδιάζει το δένδρο με ένα εύκολα απορροφούμενο ανιόν. Επειδή όμως πρέπει να αναχθεί σε  $\text{NH}_4$  πριν τη μεταφορά του, δεν αυξάνεται γρήγορα ο ανταγωνισμός των κατιόντων για το ασβέστιο στο ρεύμα μεταφοράς, β) όταν το άζωτο χορηγείται ως αμμωνιακό, αυτό όχι μόνο ανταγωνίζεται την απορρόφηση του ασβεστίου από το ριζικό σύστημα, αλλά και απορροφάται κατά προτίμηση έναντι του νιτρικού, του οποίου αναστέλλει την απορρόφηση. Έχουν παρατηρηθεί φαινόμενα ελλείψεων καλίου, βορίου και ψευδαργύρου ως συνέπεια της υπερβολικής χορήγησης αζώτου. (Θεριός και Δημάση-Θεριού, 2013).

### 1.3.2 Φώσφορος (P)

Θεωρείται αδιαμφισβήτητη η αναγκαιότητα της φωσφορικής λίπανσης στα μικρής ηλικίας δένδρα, στα οποία επιδρά θετικά στην αύξηση και στην πρώιμη είσοδο στην καρποφορία. Ο φώσφορος θεωρείται κύριος συντελεστής της ανάπτυξης του ριζικού συστήματος. Τα συμπτώματα της έλλειψης φωσφόρου είναι κυρίως τα εξής: χάλκινος μεταχρωματισμός και νέκρωση του περιθωρίου των ηλικιωμένων φύλλων, νέκρωση βλαστών και φυλλόπτωση (Θεριός, 1996).

### 1.3.3 Κάλιο (K)

Θεωρείται το στοιχείο, το οποίο συμβάλλει ουσιαστικά στη βελτίωση της ποιότητας των καρπών (βελτίωση χρωματισμού των κόκκινων μήλων, αύξηση περιεκτικότητας καρπών σε διαλυτά στερεά), ρυθμίζει τη σπαργή των κυττάρων, καθώς είναι οσμωρυθμιστικό στοιχείο, αυξάνει την αντοχή των δένδρων σε ασθένειες, αυξάνει την ανθεκτικότητα σε αντίξοους αβιοτικούς παράγοντες (ξηρασία, ψύχος, αλκαλικά, αλατούχα εδάφη κ.λπ.) (K+S KALI GmbH, 2013).

Συμπτώματα τροφοπενίας καλίου: Στα πρώτα στάδια εμφανίζεται περιφερειακή χλώρωση, η οποία σταδιακά μετατρέπεται σε νέκρωση ενώ ταυτόχρονα μετακινείται προς το κέντρο του ελάσματος. Επειδή το κάλιο είναι ευκίνητο εντός των φυτών, τα συμπτώματα τροφοπενίας εμφανίζονται κατ' αρχήν στο έλασμα των γηραιότερων φύλλων. Στους καρπούς παρατηρείται μικροκαρπία (Θερίος, 1996).

Οι ευεργετικές επιδράσεις του καλίου συντελούνται, όταν οι σχέσεις με τα στοιχεία άζωτο, ασβέστιο και μαγνήσιο βρίσκονται μέσα σε ορισμένα όρια. Έτσι, η σχέση N/K στα φύλλα της μηλιάς πρέπει να είναι πολύ κοντά στο 1,25, ενώ η αντίστοιχη K/Mg/Ca στους καρπούς πρέπει να βρίσκεται γύρω στο 20 και όχι μεγαλύτερη από 25. Η τελευταία αυτή σχέση είναι καθοριστική για την εκδήλωση στα μήλα της ανωμαλίας της φυσιολογίας των καρπών, γνωστής με το όνομα 'πικρή κηλίδωση'.

### 1.3.4 Ασβέστιο (Ca)

Το ασβέστιο θεωρείται το στοιχείο της συντηρησιμότητας, γιατί αποτρέπει την εκδήλωση πολλών ανωμαλιών της φυσιολογίας των καρπών καθώς είναι ρυθμιστής πολλών φυσιολογικών λειτουργιών και κυρίως της αναπνοής και της παραγωγής αιθυλενίου αυτών. Περίπου το 60 % του ολικού ασβεστίου στο φυτό βρίσκεται στο κυτταρικό τοίχωμα. Το ασβέστιο στα φυτά επηρεάζει πολλές λειτουργίες όπως την κυτταροδιαίρεση, την επιμήκυνση των κυττάρων, τροπισμούς κ.ά. Το ασβέστιο λαμβάνει μέρος στη δομή αλλά και στη διατήρηση της στερεότητας και περατότητας των φυτικών ιστών, γι' αυτό και η έλλειψή του προκαλεί απέκκριση ιόντων, μεταχρωματισμούς (καφέτιασμα), μαλάκωμα, νεκρώσεις στη σάρκα ή την επιφάνεια των καρπών, πρόωρη γήρανση, σχισμές, πρόωρη καρπόπτωση αλλά και ευπάθεια σε αντίξοες αβιοτικές συνθήκες όπως ψύχος, υψηλές θερμοκρασίες, αλατότητα κ.λπ.

Επίσης, το ασβέστιο βρίσκεται στην πρώτη γραμμή άμυνας του φυτού κατά παθογόνων οργανισμών, γιατί παρεμποδίζει τη δράση ενζύμων που εκκρίνονται από αυτούς με στόχο τη διάλυση της πηκτίνης που, ενωμένη με ασβέστιο, διατηρεί τη συνοχή των ιστών και εμποδίζει τους οργανισμούς να εισχωρήσουν και να εγκατασταθούν σε αυτούς, προκαλώντας σήψεις (Θερίος και Δημάση-Θεριού, 2013).

#### 1.4 Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της εργασίας ήταν η χορήγηση αζώτου σε διαφορετικές ποσότητες (50%-75%-100%) σε μηλεώνα, με ταυτόχρονη προσθήκη ζεόλιθου σε ορισμένες μεταχειρίσεις (αλλά και φώσφορου και καλίου σε σταθερή ποσότητα για όλες τις μεταχειρίσεις), έτσι ώστε να γίνει σύγκριση περί της αποδοτικότητας της ποσότητας χρήσης αζώτου με την ταυτόχρονη προσθήκη ζεόλιθου σε σχέση με την απουσία του, αλλά και πώς επηρεάζεται η διαθεσιμότητα αζώτου στις μηλιές καθ' όλη την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

## Κεφάλαιο 2. Υλικά και Μέθοδοι

### 2.1 Πειραματικός σχεδιασμός μηλεώνα

Μέρος μηλεώνα στη περιοχή Βασιλειάδας-Μελισσοτόπου Ν. Καστοριάς χρησιμοποιήθηκε για την ανάγκη του πειράματος. Εκεί είχαμε 5 διαφορετικές μεταχειρίσεις σε πειραματικά τεμάχια της 1 σειράς/μεταχείριση με 16 δέντρα/σειρά, και απόσταση δένδρων 3 x 4 m<sup>2</sup>. Οι εφαρμογές υλικών στις μεταχειρίσεις υπολογίστηκαν έτσι ώστε να χορηγούν ίσες ποσότητες P και K (οι οποίες ποσότητες καθορίστηκαν από τα αποτελέσματα της εδαφολογικής ανάλυσης, σε συνδυασμό με τις ανάγκες της καλλιέργειας), ενώ όσον αφορά το N οι ποσότητες εφαρμογής αντιστοιχούσαν σε 50%, 75% και 100% των αναγκών της καλλιέργειας, ενώ παράλληλα υπήρξε και χρήση ζεόλιθου στις τρεις από τις πέντε μεταχειρίσεις. Το 100% της λίπανσης αντιστοιχεί ανά στρέμμα σε: 6,3 kg N, 3 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, και 33 Kg K<sub>2</sub>O.

Οι μεταχειρίσεις ήταν οι εξής:

- «Μάρτυρας» (M): Δεν έγινε καμία εφαρμογή λίπανσης.
- 50% λίπανσης αζώτου + P(100%) + K(100%) + ζεόλιθος (1,9-2 kg) : Εφαρμόσαμε 195 g/δέντρο (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (21-0-0). Αφού αεροξηράναμε το ζεόλιθο, τον εφαρμόσαμε περιμετρικά του κορμού κάθε δένδρου, εφαρμόζοντας επίσης 800 g/δέντρο K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0-0-51) και 200 g/δέντρο φωσφορικό 0-20-0.
- 75% λίπανσης αζώτου + P(100%) + K(100%) + ζεόλιθος (1,9-2 kg) : Εφαρμόσαμε 290 g/δέντρο (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (21-0-0). Και εδώ, αφού αεροξηράναμε το ζεόλιθο, τον εφαρμόσαμε περιμετρικά του κορμού κάθε δένδρου, εφαρμόζοντας επίσης 800 g/δέντρο K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0-0-51) και 200 g/δέντρο φωσφορικό 0-20-0.
- 100% λίπανσης αζώτου + P (100%) + K (100%) + ζεόλιθος (1,9-2 kg) : Εφαρμόσαμε 390 g/δέντρο (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (21-0-0) ενώ και εδώ ακολούθησε αεροξήρανση του ζεόλιθου, τον οποίο και εφαρμόσαμε περιμετρικά του κορμού κάθε δένδρου, εφαρμόζοντας επίσης 800 g/δέντρο K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0-0-51) και 200 g/δέντρο φωσφορικό 0-20-0.

- 100% λίπανσης αζώτου + P(100%) + K(100%): Εφαρμόσαμε 390 g/δέντρο, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (21-0-0),εφαρμόζοντας επίσης 800 g/δέντρο K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0-0-51) και 200 g/δέντρο φωσφορικό 0-20-0.

Η εφαρμογή του ζεόλιθου έγινε περιμετρικά του κορμού χωρίς να γίνει ενσωμάτωση, παρά μόνο μια ελαφριά αναμόχλευση με τσουγκράνα, μιας και στον μηλεώνα δεν χρησιμοποιείται καλλιεργητής για επεξεργασία του εδάφους. Το λίπασμα, αφού ζυγίστηκε, εφαρμόστηκε πεταχτά με το χέρι περιμετρικά και κάτω από την κόμη του δένδρου, και στη συνέχεια, όπως και με το ζεόλιθο, ακολούθησε μια ελαφριά αναμόχλευση του εδάφους με τσουγκράνα, για να μην παρασυρθεί το λίπασμα με τον αέρα. Η δειγματοληψία για κάθε επανάληψη κάθε μεταχείρισης γινόταν ανά τετράδα δένδρων. Έτσι είχαμε 4 επαναλήψεις για κάθε μεταχείριση, με σύνολο 20 δείγματα σε κάθε εφαρμογή δειγματοληψίας είτε εδάφους είτε φύλλων.

Ξεκινώντας διενεργήσαμε δειγματοληψία εδάφους με σκοπό να μελετήσουμε τις ανάγκες του εδάφους σε N, P και K και η οποία έλαβε χώρα στις 13 Φεβρουαρίου 2015, έπειτα ακολούθησε η πρώτη δειγματοληψία εδάφους, η οποία συνοδεύτηκε και από δειγματοληψία φύλλων και η οποία έγινε στις 15 Ιουλίου 2015 και τέλος η δεύτερη δειγματοληψία, που περιλάμβανε δείγματα εδάφους και φύλλων, έλαβε χώρα μετά το πέρας της συγκομιδής των μηλών στις 15 Οκτωβρίου. Τα δείγματα που ελήφθησαν χρησιμοποιήθηκαν για να γίνουν αναλύσεις χαρακτηρισμού των εδαφών και για προσδιορισμό της ποσότητας ιχνοστοιχείων και μακροστοιχείων τόσο στο έδαφος όσο και στα φυτικά μέρη: ανθρακικό ασβέστιο, ανταλλάξιμα κατιόντα Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, pH, κατιοντικά ιχνοστοιχεία (Fe, Mn, Cu, Cd, Pb), εκχύλισμα με DTPA για τα ίδια κατιοντικά ιχνοστοιχεία, νιτρικό και αμμωνιακό άζωτο και φώσφορος κατά Olsen. Οι μέθοδοι ανάλυσης αναφέρονται αναλυτικά παρακάτω.

## 2.2 Καλλιεργητικές πρακτικές στον αγρό

Η μηλιά που ήταν εγκατεστημένη στον μηλεώνα είναι ποικιλία της ομάδας Red Delicious, και πιο συγκεκριμένα είναι ποικιλία Redchief σε υποκείμενο EM 9, αποτελούμενη από μήλα, τα οποία διακρίνονται για την εμφάνισή τους και το χρώμα τους. Το σύστημα φύτευσης του μηλεώνα είναι κανονική παλμέττα, με το δέντρο να διαθέτει κεντρικό άξονα και πλάγιους βραχίονες που αναπτύσσονται προς



κατεύθυνση Βορρά – Νότο, ενώ οι βραχίονες σχηματίζουν με τον κεντρικό άξονα γωνία 45-50° (Εικόνες 7, 8).

Από τις 21/02/2015 έως και τις 25/02/2015 πραγματοποιήθηκε κλάδεμα. Στις 25/03/2015 έγινε η εφαρμογή λίπανσης σε κάθε πειραματικό τεμάχιο όπως περιγράφηκε παραπάνω. Ακολούθησε αραίωμα των καρπών στα μέσα Ιουνίου, ενώ κατά την διάρκεια του καλοκαιριού διενεργήθηκε και καλοκαιρινό κλάδεμα. Από τον Μάιο και έπειτα, κάθε πέντε ημέρες περίπου, το αγροτεμάχιο ποτιζόταν και έπειτα όποτε κρινόταν απαραίτητο, αναλόγως και των καιρικών συνθηκών. Η συγκομιδή των καρπών λόγω κυρίως των καιρικών συνθηκών έλαβε χώρα από 21/09/2015 έως και 29/09/2015 και οι καρποί παρέμειναν στους 0°C μέχρι τη μεταφορά και μέτρηση της ποιότητας των καρπών στο εργαστήριο Δενδροκομίας Πανεπιστημίου Θεσσαλίας



Εικόνα 7. Ο Μηλεώνας καθώς και το σύστημα φύτευσης και διαμόρφωσης (παλμέττα), στον οποίο διενεργήθηκε το πείραμα.



Εικόνα 8. Ο Μηλεώνας καθώς και το σύστημα φύτευσης και διαμόρφωσης (παλμέττα), στον οποίο διενεργήθηκε το πείραμα.

## 2.3 Μέθοδοι ανάλυσης εδάφους

Οι τρεις δειγματοληψίες (5 μεταχειρίσεις – 4 επαναλήψεις/μεταχείριση – 4 δέντρα/επανάληψη) έλαβαν χώρα στις 13 Φεβρουαρίου, στις 15 Ιουλίου 2015 και η τρίτη και τελευταία έγινε στις 15 Οκτώβριου 2015. Τα δείγματα εδάφους μετά τη συλλογή τους τοποθετήθηκαν σε χαρτοσακούλες και έπειτα στον φούρνο του εργαστηρίου στους 50°C για περίπου 3 ημέρες. Μετά την αποξήρανση, τα δείγματα λειοτριβήθηκαν σε πορσελάνινο γουδί, πέραστηκαν από κόσκινο διαμέτρου 2mm και αποθηκεύτηκαν.

### 2.3.1 Μέτρηση pH και EC

Σε Falcon των 50 mL ζυγίστηκαν 10 g δείγματος εδάφους και προστέθηκαν 25 mL απιονισμένου νερού. Έπειτα έγινε ανακίνηση των φιαλιδίων για 20 min και στη συνέχεια αφέθηκαν σε ηρεμία με κάθετη τοποθέτηση για 30 min. Τέλος, ακολούθησε η μέτρηση των δειγμάτων με πεχάμετρο και η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας με αγωγιμόμετρο. Πριν την έναρξη των μετρήσεων, αλλά και ανά 10 μετρήσεις, γινόταν έλεγχος με buffer τιμής pH ίσης με 7 και 4 όσον αφορά μέτρηση του pH.

### 2.3.2 Μέτρηση οργανικής ουσίας

Σε ποτήρι ζέσεως τοποθετήθηκαν 0,5 g δείγματος περίπου, προστέθηκαν 10 mL διχρωμικό κάλιο 0.166 M  $K_2Cr_2O_7$  και προστέθηκαν 10mL πυκνόθειικό οξύ για να πραγματοποιηθεί η οξείδωση – αποικοδόμηση της οργανικής ουσίας. Το αιώρημα παρέμεινε για 30 λεπτά στον απαγωγό. Έπειτα, έγινε διήθηση με διηθητικό χαρτί σε κωνική φιάλη 500 mL με τη βοήθεια 200 mL απιονισμένου νερού. Όταν ολοκληρώθηκε η διήθηση, προστέθηκαν 10 mL  $H_3PO_4$  και 5 σταγόνες διφαινυλαμίνης, ώστε το δείγμα να χρωματιστεί καφέ. Κατόπιν, πραγματοποιήθηκε ογκομέτρηση με διάλυμα 0,5 M  $FeSO_4$  που περιεχόταν στην προχοΐδα, μέχρι την αλλαγή του χρώματος σε σκούρο πράσινο. Όλη η διαδικασία έγινε και σε ένα δείγμα που περιείχε όλα τα άλλα εκτός από έδαφος (λευκό). Ο λόγος είναι ότι στο διάλυμα του θειικού σιδήρου, ο  $Fe^{II}$  οξειδώνεται βαθμιαία σε  $Fe^{III}$  με την επαφή του διαλύματος με τον αέρα, και έτσι «μειώνεται» η συγκέντρωσή του. Συνεπώς την συγκέντρωσή του θα πρέπει σε κάθε φουρνιά ανάλυσης της οργανικής ουσίας να την ελέγχουμε κάνοντας αυτήν την τιτλοδότηση με το «λευκό» δείγμα. Η ίδια διαδικασία έγινε και για την μέτρηση της οργανικής ουσίας της κοπριάς, με τη διαφορά ότι από το δείγμα της κοπριάς χρειάζονται 0,05 g.

Ο οργανικός άνθρακας υπολογίστηκε από τον τύπο:

$OC \% = 0.195 \times [(mL \text{ ογκομέτρησης λευκού} - mL \text{ ογκομέτρησης δείγματος}) / g \text{ δείγματος εδάφους}]$ . Η οργανική ουσία υπολογίστηκε ως εξής  $OM \% = OC / 0.58$  γιατί θεωρούμε ότι το C αποτελεί το 58% της οργανικής ουσίας.

### 2.3.3 Μέτρηση φωσφόρου κατά Olsen

Παρασκευή αντιδραστηρίου A

- 1) Διάλυση 12 g μολυβδαινικού αμμωνίου  $[(NH_4)_6MO_7O_{24} \cdot 2H_2O]$  σε περίπου 250 mL απιονισμένου νερού.
- 2) Διάλυση 0,2908 g τρυγικό κάλιο-αντιμονύλιο  $(KSbO \cdot C_4H_4O)$  σε περίπου 100 mL απιονισμένου νερού.
- 3) Σε ογκομετρική φιάλη του 1 L προστέθηκαν 140 mL πυκνόθειικό οξύ ( $H_2SO_4$ ) και συμπληρώθηκε μέχρι τη χαραγή απιονισμένο νερό.

4) Μεταφορά τα παραπάνω διαλύματα σε ογκομετρική 2 L, ανακίνηση και αποθήκευση σε σκούρες φιάλες λόγω ευαισθησίας του αντιδραστηρίου στο φώς.

#### Παρασκευή αντιδραστηρίου B

Σε 200 mL του αντιδραστηρίου A διαλύονται 1,056 g ασκορβικού οξέος και έτσι προκύπτει το Αντιδραστήριο B, το οποίο έχει κίτρινο χρώμα.

#### Εκχύλιση

Τοποθέτηση περίπου 1 g εδάφους (ακριβώς καταγεγραμμένο) σε φιάλη τύπου Falcon. Προστέθηκαν 20 mL όξινο ανθρακικό νάτριο  $\text{NaHCO}_3$  0,5 M και  $\text{pH} = 8.5$ . Έγινε ανακίνηση για 30 λεπτά και στη συνέχεια διήθηση με μέτριο διηθητικό χαρτί σε νέα φιάλη τύπου Falcon.

#### Ανάπτυξη χρώματος

Σε ογκομετρική φιάλη των 25 mL μεταφέρθηκαν 5 mL διηθήματος με αυτόματη πιπέτα, όπου και εκεί προστέθηκαν 2,5 mL αντιδραστηρίου B και έγινε χαλαρή περιοδική ανάδευση μέχρι τη παύση του αφρισμού. Έπειτα, συμπληρώθηκε απιονισμένο νερό μέχρι τη χαραγή και στη συνέχεια πωματίσαμε και αναμείναμε για 1 h ώστε να αναπτυχθεί το χρώμα.

#### Μέτρηση

Η μέτρηση έγινε με φασματοφωτόμετρο στα 882 nm στο οπτικό φάσμα (VIS). Αρχικώς έγινε μέτρηση στα γνωστά δείγματα 0, 0,2, 0,4, 0,6, και 0,8mg P L<sup>-1</sup> για την χάραξη την καμπύλης βαθμονόμησης. Τα γνωστά δείγματα παρασκευάστηκαν χρησιμοποιώντας το διάλυμα 5 mg P L<sup>-1</sup>. Ακολούθως, μετρήθηκαν τα άγνωστα δείγματα. Ο τύπος υπολογισμού του φωσφόρου είναι:

Φώσφορος (mg kg<sup>-1</sup> εδάφους) = mL διαλύματος εκχύλισης \* mL ογκομετρικής φιάλης/mL διηθήματος στην ογκομετρική φιάλη) \* (A/B).

Όπου A= mg/L P στο εκχύλισμα (από φασματοφωτόμετρο) και B = βάρος εδάφους σε g.

#### 2.3.4 Μέτρηση νιτρικού αζώτου (NO<sub>3</sub>-N)

#### Παρασκευή διαλύματος KCl 2 M

Αφού ζυγίστηκαν 296 g KCL, τοποθετήθηκαν σε ογκομετρική φιάλη μαζί με 800 mL απιονισμένο νερό, ώστε να διαλυθούν. Κατόπιν, μεταφέρθηκε το διάλυμα σε ογκομετρική φιάλη χωρητικότητας 2 L και συμπληρώθηκε με απιονισμένο νερό έως τη χαραγή.

#### Εκχύλιση εδαφικού διαλύματος

Εδαφικό δείγμα βάρους 2 g (ακριβώς καταγεγραμμένο) τοποθετήθηκε σε Falcon μαζί με 20 mL διαλύματος KCL 2 M και έπειτα ακολούθησε ανακίνηση για 2 ώρες.

#### Μέτρηση

Τα δείγματα μετρήθηκαν σε φασματοφωτόμετρο στα 210nm (UV) 270nm (UV), κάνοντας χρήση των κυψελίδων χαλαζία. Σε κάθε μία μέτρηση γινόταν μηδενισμός της ένδειξης του φασματοφωτόμετρου με τη χρήση απιονισμένου νερού. Αρχικά μετρήθηκαν τα γνωστά δείγματα κλιμακούμενης συγκέντρωσης νιτρικού αζώτου από 0-2 mg L<sup>-1</sup> για την χάραξη καμπύλης βαθμονόμησης. Έπειτα, ακολούθησε η μέτρηση των δειγμάτων.

#### 2.3.5 Μέτρηση διαθέσιμων ιχνοστοιχείων (DTPA)

Το διάλυμα DTPA (διαιθυλο-τριαμινο-πενταφωσφορικό οξύ) παρασκευάστηκε με μίξη 74,5 g τριαιθανολαμίνης, 9,835 g DTPA και 7,4 g CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O σε 5 L απεσταγμένο νερό. Η ρύθμιση του pH σε 7,3 έγινε με λίγες σταγόνες HCl. Για να πραγματοποιηθεί η εκχύλιση, ζυγίστηκαν 10g, τοποθετήθηκαν σε Falcon και προστέθηκαν 20 mL διαλύματος DTPA. Κατόπιν ακολούθησε ανακίνηση για 2 ώρες, φυγοκέντρηση και διήθηση. Το εκχύλισμα που παραλήφθηκε μετρήθηκε στη ατομική απορρόφηση για την περιεκτικότητα σε ιχνοστοιχεία. Ο υπολογισμός έγινε με τη χρήση του παρακάτω τύπου:

$M \text{ (mg kg}^{-1} \text{ εδάφους)} = (\text{mL ογκομετρικής φιάλης όπου έγινε η διήθηση}) * A/B$   
Όπου M είναι τα ιχνοστοιχεία (Fe, Mn, Zn, κτλ), A η συγκέντρωση (mg L<sup>-1</sup>) που λαμβάνεται στην ατομική απορρόφηση, και B το βάρος του εδάφους σε g.

#### 2.3.6 Μέτρηση ανταλλάξιμων κατιόντων Ca, Mg, K

Αφού ζυγίστηκαν 3 g εδαφικού δείγματος σε Falcon, προστέθηκαν 30 mL  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  συγκέντρωσης 1 M και  $\text{pH}=7$  και έπειτα ανακινήθηκαν για 1 ώρα. Στη συνέχεια ακολούθησε διήθηση και δύο αραιώσεις 1/10 και 1/100. Το K μετρήθηκε στο φλογοφωτόμετρο και τα Ca και Mg στο στην ατομική απορρόφηση.

## 2.4 Μέθοδοι ανάλυσης φυτικού ιστού

Συνολικά πραγματοποιήθηκαν δύο δειγματοληψίες φύλλων, η πρώτη στις 15/07/2015 και η δεύτερη μετά την ολοκλήρωση της συγκομιδής, στις 15/10/2015. Ο αριθμός των φύλλων που συλλέχθηκαν από κάθε δέντρο κάθε επανάληψης της κάθε μεταχείρισης ήταν 10 έως 15. Το φυτικό υλικό που συλλέχθηκε πλύθηκε με απιονισμένο νερό, τοποθετήθηκε σε χάρτινες σακούλες σε φούρνο στους  $70^\circ\text{C}$  μέχρι τη μη περαιτέρω απώλεια βάρους, και κονιορτοποιήθηκε σε μύλο άλεσης. Το κονιορτοποιημένο δείγμα, τοποθετήθηκε σε πλαστικές σακούλες και αποθηκεύτηκε για τις εκχυλίσσεις. Η διαδικασία της εκχύλισης με αποτέφρωση γίνεται για να μετρήσουμε όλα τα μη πτητικά συστατικά (πτητικά είναι ο C και το N).

Η διαδικασία αποτέφρωσης του φυτικού ιστού σκοπό έχει την καταστροφή της οργανικής ουσίας των φυτικών ιστών. Για την καύση χρειαζόμαστε 0,5 g από τον κονιορτοποιημένο φυτικό ιστό το οποίο τοποθετούμε σε χωνευτήρια πορσελάνης για να καεί σε ηλεκτρικό φούρνο σε θερμοκρασία  $500^\circ\text{C}$  για 4 ώρες. Όταν κρυώσουν οι κάψες αποτέφρωσης, παραλαμβάνεται η τέφρα του φυτικού ιστού με 20 mL 20% HCl και διηθείται από διηθητικό χαρτί σε ογκομετρικές φιάλες των 100 mL. Το εκχύλισμα αυτό θα χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση P και ιχνοστοιχείων. Κατόπιν, τα εκχυλίσματα αραιώνονται κατά 100 φορές για τη μέτρηση των μακροστοιχείων (Ca, Mg), κατά 20 φορές για τη μέτρηση του K, ενώ το «πυκνό» εκχύλισμα χρησιμοποιείται για τη μέτρηση των ιχνοστοιχείων όπως B, Mn, Fe, Cu και Zn.

### 2.4.1 Ολικό άζωτο στο φυτό κατά Kjeldahl

Η μέθοδος Kjeldahl μπορεί να αναλυθεί σε τρία βασικά βήματα:

- Πένση
- Απόσταξη
- Ογκομέτρηση

Τα αντιδραστήρια και τα υλικά που χρειαζόμαστε είναι τα εξής:

Για την πέψη χρειαζόμαστε σωλήνες πέψης των 300 mL, πυκνό H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, ταμπλέτες Kjeltab σεληνίου, ταμπλέτες antifoam για αποφυγή αφρισμού των δειγμάτων στη πέψη. Για την απόσταξη χρειαζόμαστε κωνικές φιάλες των 250 mL, βορικό οξύ 4%, διάλυμα alkali (καυστικό νάτριο) 40%. Για την ογκομέτρηση χρειαζόμαστε 30mL πυκνού H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> σε 1000 mL H<sub>2</sub>O και μικτό δείκτη bromocresol green και methyl red.

Για τη διαδικασία της πέψης ζυγίζουμε 1 g δείγματος φυτικού υλικού κονιορτοποιημένου (αντίστοιχα για το έδαφος 5 g και για κοπριά 1-2 g) σε σωλήνα πέψης. Προσθέτουμε 20 mL πυκνό H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 2 ταμπλέτες Kjeltab σεληνίου και 1 ταμπλέτα antifoam. Σε κάθε block πέψης πρέπει να υπάρχει και ένας σωλήνας «λευκού» προσδιορισμού, που δεν θα περιέχει δηλαδή φυτικό υλικό. Στις στήλες πέψης προσαρμόζεται το σύστημα συλλογής και υγροποίησης των αναθυμιάσεων, για τη λειτουργία του οποίου η βρύση του απαγωγού αερίων παραμένει ανοιχτή. Η πέψη γίνεται στο block πέψης του εργαστηρίου στο πρόγραμμα 1 και περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

- Προθέρμανση στους 150°C για 15 λεπτά
- Πέψη στους 290°C για 10 λεπτά
- Πέψη στους 420°C για 50 λεπτά

Στο τέλος της διαδικασίας, ανασηκώνουμε τους σωλήνες για να πέσει η θερμοκρασία και να γίνει η απόσταξη στο σύστημα αυτόματης απόσταξης του εργαστηρίου. Η ογκομέτρηση γίνεται μετά το τέλος της απόσταξης και αφού προσθέσουμε 5 σταγόνες μικτού δείκτη bromocresol + methyl. Το απόσταγμα χρωματίζεται πράσινο και ακολουθεί ογκομέτρηση με 0.1103 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, στο τέλος της οποίας το διάλυμα χρωματίζεται ροζ. Η τιμή του «λευκού» αφαιρείται από την τιμή της ογκομέτρησης των άγνωστων δειγμάτων.

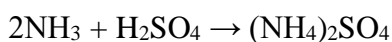
Κατά την πέψη ανοργανοποιείται το οργανικό άζωτο και παράγεται θειική αμμωνία ως εξής:



Κατόπιν στην απόσταξη η θειική αμμωνία αντιδράει με περίσσεια καυστικού νατρίου (alkali) για την παραγωγή αμμωνίας, η οποία διαλύεται στο διάλυμα που παραλαμβάνουμε στην κωνική φιάλη στο τέλος της απόσταξης, ως εξής:



Τέλος η αμμωνία εξουδετερώνεται με ογκομέτρηση με οξύ για την παραγωγή άλατος ως εξής:



Έτσι προκύπτει ο τύπος υπολογισμού του ολικού αζώτου:

$$\text{N}\% = [1.401 \cdot \text{NA} \cdot (\text{VA} - \text{VB})] / \text{S}$$

Όπου VA ο όγκος του οξέος που καταναλώθηκε κατά την ογκομέτρηση του άγνωστου δείγματος, VB ο όγκος τους οξέος που καταναλώθηκε κατά την ογκομέτρηση του «λευκού» δείγματος, NA η ικανότητα του διαλύματος ογκομέτρησης και S το βάρος σε γραμμάρια του δείγματος που προστέθηκε στους σωλήνες πέψης.

#### 2.4.2 Μέτρηση φωσφόρου

Η μέτρηση γίνεται όπως στο εκχύλισμα του εδάφους με την ανάπτυξη κυανού χρώματος. Χρησιμοποιούμε το αραιωμένο κατά 100 φορές εκχύλισμα. Η μέτρηση γίνεται στο φασματοφωτόμετρο.

Ο φώσφορος υπολογίζεται από τον τύπο:

$\text{P (mg kg}^{-1} \text{ φυτού)} = (\text{mL ογκομετρικής διήθησης} \cdot \text{φορές αραιώσης εκχυλίσματος}) \cdot (\text{mL ογκομετρικής φιάλης που αναπτύχθηκε χρώμα} / \text{mL εκχυλίσματος στη φιάλη που αναπτύχθηκε χρώμα}) \cdot (\text{A/B})$ . Όπου A= mgL<sup>-1</sup>P στο εκχύλισμα και B= βάρος φυτικού υλικού που αποτεφρώσαμε.

#### 2.4.3 Μέτρηση λοιπών μακροστοιχείων (Ca, Mg, K)

Η μέτρηση Ca και Mg γίνεται στο 100 φορές αραιωμένο φυτικό εκχύλισμα στην ατομική απορρόφηση. Το K μετριέται στο 20 φορές αραιωμένο εκχύλισμα στο φλογοφωτόμετρο. Οι τύποι υπολογισμού των συγκεντρώσεων είναι οι εξής:

$\text{M (mg kg}^{-1} \text{ φυτού)} = (\text{A/B}) \cdot (\text{mL ογκομετρικής φιάλης παραλαβής εκχυλίσματος}) \cdot (\text{τις φορές αραιώσης του εκχυλίσματος})$ , όπου M είναι κατά περίπτωση το Ca, το Mg και το K, A= mg L<sup>-1</sup> μετάλλου στο εκχύλισμα (αυτό που μετράμε στην ατομική απορρόφηση) και B= βάρος φυτικού υλικού που αποτεφρώσαμε.



#### 2.4.4 Μέτρηση ιχνοστοιχείων

Το «πυκνό» εκχύλισμα μετριέται σε ατομική απορρόφηση για την περιεκτικότητά του σε ιχνοστοιχεία. Ο τελικός τύπος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των ιχνοστοιχείων είναι:

$M = (mL \text{ ογκομετρικής φιάλης διήθησης}) * (A/B)$ , όπου M είναι κατά περίπτωση το Ni, το Mn, ο Zn και ο Cu. A= mg L<sup>-1</sup> μετάλλου στο εκχύλισμα (αυτό που μετράμε στην ατομική απορρόφηση) και B= βάρος φυτικού υλικού που αποτεφρώσαμε.

#### 2.5 Εκτίμηση ποιοτικών χαρακτηριστικών

Οι αναλύσεις ποιοτικού χαρακτηρισμού έλαβαν χώρα μετά το πέρας της συγκομιδής και πιο συγκεκριμένα στις 5 Οκτωβρίου 2015 στο εργαστήριο Δενδροκομίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Από την μέρα την οποία συγκομίστηκαν τα μήλα έως και την ημέρα ανάλυσης των ποιοτικών τους χαρακτηριστικών, τα μήλα διατηρήθηκαν σε ψυγείο ειδικά διαμορφωμένο για την συντήρηση μήλων.

##### 2.5.1 Προσδιορισμός χρώματος φλοιού του καρπού

Το χρώμα του φλοιού των τεμαχίων προσδιορίστηκε με τη βοήθεια φορητού τριχρωματικού χρωματόμετρου Minolta CR-400. Το όργανο πριν τη χρησιμοποίησή του βαθμονομήθηκε, όπως απαιτείται, με άσπρη πλάκα. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με την τοποθέτηση της κεφαλής του οργάνου σε δύο αντιδιαμετρικά σημεία της σάρκας των τεμαχίων. Καταγράφηκαν οι χρωματομετρικές τιμές του φλοιού των τεμαχίων στο σύστημα συντεταγμένων L\*, a\*, b\* (McGuire, 1992). Σύμφωνα με το σύστημα αυτό, η τιμή L\* αντιπροσωπεύει τη φωτεινότητα, έχει κλίμακα από 0-100, όπου L\*=0 είναι το μαύρο και L\*=100 το άσπρο. Όσο πιο μεγάλο είναι το L\* τόσο πιο φωτεινό είναι το χρώμα της σάρκας. Οι παράμετροι a\* και b\* είναι συνισταμένες που τοποθετούν το χρώμα σε ένα νοητό οριζόντιο άξονα κάθετο στο L\*. Το άχρωμο ορίζεται από τις συντεταγμένες (0,0) για το a\* και το b\*, αντίστοιχα. Η τιμή a\* υποδηλώνει τη διαβάθμιση του χρώματος από πράσινο (-a\*) έως κόκκινο (+a\*) και η τιμή b\* τη διαβάθμιση από μπλε (-b\*) έως κίτρινο (+b\*). Το πραγματικό χρώμα C\* (Chroma) δίνεται συναρτήσει των a\* και b\* από τον τύπο  $C^* = (a^* + b^*)^{1/2}$ . Γενικά, όσο πιο μεγάλο είναι το C\*, τόσο πιο καθαρό

χρώμα (απομακρύνεται από το γκρι) έχει η μετρούμενη επιφάνεια. Το hue είναι η απόχρωση που δίνεται από το αντίστροφο του συνημίτονου του κλάσματος  $b^*/a^*$ . Το  $h=0^\circ$  εκφράζει το κόκκινο χρώμα,  $h=90^\circ$  το κίτρινο,  $h=180^\circ$  το πράσινο και  $h=270^\circ$  το μπλε.

#### 2.5.2 Σκληρότητα σάρκας του καρπού

Για τη μέτρηση της σκληρότητας της σάρκας χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρονικό επιτραπέζιο πενετρόμετρο ανυψωμένο σε ειδική βάση. Η διάμετρος του εμβόλου για τα μήλα ήταν 11mm. Για τον προσδιορισμό της σκληρότητας σάρκας έγινε μια μέτρηση στο ισημερινό κάθε καρπού μετά από αφαίρεση του φλοιού. Το πενετρόμετρο μετρά τις δυνάμεις σε μονάδα kgF.

#### 2.5.3 Διαλυτά Στερεά Συστατικά (ΔΣΣ)

Για τη μέτρηση των ΔΣΣ, ο χυμός παραλήφθηκε στύβοντας τμήματα από 6 φέτες καρπών κάθε επανάληψης με τη χρήση πιεστή σκόρδου (ένα δείγμα ανά επανάληψη). Από τον εκχυλισμένο χυμό που προετοιμάστηκε σύμφωνα με την προηγούμενη διαδικασία, μία έως δύο σταγόνες χρησιμοποιήθηκαν για τη μέτρηση των ΔΣΣ με ψηφιακό φορητό διαθλασίμετρο και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε Brix (%). Πριν από κάθε σειρά μετρήσεων, γινόταν βαθμονόμηση (μηδενισμός) του οργάνου με απεσταγμένο νερό, ενώ μεταξύ δύο μετρήσεων καθαρισμός του με καθαρό πανάκι.

#### 2.5.4 Ογκομετρούμενη Οξύτητα (ΟΟ)

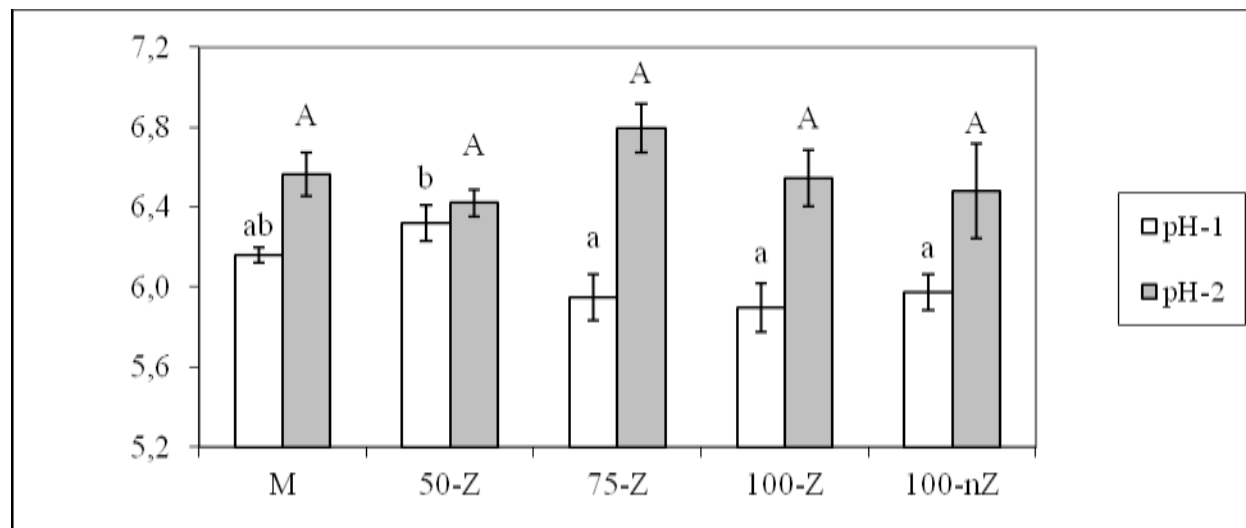
Για τη μέτρηση της ΟΟ χρησιμοποιήθηκε ο ίδιος χυμός που εκχυλώθηκε για τη μέτρηση των ΔΣΣ. Η ογκομετρούμενη οξύτητα μετρήθηκε με τη χρήση 2 mL από τον εξεταζόμενο χυμό, τα οποία αραιώθηκαν με 18 mL απεσταγμένο νερό. Ο αραιωμένος χυμός εξουδετερώθηκε με διάλυμα 0,1 N NaOH έως ότου η τιμή του pH να φθάσει το 8,2, σύμφωνα με το ηλεκτρονικό πεχάμετρο. Τα mL NaOH που χρειάστηκαν για την εξουδετέρωση όλων των οξέων του χυμού με κατάλληλο υπολογισμό έδωσαν την ογκομετρούμενη οξύτητα σε % μηλικό οξύ, καθώς αυτό είναι το κύριο οργανικό οξύ στα μήλα.

## 2.6 Στατιστική ανάλυση

Όλα τα πρωτογενή δεδομένα, αναλύθηκαν στατιστικά με την μονοπαραγοντική ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA), έχοντας ως παράγοντα τις πέντε μεταχειρίσεις του πειράματος. Για να γίνει πληρέστερη σύγκριση της σημαντικότητας των διαφορών μεταξύ των μέσων όρων, πραγματοποιήθηκε το multiple range test. Τέλος το στατιστικό πακέτο με το οποίο έγινε η στατιστική επεξεργασία είναι το Statgraphics 2.1.

## Κεφάλαιο 3. Αποτελέσματα και συζήτηση

### 3.1 Αποτελέσματα

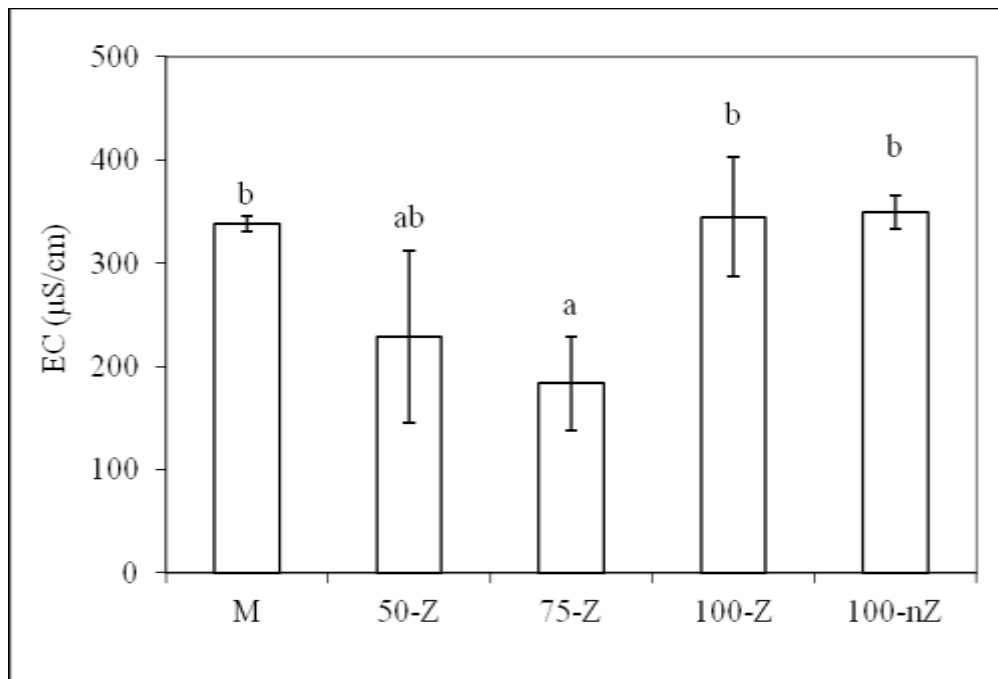


Σχήμα 1.1. Οι τιμές του pH του εδάφους στις 5 μεταχειρίσεις κατά την διάρκεια των 2 δειγματοληψιών που διενεργήθηκαν.

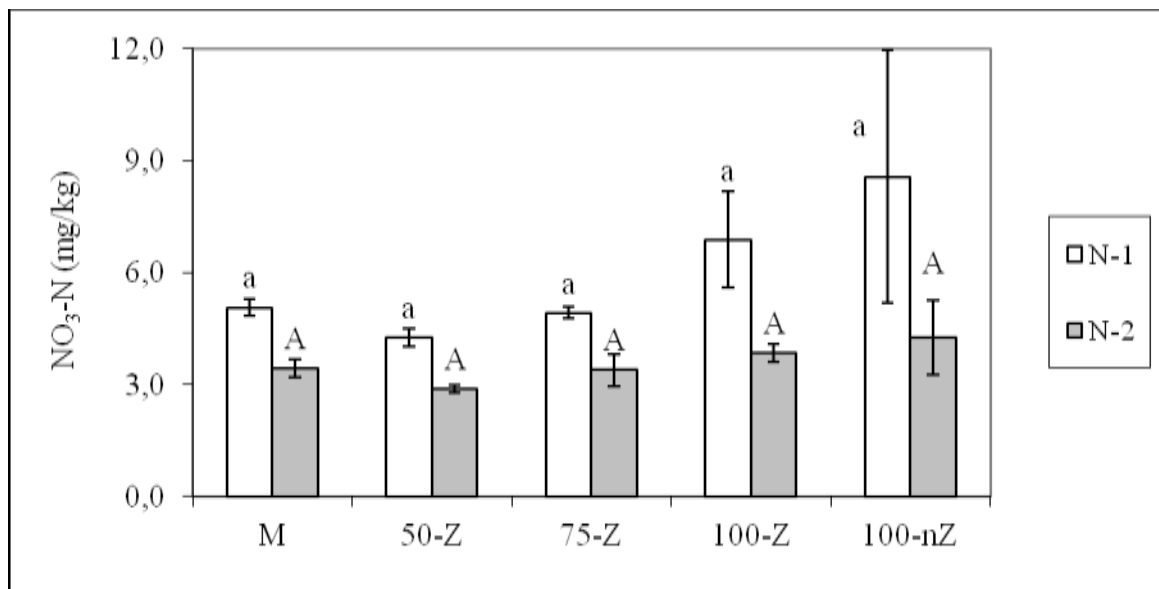
Από ό,τι μπορούμε να δούμε, η μέτρηση του pH εδάφους κατά την πρώτη δειγματοληψία έδειξε ότι, ανάμεσα στη μεταχείριση του μάρτυρα και τις μεταχειρίσεις 75-Z, 100-Z, 100-nZ, δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά, ενώ μόνο η μεταχείριση 50% λίπανσης με την προσθήκη ζεόλιθου (50-Z) παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά από όλες τις υπόλοιπες. Κατά την δεύτερη δειγματοληψία παρατηρούμε ότι, ανάμεσα στη μεταχείριση του μάρτυρα και στις υπόλοιπες τέσσερις μεταχειρίσεις (50-Z, 75-Z, 100-Z, 100-nZ), δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά. Από ό, τι μπορούμε να παρατηρήσουμε, υπάρχει μια σημαντική αύξηση στις τιμές του pH και στις 5 μεταχειρίσεις με το πέρας της καλλιεργητικής περιόδου (Σχήμα 3.1).

Στο Σχήμα 1.2 φαίνονται τα αποτελέσματα της μέτρησης της EC στο έδαφος. Παρατηρείται ότι, οι μεταχειρίσεις του μάρτυρα, της 50% λίπανσης με την προσθήκη ζεόλιθου (50-Z), της 100% λίπανσης με την προσθήκη ζεόλιθου (100-Z), και τις 100% λίπανσης χωρίς την παρουσία ζεόλιθου (100-nZ) δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους. Η μεταχείριση της 75% λίπανσης με την προσθήκη ζεόλιθου (75-Z) έδειξε ότι υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά από τη μεταχείριση του

μάρτυρα, αλλά δεν διαφέρει από τη μεταχείριση της 50% λίπανσης με την προσθήκη ζεόλιθου (50-Z).

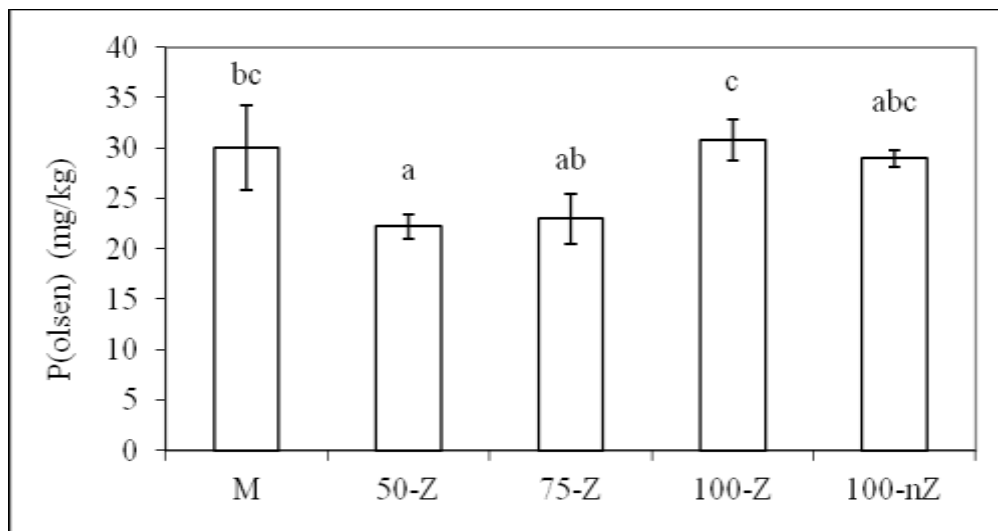


Σχήμα 1.2. Οι τιμές της EC του εδάφους στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη δεύτερη δειγματοληψία.



Σχήμα 1.3. Οι τιμές του νιτρικού αζώτου  $\text{NO}_3\text{-N}$  του εδάφους στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη διάρκεια της πρώτης (N-1) και δεύτερης (N-2) δειγματοληψίας.

Όσον αφορά το NO<sub>3</sub>-N εδάφους (Σχήμα 1.3), οι αναλύσεις δείχνουν ότι, τόσο για την πρώτη όσο και για τη δεύτερη δειγματοληψία μεταξύ των μεταχειρίσεων δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά. Παρ' όλα αυτά παρατηρείται ότι, στις μεταχειρίσεις που είχε εφαρμοστεί ζεόλιθος (50-Z, 75-Z, 100-Z), η μείωση από την 1<sup>η</sup> δειγματοληψία στη 2<sup>η</sup> δειγματοληψία είναι πολύ μικρότερη σε σχέση με τη μεταχείριση με απουσία ζεόλιθου.

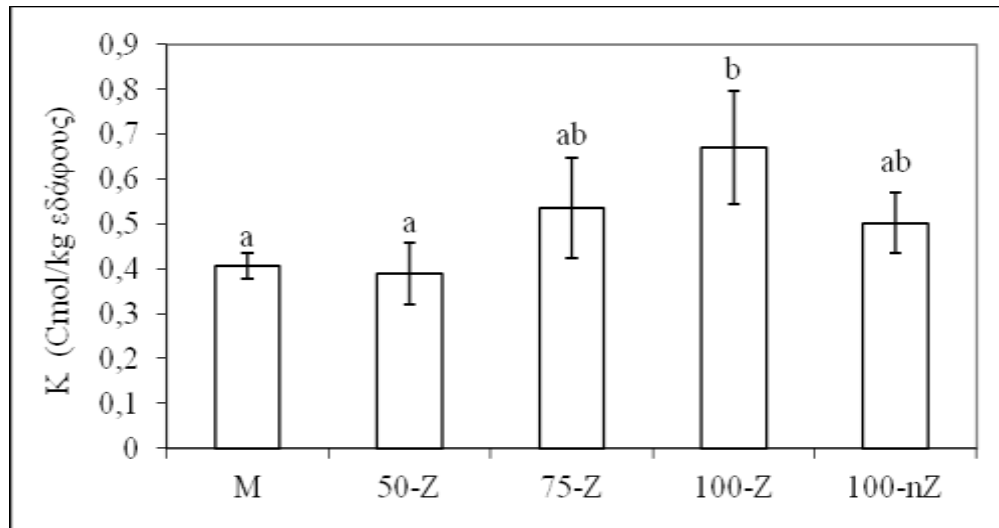


Σχήμα 1.4. Οι τιμές του P του εδάφους στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη δεύτερη δειγματοληψία.

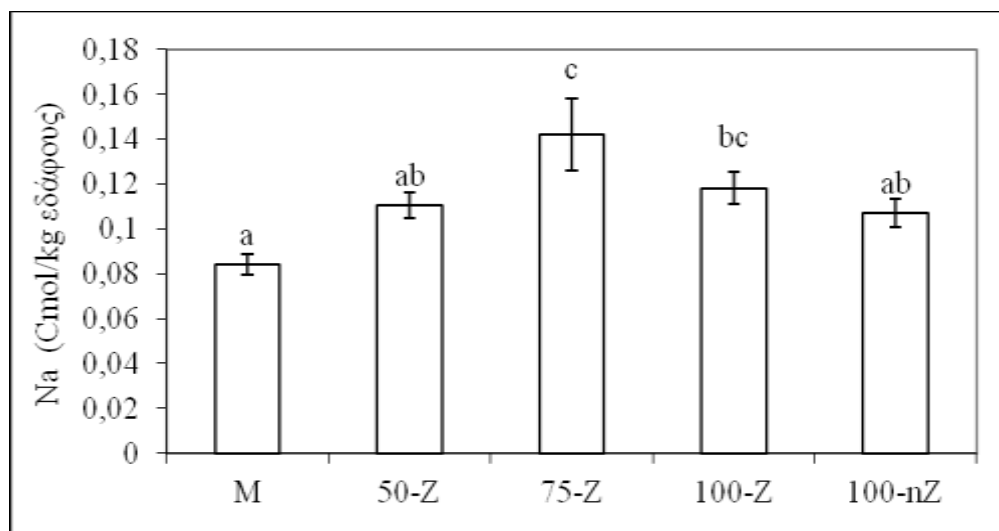
Στο Σχήμα 1.4 φαίνονται τα αποτελέσματα της μέτρησης P στο έδαφος. Παρατηρείται ότι, οι μεταχειρίσεις του μάρτυρα, της 100% λίπανσης με την προσθήκη ζεόλιθου (100-Z) και τις 100% λίπανσης χωρίς την παρουσία ζεόλιθου (100-nZ) παρουσιάζουν μικρές διαφορές αλλά δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους. Η μεταχείριση της 50% λίπανσης με την προσθήκη ζεόλιθου (50-Z) αλλά και η μεταχείριση της 75% λίπανσης με την προσθήκη ζεόλιθου (75-Z) έδειξε ότι, υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά από τη μεταχείριση του μάρτυρα αλλά και από τις άλλες 2 μεταχειρίσεις.

Στο Σχήμα 1.5 φαίνονται τα αποτελέσματα της μέτρησης K στο έδαφος μετά την δεύτερη δειγματοληψία. Παρατηρείται ότι, οι μεταχειρίσεις του μάρτυρα, της 50% λίπανσης με την προσθήκη ζεόλιθου (50-Z), τις 75% λίπανσης με την προσθήκη ζεόλιθου (75-Z) και της 100% λίπανσης χωρίς την παρουσία ζεόλιθου (100-nZ) παρουσιάζουν μικρές διαφορές αλλά δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ

τους. Η μεταχείριση της 100% λίπανσης με την προσθήκη ζεόλιθου (100-Z), έδειξε στατιστικώς υψηλότερη συγκέντρωση K από αυτή του μάρτυρα αλλά και από τις άλλες 3 μεταχειρίσεις.



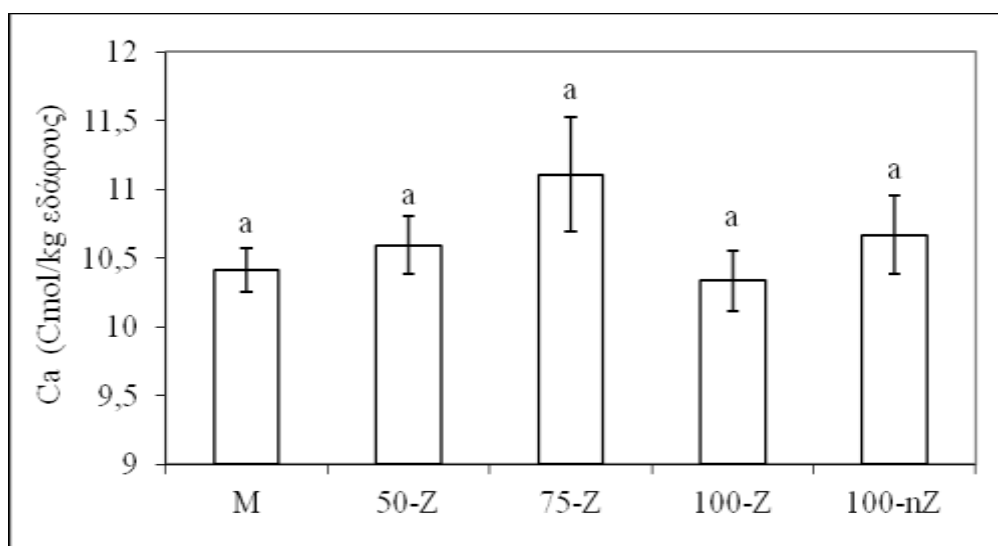
Σχήμα 1.5. Οι τιμές του K του εδάφους στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη δεύτερη δειγματοληψία.



Σχήμα 1.6. Οι τιμές του Na του εδάφους στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη δεύτερη δειγματοληψία.

Στο Σχήμα 1.6 φαίνονται τα αποτελέσματα της μέτρησης Na στο έδαφος μετά την δεύτερη δειγματοληψία. Παρατηρείται ότι, οι μεταχειρίσεις του μάρτυρα, της 50% λίπανσης με την προσθήκη ζεόλιθου (50-Z) και της 100% λίπανσης χωρίς την παρουσία ζεόλιθου (100-nZ) παρουσιάζουν μικρές διαφορές αλλά δεν διαφέρουν

στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους. Από την άλλη μεριά, τόσο η μεταχείριση της 75% λίπανσης με την προσθήκη ζεόλιθου(75-Z) όσο και της 100% λίπανσης με την προσθήκη ζεόλιθου (100-Z), παρουσίασαν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις και παρατηρήθηκε ότι υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά τόσο από τη μεταχείριση του μάρτυρα όσο και από τις άλλες 2 μεταχειρίσεις, με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση να συναντάται στη μεταχείριση 75-Z.



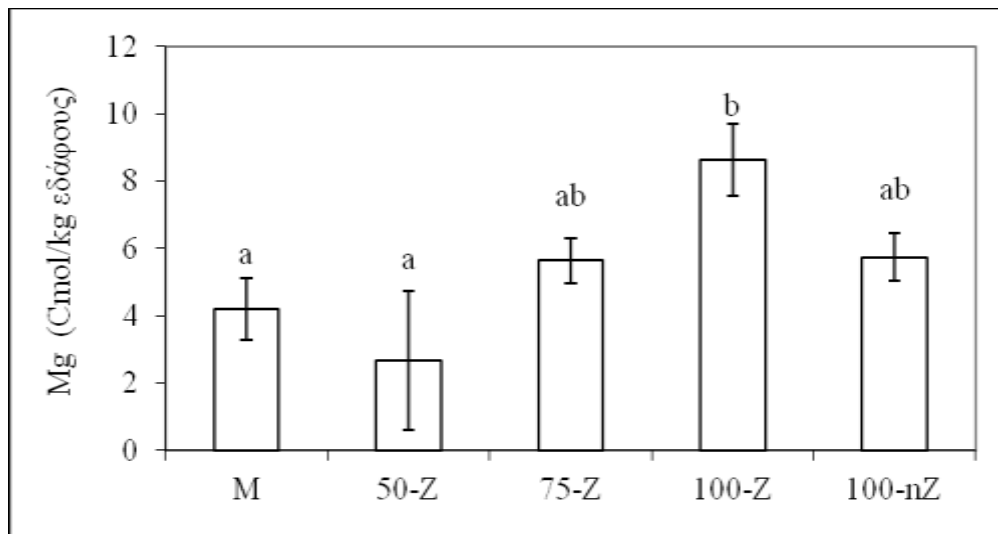
Σχήμα 1.7. Οι τιμές του Ca του εδάφους στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη δεύτερη δειγματοληψία.

Όσον αφορά το Ca εδάφους (Σχήμα 1.7), οι αναλύσεις μετά τη δεύτερη δειγματοληψία δείχνουν ότι, μεταξύ των μεταχειρίσεων δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά.

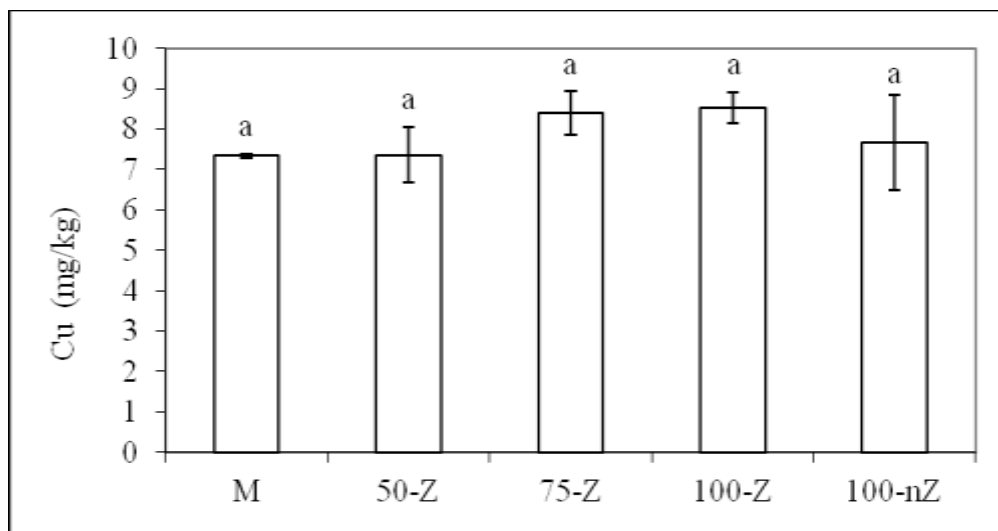
Στο Σχήμα 1.8 φαίνονται τα αποτελέσματα της μέτρησης Mg στο έδαφος μετά τη δεύτερη δειγματοληψία. Παρατηρείται ότι, οι μεταχειρίσεις του μάρτυρα, της 50% λίπανσης με την προσθήκη ζεόλιθου (50-Z), της 75% λίπανσης με την προσθήκη ζεόλιθου (75-Z) και της 100% λίπανσης με την απουσία ζεόλιθου (100-nZ) παρουσιάζουν μικρές διάφορες αλλά δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους. Από την άλλη μεριά, την μεγαλύτερη συγκέντρωση Mg την εντοπίσαμε στη μεταχείριση της 100% λίπανσης με την προσθήκη ζεόλιθου(100-Z), στην οποία και παρατηρήθηκε ότι υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά τόσο από τη μεταχείριση



του μάρτυρα όσο και από τη μεταχείριση της 50% λίπανσης με την προσθήκη ζεόλιθου.

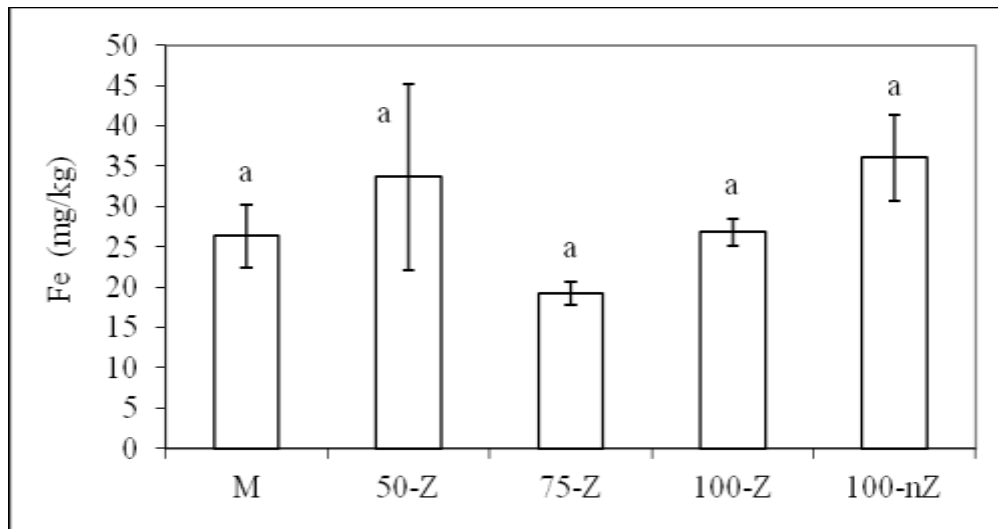


Σχήμα 1.8. Οι τιμές του Mg του εδάφους στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη δεύτερη δειγματοληψία.



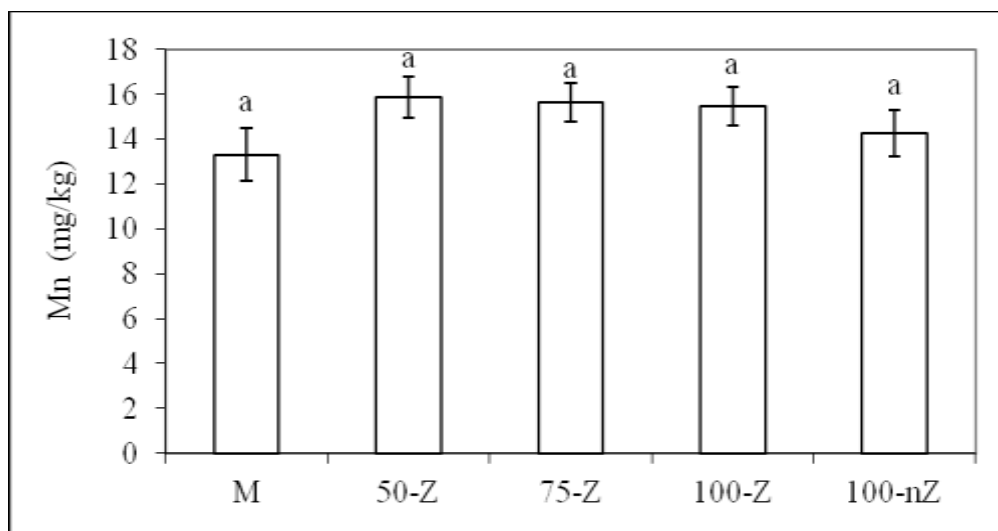
Σχήμα 1.9. Οι τιμές του Cu του εδάφους στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη δεύτερη δειγματοληψία.

Όσον αφορά τη συγκέντρωση του Cu στο εδάφους (Σχήμα 1.9), οι αναλύσεις μετά την δεύτερη δειγματοληψία δείχνουν ότι, μεταξύ των μεταχειρίσεων δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά.



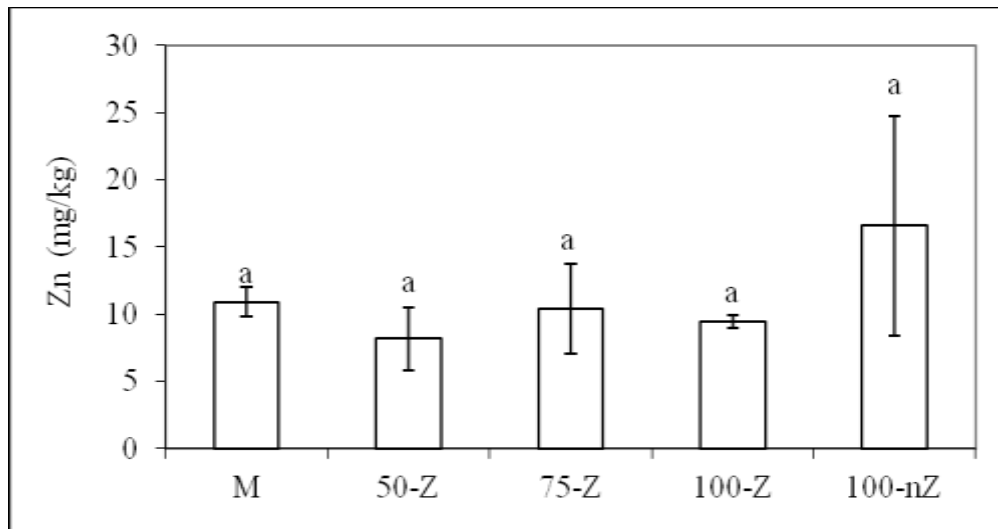
Σχήμα 1.10. Οι τιμές του Fe του εδάφους στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη δεύτερη δειγματοληψία.

Όσον αφορά τις τιμές της συγκέντρωσης Fe στο εδάφους (Σχήμα 1.10), οι αναλύσεις μετά την δεύτερη δειγματοληψία δείχνουν ότι, μεταξύ των μεταχειρίσεων δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά.



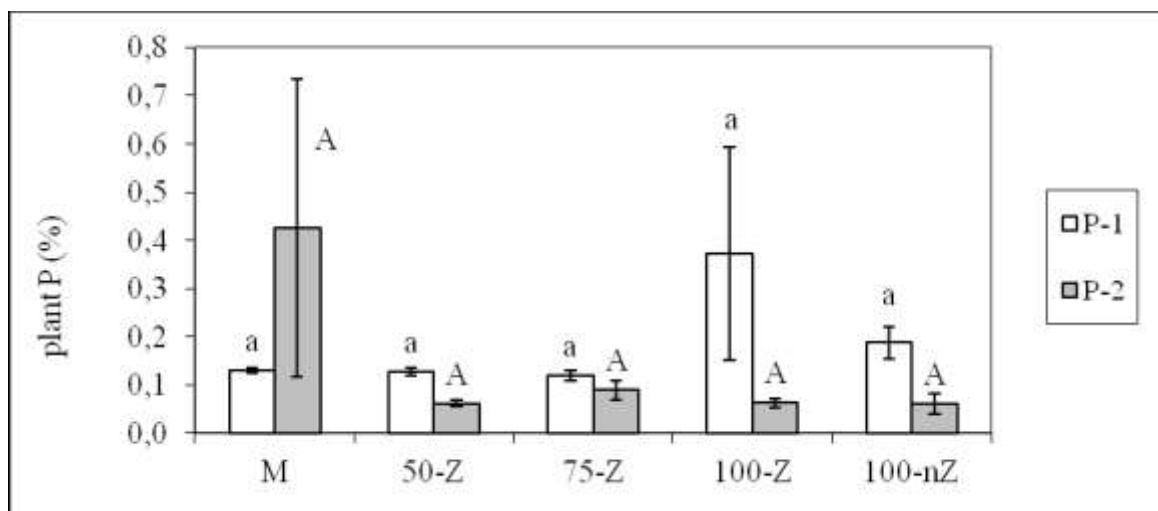
Σχήμα 1.11. Οι τιμές του Mn του εδάφους στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη δεύτερη δειγματοληψία.

Όσον αφορά τη συγκέντρωση Mn στο εδάφους (Σχήμα 1.11), οι αναλύσεις μετά την δεύτερη δειγματοληψία δείχνουν ότι, μεταξύ των μεταχειρίσεων δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά.



Σχήμα 1.12. Οι τιμές του Zn του εδάφους στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη δεύτερη δειγματοληψία.

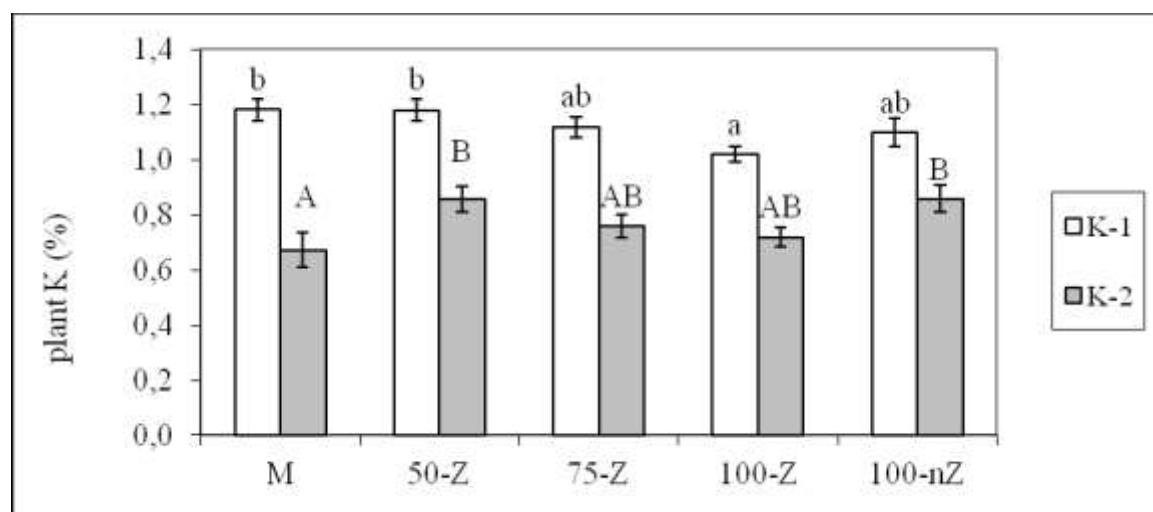
Όσον αφορά τη συγκέντρωση Zn στο εδάφος (Σχήμα 1.12), οι αναλύσεις μετά την δεύτερη δειγματοληψία δείχνουν ότι, μεταξύ των μεταχειρίσεων δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά.



Σχήμα 2.1. Οι τιμές του P % στο φυτό στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη διάρκεια της πρώτης (P-1) και δεύτερης (P-2) δειγματοληψίας.

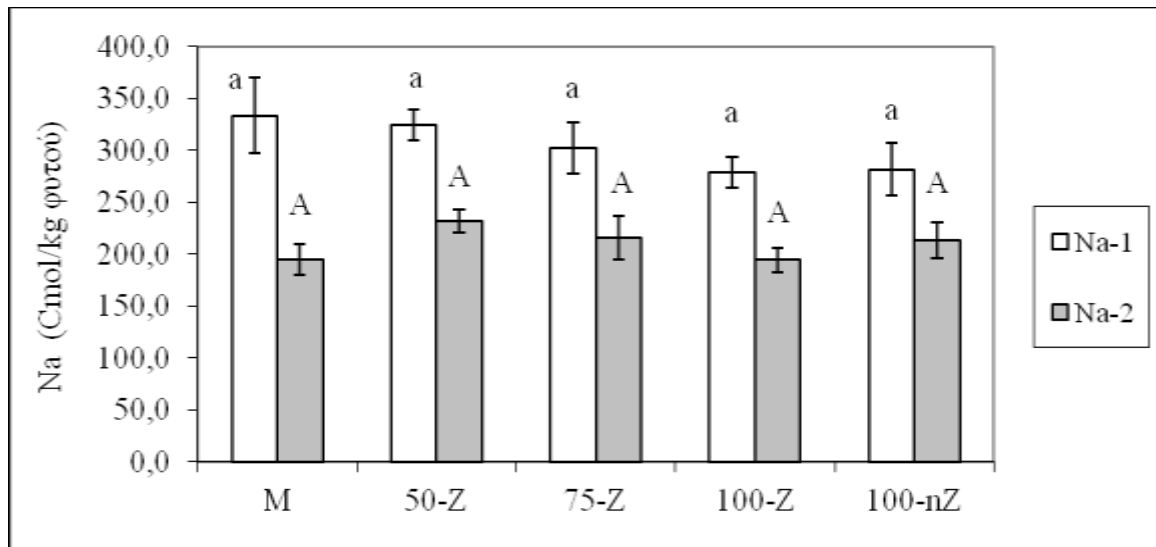
Όσον αφορά τις συγκεντρώσεις P στο φυτό (Σχήμα 2.1), τα αποτελέσματα μετά την πρώτη δειγματοληψία στα φύλλα, η οποία διενεργήθηκε περί τα μέσα Ιουλίου, δεν δείχνουν να υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων. Το ίδιο παρατηρείται και στα αποτελέσματα μετά την δεύτερη δειγματοληψία με το

πέρας της καλλιεργητικής περιόδου, ενώ ταυτόχρονα φαίνεται ότι, υπάρχει μείωση στη συγκέντρωση P στα φύλλα σε σχέση με την πρώτη ανάλυση.



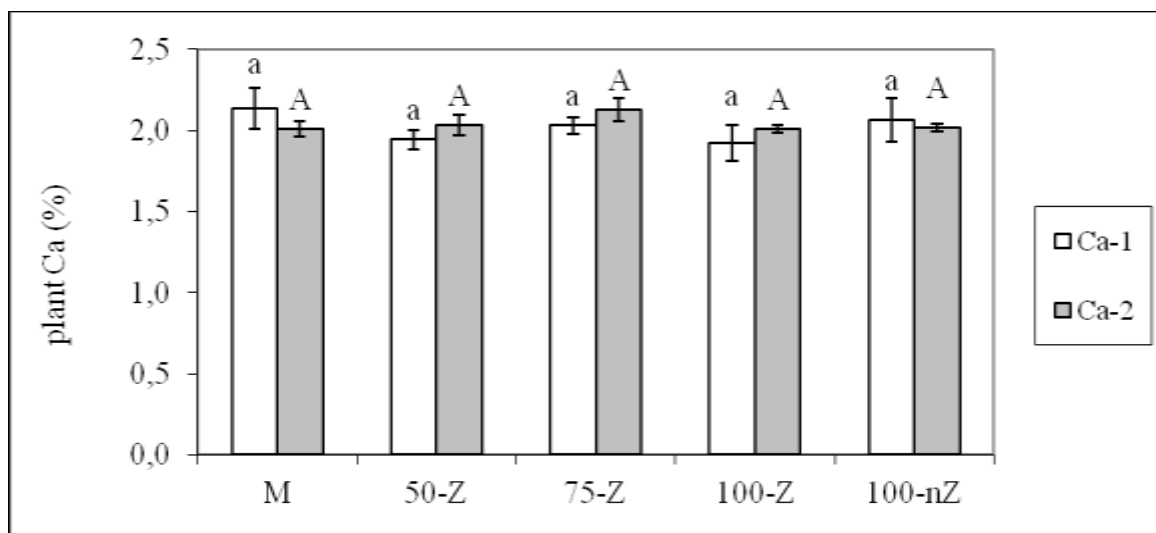
Σχήμα 2.2. Οι τιμές του K % στο φυτό στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη διάρκεια της πρώτης (K-1) και δεύτερης (K-2) δειγματοληψίας.

Όσον αφορά τις συγκεντρώσεις K στο φυτό (Σχήμα 2.2), στα αποτελέσματα μετά την πρώτη δειγματοληψία στα φύλλα, η οποία διενεργήθηκε περί τα μέσα Ιουλίου, φαίνεται πως, οι μεταχειρίσεις του μάρτυρα, της 50% λίπανσης με την προσθήκη ζεόλιθου (50-Z), της 75% λίπανσης με την προσθήκη ζεόλιθου (75-Z) και της 100% λίπανσης με την απουσία ζεόλιθου (100-nZ) παρουσιάζουν μικρές διαφορές αλλά δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σε αντίθεση όμως με την μεταχείριση της 100% λίπανσης με την προσθήκη ζεόλιθου (100-Z), όπου σε σύγκριση με τις μεταχειρίσεις 50-Z και το μάρτυρα εμφανίζει στατιστικά σημαντικές διαφορές καθώς και τη μικρότερη τιμή. Συνεχίζοντας στα αποτελέσματα της ανάλυσης της δεύτερης δειγματοληψίας παρατηρούμε ότι, οι μεταχειρίσεις της 50% λίπανσης με την προσθήκη ζεόλιθου (50-Z), της 75% λίπανσης με την προσθήκη ζεόλιθου (75-Z), της μεταχείρισης της 100% λίπανσης με την προσθήκη ζεόλιθου (100-Z) και της 100% λίπανσης με την απουσία ζεόλιθου (100-nZ) παρουσιάζουν μικρές διαφορές αλλά δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σε αντίθεση όμως με την μεταχείριση μάρτυρα, όπου σε σύγκριση με τις μεταχειρίσεις 50-Z και 100-nZ εμφανίζει στατιστικά σημαντικές διαφορές καθώς και τη μικρότερη τιμή.



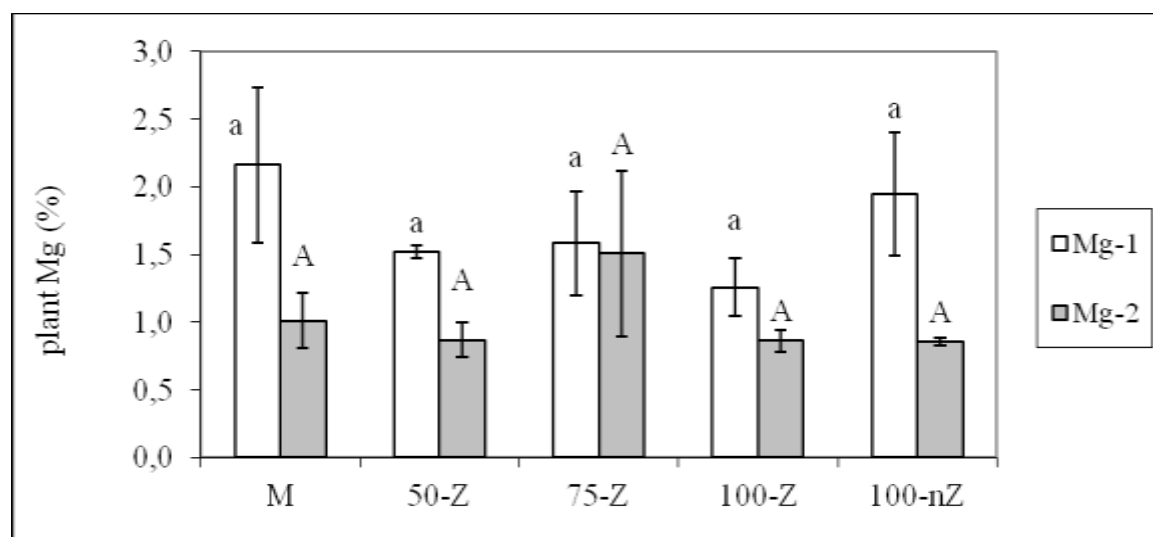
Σχήμα 2.3. Οι τιμές του Na στο φυτό στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη διάρκεια της πρώτης (Na-1) και δεύτερης (Na-2) δειγματοληψίας.

Για το Na (Σχήμα 2.3) τα αποτελέσματα μετά την πρώτη δειγματοληψία στα φύλλα, που διενεργήθηκε περί τα μέσα Ιουλίου, δεν δείχνουν να υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων. Το ίδιο παρατηρείται και στα αποτελέσματα μετά την δεύτερη δειγματοληψία με το πέρας της καλλιεργητικής περιόδου, ενώ ταυτόχρονα φαίνεται ότι, υπάρχει μείωση στη συγκέντρωση Na στα φύλλα σε σχέση με την πρώτη ανάλυση.



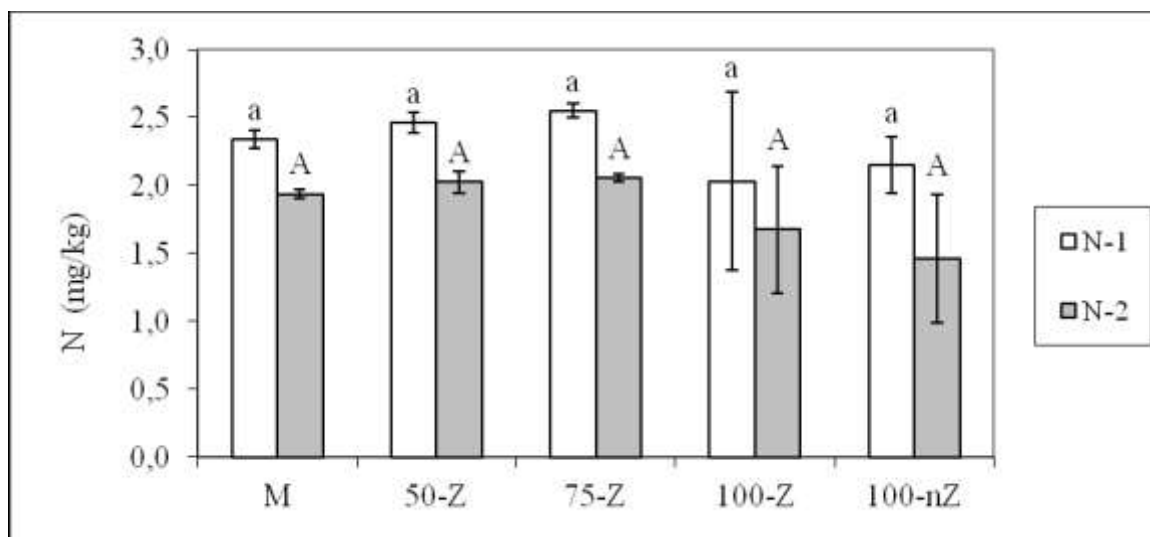
Σχήμα 2.4. Οι τιμές του Ca % στο φυτό στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη διάρκεια της πρώτης (Ca-1) και δεύτερης (Ca-2) δειγματοληψίας.

Όσον αφορά τις συγκεντρώσεις Ca (Σχήμα 2.4), τα αποτελέσματα μετά την πρώτη δειγματοληψία στα φύλλα, η οποία διενεργήθηκε περί τα μέσα Ιουλίου, δεν δείχνουν να υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων. Το ίδιο παρατηρείται και στα αποτελέσματα μετά την δεύτερη δειγματοληψία με το πέρας της καλλιεργητικής περιόδου, με τις τιμές να κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα και στις 2 αναλύσεις που έγιναν.



Σχήμα 2.5. Οι τιμές του Mg % στο φυτό στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη διάρκεια της πρώτης (Mg-1) και δεύτερης (Mg-2) δειγματοληψίας.

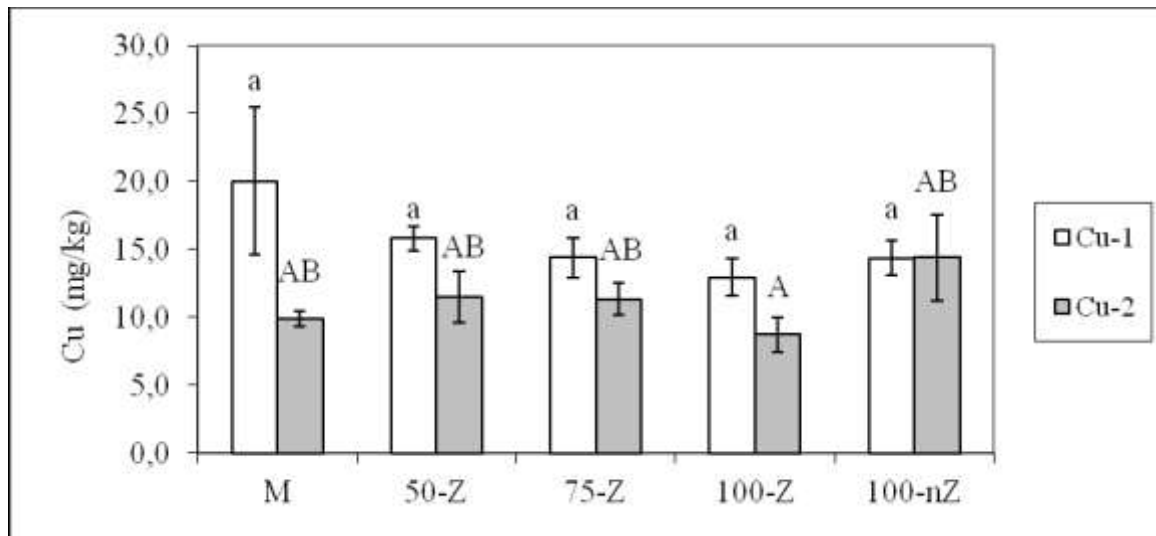
Όσον αφορά τις συγκεντρώσεις μαγνησίου (Σχήμα 2.5), τα αποτελέσματα μετά την πρώτη δειγματοληψία στα φύλλα, που διενεργήθηκε περί τα μέσα Ιουλίου, δεν δείχνουν να υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων. Το ίδιο παρατηρείται και στα αποτελέσματα μετά την δεύτερη δειγματοληψία με το πέρας της καλλιεργητικής περιόδου, ενώ ταυτόχρονα φαίνεται ότι, υπάρχει μείωση στη συγκέντρωση μαγνησίου στα φύλλα σε σχέση με την πρώτη ανάλυση, με εξαίρεση την συγκέντρωση του μαγνησίου στην μεταχείριση όπου είχε εφαρμοστεί 75% λίπανση με την παρουσία ζεόλιθου (75-Z), στην οποία η μείωση που παρατηρήθηκε μεταξύ των 2 αναλύσεων ήταν αρκετά μικρή.



Σχήμα 2.6. Οι τιμές του N % στο φυτό στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη διάρκεια της πρώτης (N-1) και δεύτερης (N-2) δειγματοληψίας.

Όσον αφορά τις συγκεντρώσεις του N στο φυτό (Σχήμα 2.6), τα αποτελέσματα μετά την πρώτη δειγματοληψία στα φύλλα, που διενεργήθηκε περί τα μέσα Ιουλίου, δεν δείχνουν να υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων. Το ίδιο παρατηρείται και στα αποτελέσματα μετά την δεύτερη δειγματοληψία με το πέρας της καλλιεργητικής περιόδου, ενώ ταυτόχρονα φαίνεται ότι, υπάρχει μείωση στη συγκέντρωση N στα φύλλα σε σχέση με την πρώτη ανάλυση, με την μικρότερη τιμή να παρατηρείται στην μεταχείριση όπου είχε εφαρμοστεί 100% λίπανση με την παρουσία ζεόλιθου (100-Z) και στην μεταχείριση όπου είχε εφαρμοστεί 100% λίπανση με την απουσία ζεόλιθου (100-nZ).

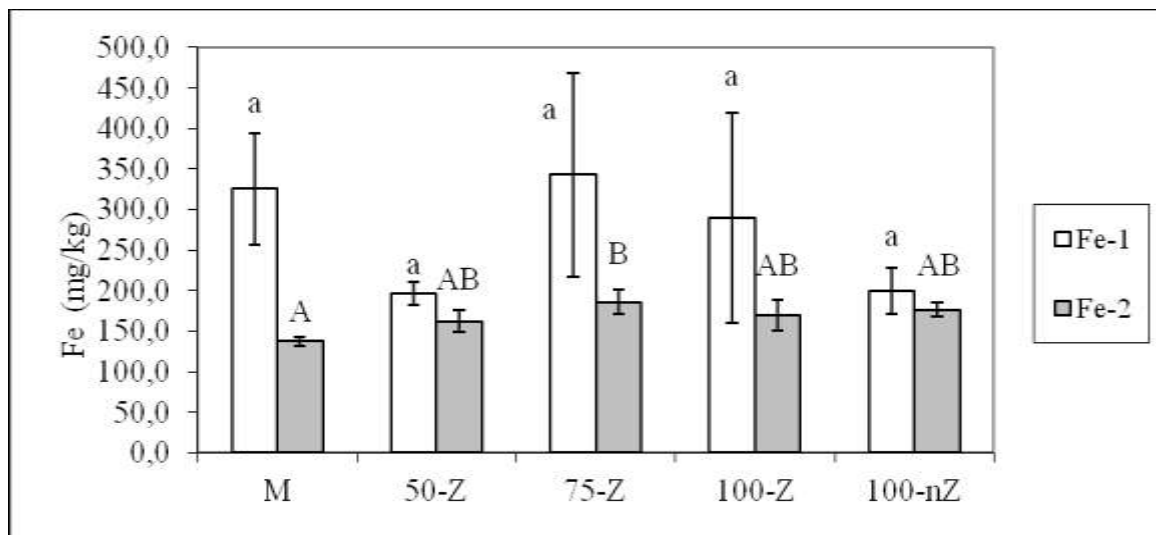
Όσον αφορά τις συγκεντρώσεις Cu (Σχήμα 2.7), τα αποτελέσματα μετά την πρώτη δειγματοληψία στα φύλλα που διενεργήθηκε περί τα μέσα Ιουλίου, δεν δείχνουν να υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων. Το ίδιο παρατηρείται και στα αποτελέσματα μετά την δεύτερη δειγματοληψία με το πέρας της καλλιεργητικής περιόδου, ενώ ταυτόχρονα φαίνεται ότι, υπάρχει μείωση στη συγκέντρωση Cu στα φύλλα σε σχέση με την πρώτη ανάλυση, με εξαίρεση την συγκέντρωση του Cu στην μεταχείριση όπου είχε εφαρμοστεί 100% λίπανση χωρίς την παρουσία ζεόλιθου (100-nZ), στην οποία η συγκέντρωση του Cu παρέμεινε στα ίδια επίπεδα.



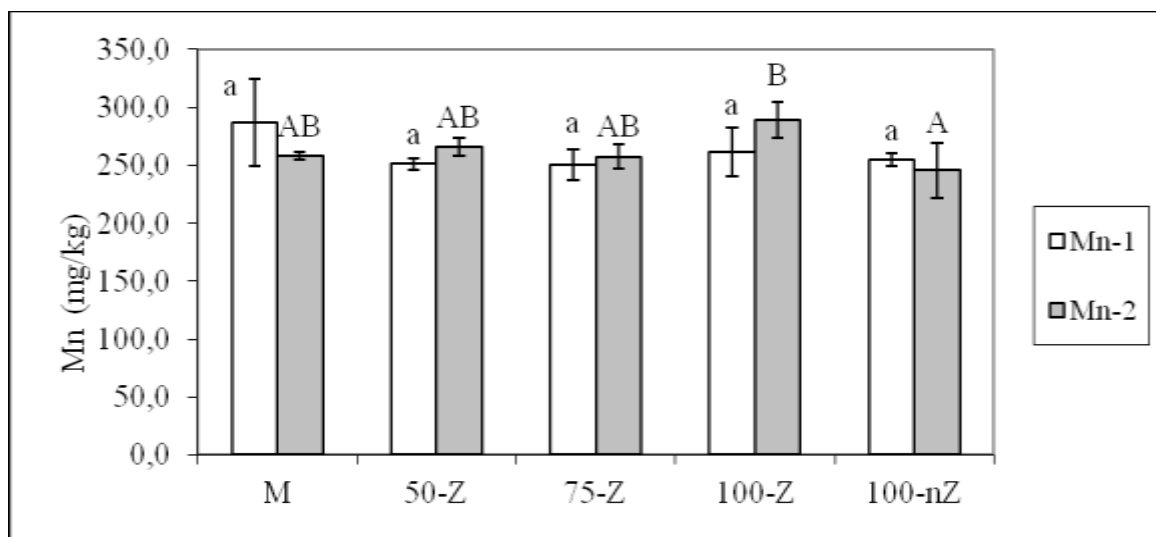
Σχήμα 2.7. Οι τιμές του Cu στο φυτό στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη διάρκεια της πρώτης (Cu-1) και δεύτερης (Cu-2) δειγματοληψίας.

Όσον αφορά τις συγκεντρώσεις Fe στο φυτό (Σχήμα 2.8), τα αποτελέσματα μετά την πρώτη δειγματοληψία στα φύλλα, που διενεργήθηκε περί τα μέσα Ιουλίου, παρατηρείται ότι, δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων. Συνεχίζοντας στα αποτελέσματα της ανάλυσης της δεύτερης δειγματοληψίας παρατηρούμε ότι, οι μεταχειρίσεις της 50% λίπανσης με την προσθήκη ζεόλιθου (50-Z), της 75% λίπανσης με την προσθήκη ζεόλιθου (75-Z), την μεταχείριση της 100% λίπανσης με την προσθήκη ζεόλιθου (100-Z) και της 100% λίπανσης με την απουσία ζεόλιθου (100-nZ) παρουσιάζουν μικρές διαφορές αλλά δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σε αντίθεση όμως με την μεταχείριση μάρτυρα, όπου σε σύγκριση με τη μεταχείριση 75-Z εμφανίζει στατιστικά σημαντικές διαφορές καθώς και την μικρότερη τιμή από όλες τις μεταχειρίσεις.





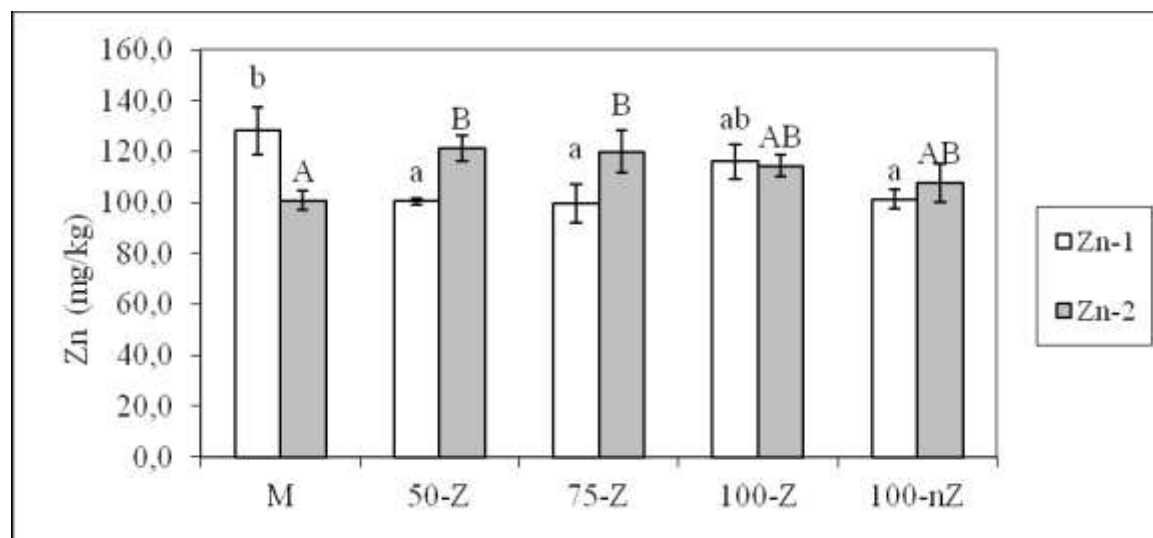
Σχήμα 2.8. Οι τιμές του Fe στο φυτό στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη διάρκεια της πρώτης (Fe-1) και δεύτερης (Fe-2) δειγματοληψίας.



Σχήμα 2.9. Οι τιμές του Mn % στο φυτό στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη διάρκεια της πρώτης (Mn-1) και δεύτερης (Mn-2) δειγματοληψίας.

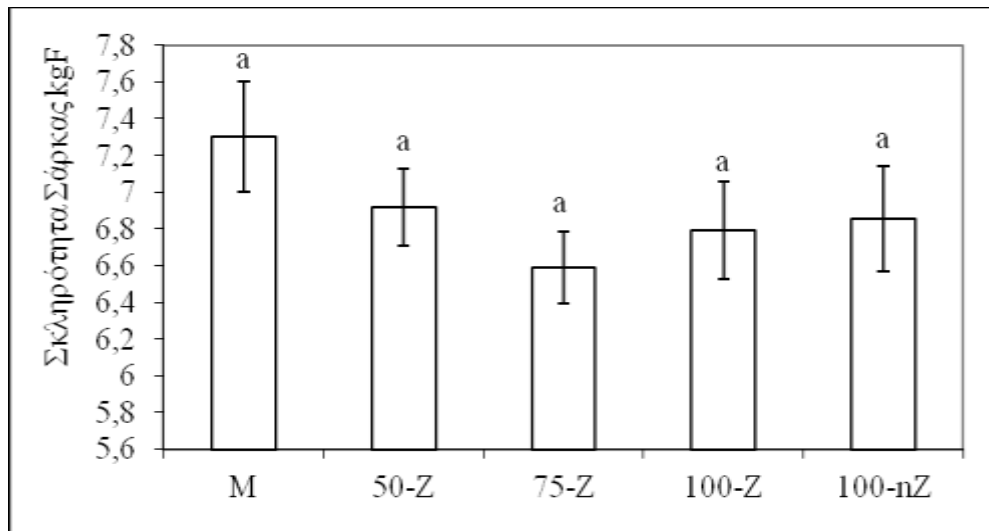
Όσον αφορά τις συγκεντρώσεις Mn στο φυτό (Σχήμα 2.9), τα αποτελέσματα μετά την πρώτη δειγματοληψία στα φύλλα, που διενεργήθηκε περί τα μέσα Ιουλίου, παρατηρείται ότι, δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων. Συνεχίζοντας στα αποτελέσματα της ανάλυσης της δεύτερης δειγματοληψίας παρατηρούμε ότι, οι μεταχειρίσεις του μάρτυρα, της 50% λίπανσης με την προσθήκη ζεόλιθου (50-Z), της 75% λίπανσης με την προσθήκη ζεόλιθου (75-Z), και της 100% λίπανσης με την απουσία ζεόλιθου (100-nZ) παρουσιάζουν μικρές διαφορές αλλά δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σε αντίθεση όμως

με την μεταχείριση της 100% λίπανσης με την προσθήκη ζεόλιθου (100-Z), όπου σε σύγκριση με τη μεταχείριση 100-nZ εμφανίζει στατιστικά σημαντικές διαφορές καθώς και την μεγαλύτερη τιμή από όλες τις μεταχειρίσεις.



Σχήμα 2.10. Οι τιμές του Zn στο φυτό στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος κατά τη διάρκεια της πρώτης (Zn-1) και δεύτερης (Zn-2) δειγματοληψίας.

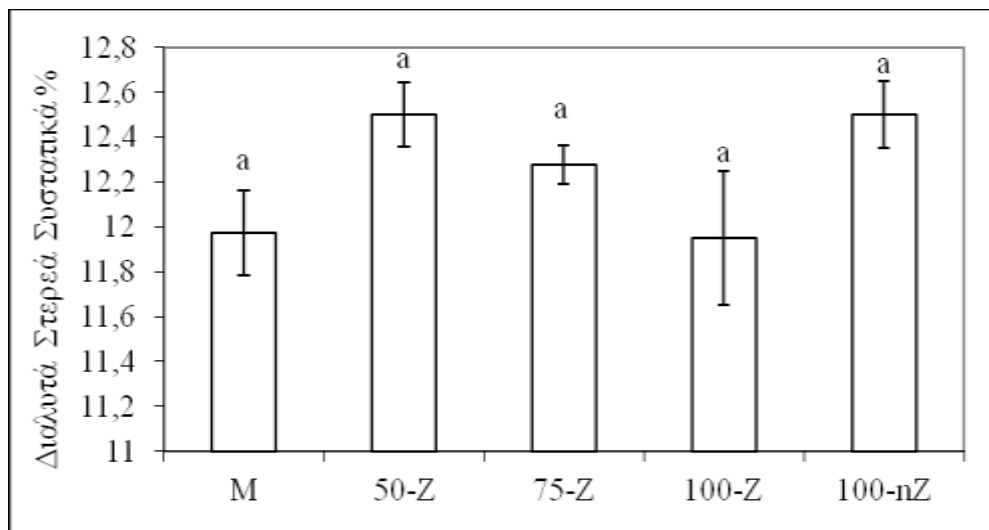
Όσον αφορά τις συγκεντρώσεις Zn στο φυτό (Σχήμα 2.10), στα αποτελέσματα μετά την πρώτη δειγματοληψία στα φύλλα, που διενεργήθηκε περί τα μέσα Ιουλίου, παρατηρείται ότι, οι μεταχειρίσεις της 50% λίπανσης με την προσθήκη ζεόλιθου (50-Z), της 75% λίπανσης με την προσθήκη ζεόλιθου (75-Z), της 100% λίπανσης με την προσθήκη ζεόλιθου (100-Z) και της 100% λίπανσης με την απουσία ζεόλιθου (100-nZ) παρουσιάζουν μικρές διαφορές αλλά δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σε αντίθεση με την τιμή του μάρτυρα, όπου συγκρινόμενη με τις μεταχειρίσεις 50-Z, 75-Z και 100-nZ παρουσιάζει στατιστικώς σημαντικές διαφορές. Συνεχίζοντας στα αποτελέσματα της ανάλυσης της δεύτερης δειγματοληψίας παρατηρούμε ότι, οι μεταχειρίσεις της 50% λίπανσης με την προσθήκη ζεόλιθου (50-Z), της 75% λίπανσης με την προσθήκη ζεόλιθου (75-Z), της 100% λίπανσης με την προσθήκη ζεόλιθου (100-Z) και της 100% λίπανσης με την απουσία ζεόλιθου (100-nZ) παρουσιάζουν μικρές διαφορές αλλά δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σε αντίθεση όμως με την μεταχείριση του μάρτυρα, όπου σε σύγκριση με τις μεταχειρίσεις 50-nZ και 75-Z εμφανίζει στατιστικά σημαντικές διαφορές καθώς και την μικρότερη τιμή από όλες τις μεταχειρίσεις.



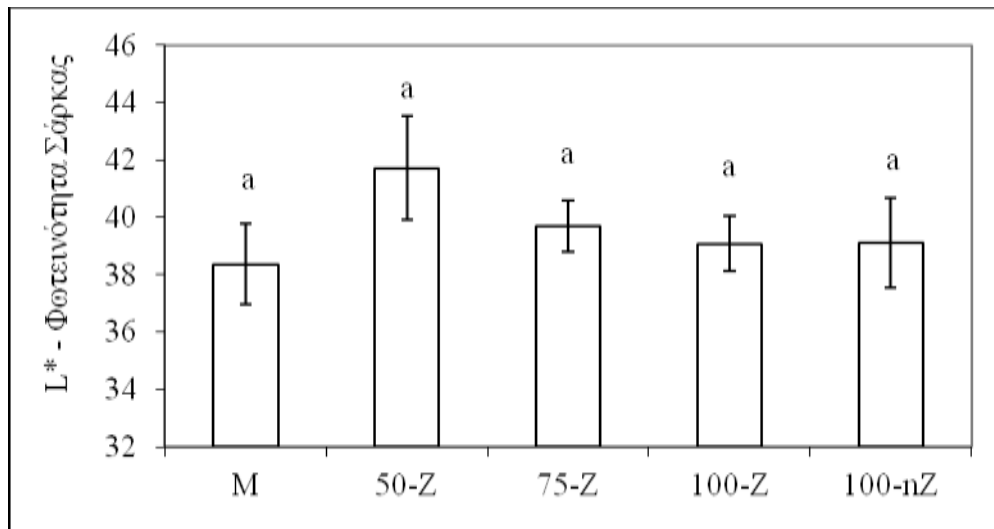
Σχήμα 3.1. Σκληρότητα σάρκας στους καρπούς στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος.

Όσον αφορά τη σκληρότητα σάρκας στους καρπούς (Σχήμα 3.1), οι αναλύσεις που διενεργήθηκαν στους καρπούς μετά το πέρας της συγκομιδής δείχνουν ότι, μεταξύ των μεταχειρίσεων δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά.

Σε σχέση με τα διαλυτά στερεά συστατικά στους καρπούς (Σχήμα 3.2), οι αναλύσεις που διενεργήθηκαν στους καρπούς μετά το πέρας της συγκομιδής δείχνουν ότι, μεταξύ των μεταχειρίσεων δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά.

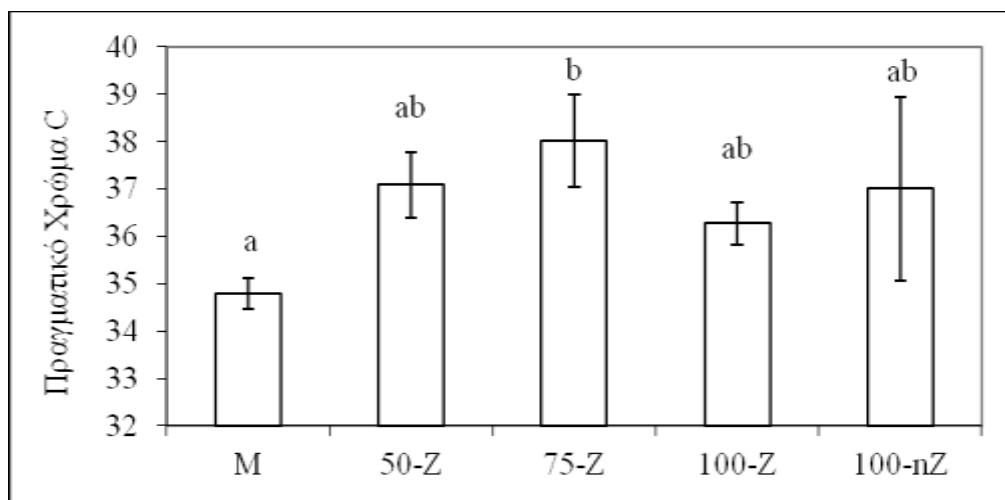


Σχήμα 3.2. Διαλυτά στερεά συστατικά στο χυμό των καρπών στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος.



Σχήμα 3.3. Τιμές L\* (φωτεινότητα σάρκας) των καρπών στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος.

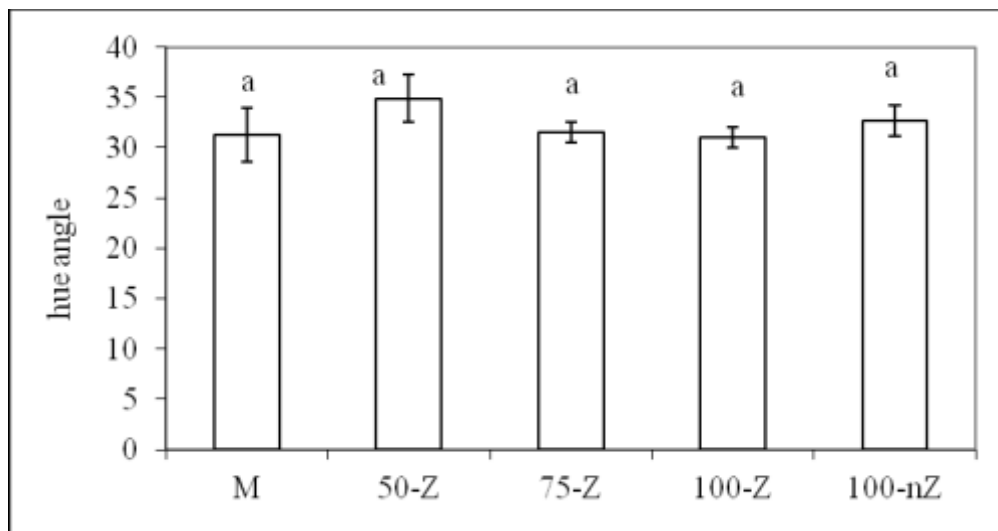
Η τιμή L\* αντιπροσωπεύει τη φωτεινότητα, έχει κλίμακα από 0-100, όπου L\*=0 είναι το μαύρο και L\*=100 το άσπρο. Όσο πιο μεγάλο είναι το L\* τόσο πιο φωτεινό είναι το χρώμα της σάρκας. Όπως παρατηρούμε, μεταξύ των μεταχειρίσεων δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά στη φωτεινότητα των καρπών, με τις τιμές να κυμαίνονται από 37 έως 44, παρουσιάζοντας πολύ σκούρο κόκκινο χρώμα. (Σχήμα 3.3).



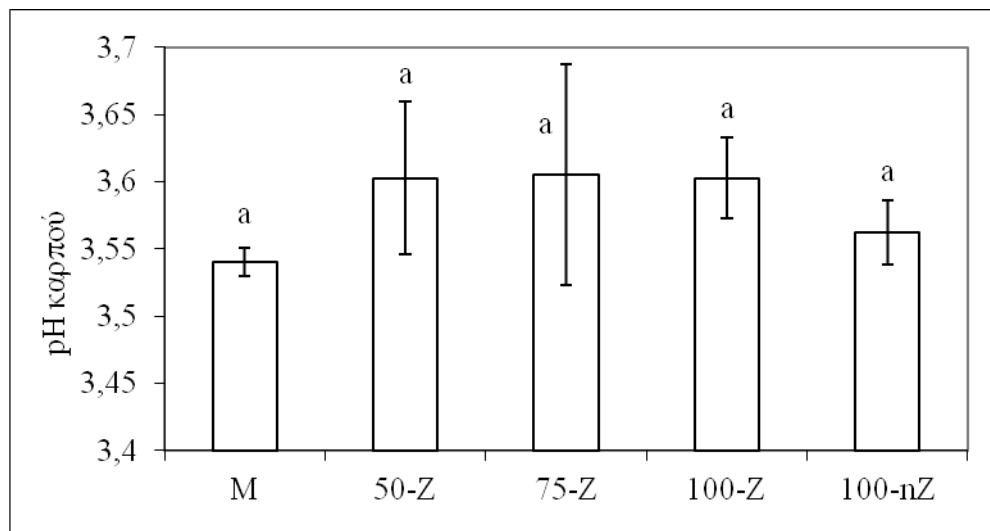
Σχήμα 3.4. Τιμές C (πραγματικό χρώμα) των καρπών στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος.

Το πραγματικό χρώμα  $C^*$  (Chroma) δίνεται συνάρτησι των  $a^*$  και  $b^*$  από τον τύπο  $C^* = (a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$ . Γενικά, όσο πιο μεγάλο είναι το  $C^*$ , τόσο πιο καθαρό χρώμα (απομακρύνεται από το γκρι) έχει η μετρούμενη επιφάνεια. Όπως παρατηρούμε, συναντάμε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων, με πιο αξιοσημείωτη τη διαφορά που εντοπίζεται μεταξύ του μάρτυρα -που εμφανίζει την χαμηλότερη τιμή- και της μεταχείρισης όπου εφαρμόστηκε 75% λίπανση και ζεόλιθος (75-Z), η οποία εμφανίζει και την μεγαλύτερη τιμή. Επιπρόσθετα να αναφέρουμε ότι, μεταξύ των υπολοίπων μεταχειρίσεων δεν εντοπίζονται στατιστικώς σημαντικές διαφορές (Σχήμα 3.4).

Το hue είναι η απόχρωση που δίνεται από το αντίστροφο του συνημίτονου του κλάσματος  $b^*/a^*$ . Το  $h=0^\circ$  εκφράζει το κόκκινο χρώμα,  $h=90^\circ$  το κίτρινο,  $h=180^\circ$  το πράσινο και  $h=270^\circ$  το μπλε. Όπως παρατηρούμε, μεταξύ των καρπών και των 5 μεταχειρίσεων δεν υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές, με τους καρπούς όλων των μεταχειρίσεων να είναι κόκκινου χρώματος (Σχήμα 3.5).

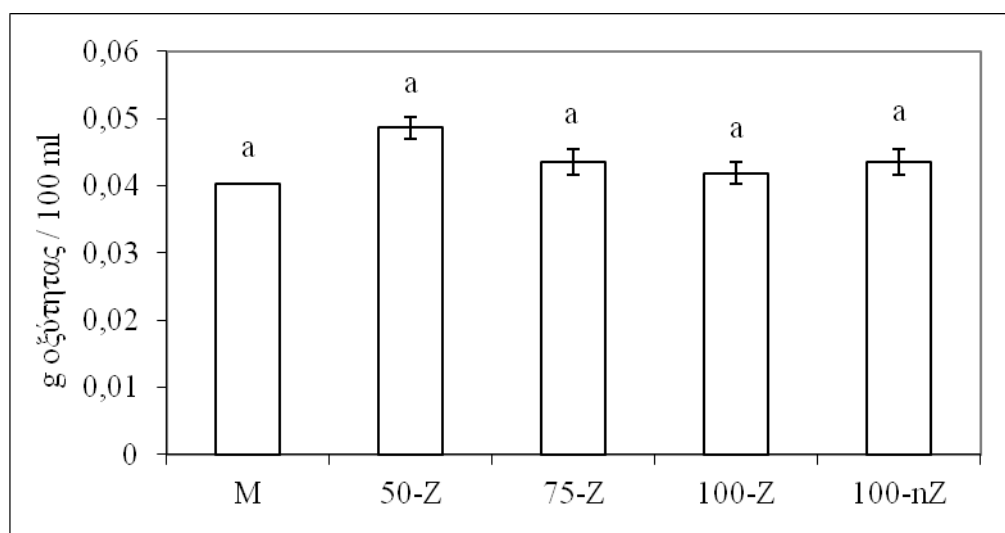


Σχήμα 3.5. Τιμές hue angle (απόχρωση χρώματος) των καρπών στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος.



Σχήμα 3.6. Τιμές pH στο χυμό καρπών στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος.

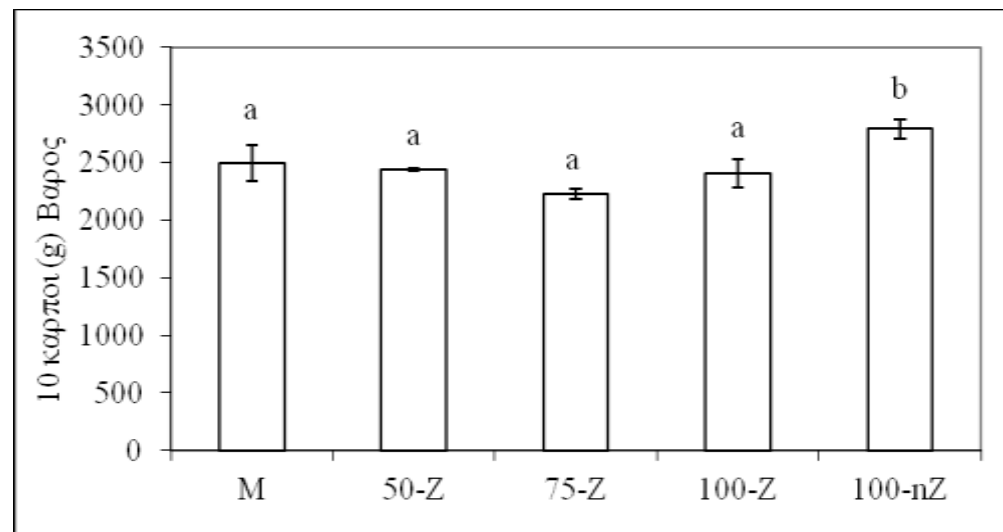
Όσον αφορά τις τιμές του pH στους καρπούς (Σχήμα 3.6), οι αναλύσεις που διενεργήθηκαν στους καρπούς μετά το πέρας της συγκομιδής δείχνουν ότι, μεταξύ των μεταχειρίσεων δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά, με την μικρότερη τιμή pH να εντοπίζεται στους καρπούς που προήλθαν από την μεταχείριση του μάρτυρα.



Σχήμα 3.7 : g οξύτητα μηλικού οξέως / 100ml στο χυμό καρπών στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος.

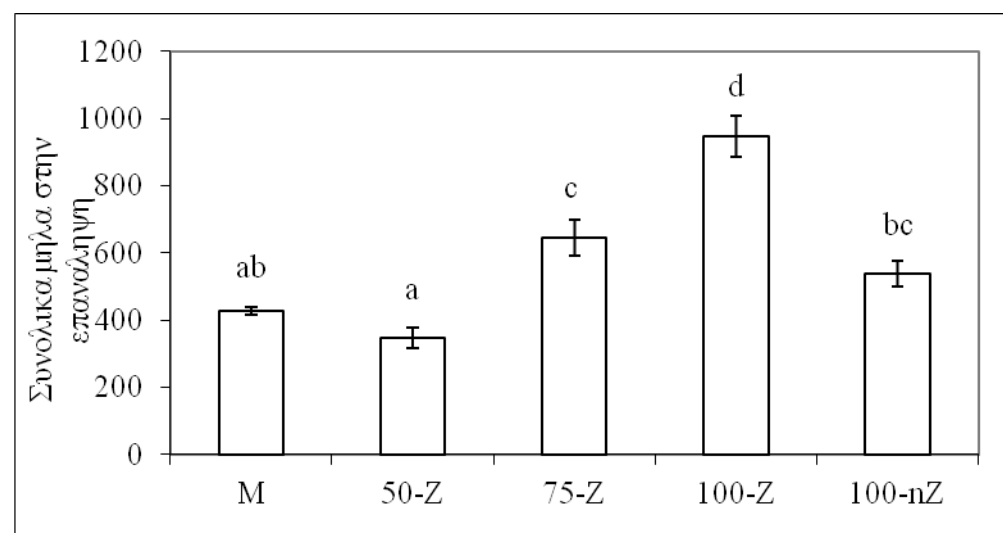
Όσον αφορά τις τιμές οξύτητας στους καρπούς οι οποίες εκφράζονται ως g οξύτητας / 100ml χυμού (ο οποίος προήλθε από τον καρπό) (Σχήμα 3.7), οι αναλύσεις που

διενεργήθηκαν στους καρπούς μετά το πέρας της συγκομιδής δείχνουν ότι, μεταξύ των μεταχειρίσεων δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά.



Σχήμα 3.8. Βάρος 10 καρπών (g) στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος.

Όσον αφορά το βάρος 10 καρπών (Σχήμα 3.8), η ζύγιση που διενεργήθηκε μετά το πέρας της συγκομιδής έδειξε ότι, μεταξύ των μεταχειρίσεων δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά.

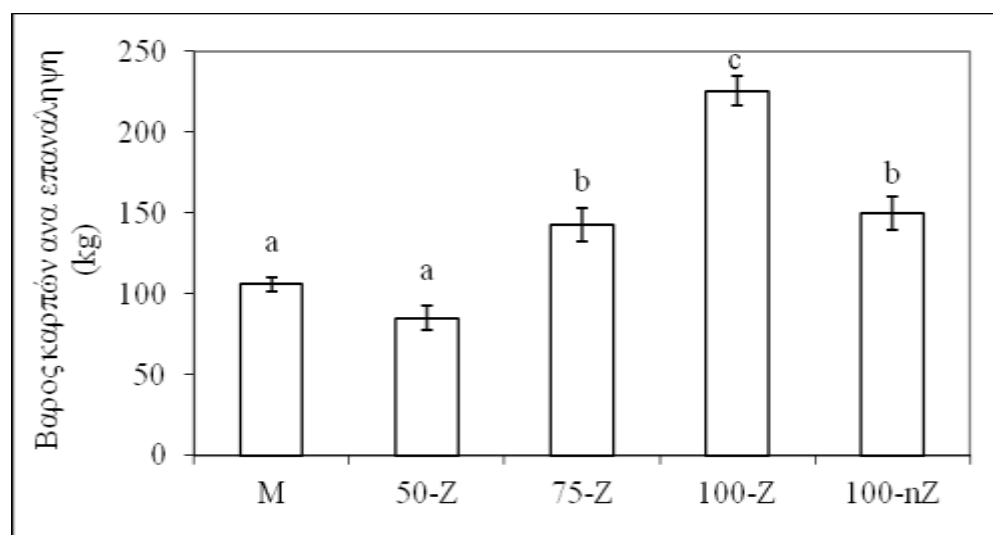


Σχήμα 3.9. Συνολικά μήλα στις επαναλήψεις σε κάθε μία από τις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος.

Όσον αφορά τα συνολικά μήλα των μεταχειρίσεων στον μηλεώνα (Σχήμα 3.9), αυτά ζυγιστήκαν κατά την διάρκεια της συγκομιδής και όπως παρατηρούμε υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ όλων των μεταχειρίσεων. Τις χαμηλότερες

τιμές τις συναντάμε στη μεταχείριση του μάρτυρα καθώς και στην μεταχείριση της 50% λίπανσης με ταυτόχρονη χρήση ζεόλιθου (50-Z), στις οποίες δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ τους. Τα περισσότερα μήλα τα συναντούμε στη μεταχείριση όπου είχε εφαρμοστεί 100% λίπανση με ταυτόχρονη χρήση ζεόλιθου, ενώ επιπρόσθετα η συγκεκριμένη αυτή μεταχείριση παρουσιάζει και τις πιο στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με όλες τις υπόλοιπες, ενώ έπονται τα μήλα της μεταχείρισης 75-Z και έπειτα τα μήλα της μεταχείρισης 100-nZ.

Όσον αφορά το βάρος των μήλων των πέντε μεταχειρίσεων του πειράματος στον μηλεώνα (Σχήμα 3.10), οι κλούβες ζυγίστηκαν κατά την διάρκεια της συγκομιδής και όπως παρατηρούμε υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων. Τις χαμηλότερες τιμές τις συναντάμε στη μεταχείριση του μάρτυρα καθώς και στην μεταχείριση της 50% λίπανσης με ταυτόχρονη χρήση ζεόλιθου (50-Z). Μεταξύ των δύο αυτών μεταχειρίσεων δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά. Τα περισσότερα μήλα τα συναντούμε στη μεταχείριση όπου είχε εφαρμοστεί 100% λίπανση με ταυτόχρονη χρήση ζεόλιθου, ενώ επιπρόσθετα η συγκεκριμένη αυτή μεταχείριση παρουσιάζει και τις πιο στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με όλες τις υπόλοιπες.



Σχήμα 3.10 Βάρος καρπών ανά επανάληψη (kg) στις 5 μεταχειρίσεις του πειράματος.



### 3.2 Συζήτηση

Στο pH του εδάφους παρατηρήσαμε ότι, καθώς αυξάνεται η δόση του λιπάσματος, μειώνεται η τιμή του, με τη μείωση να ανέρχεται σε έως και μισή μονάδα. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στην νιτροποίηση του αζώτου που προσθέσαμε, η οποία νιτροποίηση είναι μια οξινοποιός διεργασία σύμφωνα με την παρακάτω αντίδραση :



Η όποια αντίδραση δείχνει ότι, η διαδικασία μετατροπής του αμμωνιακού αζώτου σε νιτρικό εκλύει οξύτητα. Η οξύτητα που εκλύεται μέσω της διεργασίας αυτής είναι προσωρινή και το έδαφος καταφέρνει και καταναλώνει την οξύτητα αυτή, εφόσον καταναλωθούν και τα νιτρικά που εκλύονται. Κάτι το οποίο είναι σύνηθες εφόσον υπάρχει εγκατεστημένη καλλιέργεια, όπως ακριβώς συμβαίνει και στην περίπτωση την δική μας (Gao et al., 2015). Όταν συμβαίνει αυτό, τότε η τάση που υπάρχει είναι να αυξάνεται το pH στο επίπεδο του μάρτυρα. Αυτό είναι κάτι που παρατηρούμε και εμείς στην δική μας περίπτωση, καθώς στη δεύτερη δειγματοληψία του pH έχουμε σημαντική τάση αύξησης της τιμής, αλλά δεν βρίσκουμε διαφορές σε σχέση με τον μάρτυρα.

Όσον αφορά την EC, υπήρξε μείωση σημαντική από τον μάρτυρα στην μεταχείριση 75-Z και αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στο γεγονός ότι, ο προστιθέμενος ζεόλιθος απορρόφησε μέρος της αλατότητας του εδάφους (Koushafar et al., 2011). Όμως βλέπουμε στο 100-Z ότι, παρ' όλο που έχει προστεθεί η ίδια ποσότητα ζεόλιθου, αυξάνεται η αλατότητα στα επίπεδα του μάρτυρα, ενώ παραμένει ίδια και στην μεταχείριση που δεν προστέθηκε ζεόλιθος. Η αύξηση της αλατότητας οφείλεται στο γεγονός ότι έχουμε προσθέσει περισσότερο λίπασμα, και το λίπασμα προσθέτει αλατότητα στο έδαφος, όμως είναι δύσκολο να εξηγηθεί για ποιο λόγο στη μια περίπτωση ο ζεόλιθος απορροφάει αλατότητα ενώ στην άλλη δεν απορροφάει. Ενδεχομένως να συνδέεται με το γεγονός ότι, στη μεταχείριση 100-Z η αλατότητα που έχει προστεθεί είναι αρκετά μεγάλη με την προσθήκη λιπάσματος, ώστε ο ζεόλιθος να μην καταφέρνει να απορροφήσει όλο το δυναμικό αλατότητας που έχουμε προσθέσει στο έδαφος. Παρ' όλα αυτά, πρέπει να τονιστεί ότι, τα επίπεδα της αλατότητας του εδάφους -ακόμα και τα μεγαλύτερα- ήταν πολύ χαμηλά, έτσι ώστε να μην υπάρχει κάποιος κίνδυνος αλατότητας στα δέντρα.

Παρατηρώντας τα νιτρικά φάνηκε ότι, υπάρχει μία τάση αύξησης με την αύξηση του λιπάσματος, κάτι το οποίο είναι φυσιολογικό, γιατί αυτό δείχνει ότι, όσο περισσότερο λίπασμα προσθέτουμε, περισσεύει περισσότερο άζωτο (Pokhrael and Chang, 2016). Όμως, οι διαφορές δεν ήταν στατιστικά σημαντικές, κάτι που δείχνει ότι, ναι μεν υπάρχει μία τάση αλλά δεν έχει επαληθευθεί. Στην δεύτερη δειγματοληψία έχουμε μείωση σε σχέση με την πρώτη, και αυτό είναι φυσιολογικό, επειδή N με τη μορφή των νιτρικών καταναλώνεται από την καλλιέργεια, άρα μειώνεται από το έδαφος. Στη δεύτερη δειγματοληψία και πάλι οι διαφορές δεν υπήρχαν σε σχέση με το μάρτυρα, αλλά και η τάση αύξησης ήταν πολύ μικρότερη σε σχέση με την πρώτη δειγματοληψία, κάτι που και αυτό είναι φυσιολογικό, λόγω της κατανάλωσης των νιτρικών του εδάφους. Το N στα φύλλα ακολουθεί την τάση του N στο έδαφος με τη μορφή των νιτρικών, δηλαδή δεν βλέπουμε να υπάρχουν διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων. Αυτό δείχνει ότι, ακόμη και ο μάρτυρας ήταν καλολιπασμένος, εξαιτίας του γεγονότος ότι ακόμη και στο μάρτυρα το έδαφος είναι λιπασμένο από προηγούμενες χρονιές και από ό,τι φαίνεται οι ποσότητες του N είναι επαρκείς (He et al., 2015). Ωστόσο, φαίνεται ότι, η συγκέντρωση του N στο φυτό μειώνεται με τον χρόνο, κάτι που είναι αναμενόμενο, καθώς το N μεταφέρεται σε άλλα βλαστικά μέρη.

Όσον αφορά το P, βλέπουμε ότι ο μάρτυρας ήταν πολύ ψηλά, σχεδόν 30 mg/kg, κάτι που δείχνει ότι ήταν σε επίπεδο επάρκειας. Καμία από τις μεταχειρίσεις όπου προστέθηκε P δεν έχει υψηλότερη συγκέντρωση P σε σχέση με το μάρτυρα, κι αυτό δείχνει ότι η ποσότητα του P που χορηγήθηκε δεν ήταν ικανή για να αυξήσει περαιτέρω τα επίπεδα του P στο έδαφος, καθώς ήταν ήδη υπέρ-επαρκή (Shi et al., 2015). Ο P στο φυτό ακολουθεί τις τάσεις του εδάφους, καθώς βλέπουμε ότι, δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων στην πρώτη και δεύτερη δειγματοληψία. Καθώς τα επίπεδα του P είναι υπέρ-επαρκή ακόμη και στο μάρτυρα, αυτό επιδράει και στο φυτό, καθώς φαίνεται ότι, δεν αυξάνονται οι ποσότητες του P που προσλαμβάνει το φυτό με την προσθήκη λιπάσματος. Κάποιες μικρές διαφορές που υπάρχουν μεταξύ της πρώτης και της δεύτερης δειγματοληψίας είναι μη σημαντικές.

Στο K βλέπουμε ότι ο μάρτυρας έχει το ίδιο επίπεδο σε σχέση με το 50-Z, παρ' όλο που στο μάρτυρα δεν προστέθηκε K, ενώ σε όλες τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις προστέθηκε. Καθώς όμως αυξάνεται η δόση του N, αυξάνεται και η ποσότητα του

ανταλλάξιμου K (Hu et al., 2016) μέχρι τη μεταχείριση του 100-Z, ενώ η μεταχείριση του 100-nZ δεν έχει στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με το μάρτυρα. Αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στο γεγονός ότι το αμμωνιακό N που προστέθηκε στο έδαφος με τη μορφή λιπάσματος μπήκε στους πόρους του ζεόλιθου και εκτόπισε κατιόντα τα οποία προϋπήρχαν εκεί μέσα. Φαίνεται λοιπόν ότι ο ζεόλιθος που χρησιμοποιήσαμε είχε υψηλή περιεκτικότητα σε K και η ανταλλαγή που έγινε με τα αμμωνιακά κατιόντα οδήγησε στην έκλυση K στο έδαφος. Αυτή η επίδραση δεν συνέβη στο μάρτυρα ούτε στη μεταχείριση 100-nZ, γιατί εκεί δεν προστέθηκε ζεόλιθος, ενώ στην 50-Z που ήταν στο ίδιο επίπεδο με το μάρτυρα, η ποσότητα του N που είχε προστεθεί ήταν τόσο μικρή, ώστε δεν ήταν ικανή να ανταλλάξει το K του ζεόλιθου. Η τάση που είδαμε στο έδαφος της αύξησης του ανταλλάξιμου K στη μεταχείριση 100-Z σε σχέση με τον μάρτυρα δεν επαληθεύθηκε στο K των φύλλων, όπου παρατηρούμε ότι, στο 100-Z έχουμε μικρή πτώση στην πρώτη δειγματοληψία σε σχέση με το μάρτυρα. Αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στη δυναμική του K στο έδαφος, καθώς η πρώτη δειγματοληψία των φύλλων έγινε στο μέσο του πειράματος, ενώ η δειγματοληψία του εδάφους έγινε μαζί με τη δεύτερη δειγματοληψία των φύλλων. Σημειώνεται πάντως ότι, ακόμα και εκεί υπάρχουν διαφορές, καθώς η μεταχείριση 100-Z είναι χαμηλότερη της μεταχείρισης 50-Z. Οι μικρές διαφορές του K στο φυτό απ' ό,τι φαίνεται δεν έχουν συνάφεια με τις διαφορές στο έδαφος και είναι ενδεχόμενο να οφείλεται στο ότι τα επίπεδα του K στο έδαφος ήταν υπέρ-επαρκή ακόμη και στο μάρτυρα. Στο μάρτυρα ήταν κοντά στο 0,4 και έφτασαν πάνω από 0,6 Cmol/kg εδάφους, με όριο επάρκειας περίπου στα 0,4 Cmol/kg, οπότε το K ακόμη και στο μάρτυρα ήταν επαρκές για τη θρέψη του φυτού και οι μικρές αυτές διαφορές δεν έχουν σχέση με εκείνες του εδάφους.

Στο Ca στο έδαφος δεν υπήρχαν διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων, όλες ήταν στατιστικά ίδιες, αλλά αυτή ήταν μια εικόνα που παρατηρήθηκε και στο φυτό. Τα επίπεδα μεταξύ των μεταχειρίσεων ήταν ίδια και το ίδιο συνέβη και στα επίπεδα από την πρώτη στη δεύτερη δειγματοληψία, όπου και εκεί οι διαφορές ήταν πολύ μικρές. Όσον αφορά το Mg, ωστόσο, φαίνεται ότι, στη μεταχείριση 100-Z στο έδαφος αυξήθηκε η συγκέντρωση του ανταλλάξιμου Mg (Milosevic and Milosevic, 2015) και αυτό έχει παρόμοια εξήγηση με αυτή του K, καθώς σε καμία από τις μεταχειρίσεις δεν προστέθηκε Mg. Φαίνεται ότι, το Mg προήλθε από το ζεόλιθο και αυξήθηκε στο 100-Z σε σχέση με το 50-Z εξαιτίας του γεγονότος ότι στους πόρους του ζεόλιθου

μπήκε αμμωνιακό N και αντάλλαξε ιόντα τα οποία προϋπήρχαν. Φαίνεται λοιπόν ότι Mg προϋπήρχε στο ζεόλιθο και άρα διαπιστώνουμε ότι, ο ζεόλιθος που χρησιμοποιήσαμε ήταν καλιούχος και μαγνησιούχος. Ωστόσο, όπως συμβαίνει και με το K, η εικόνα του εδάφους δεν συσχετίστηκε με την εικόνα του φυτού. Στο φυτό κατά την πρώτη δειγματοληψία δεν υπήρξαν διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων, αλλά ούτε και στη δεύτερη δειγματοληψία υπήρξαν διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων, κάτι που δεν ανταποκρίνεται στην εικόνα που πήραμε από το έδαφος. Ωστόσο, από την πρώτη στη δεύτερη δειγματοληψία φάνηκε ότι μειώθηκαν οι συγκεντρώσεις του Mg, κάτι που σημαίνει ότι Mg μετακινήθηκε από τα φύλλα σε άλλα όργανα.

Στην περίπτωση του Cu συνέβη κάτι παρόμοιο όπως με το ασβέστιο, όπου δεν έχουμε διαφορές στο έδαφος, αλλά στο φυτό υπάρχουν κάποιες μικρές διαφορές, και η κύρια τάση είναι η μείωση από τη μια δειγματοληψία στην άλλη, προφανώς λόγω της μετακίνησης του Cu σε άλλα ζωτικά βλαστικά μέρη του φυτού. Παρόμοια εικόνα και στο Fe, όπου οι διαφορές μεταξύ μεταχειρίσεων είναι μικρές αλλά υπάρχει μια γενική τάση μείωσης από την πρώτη δειγματοληψία στη δεύτερη.

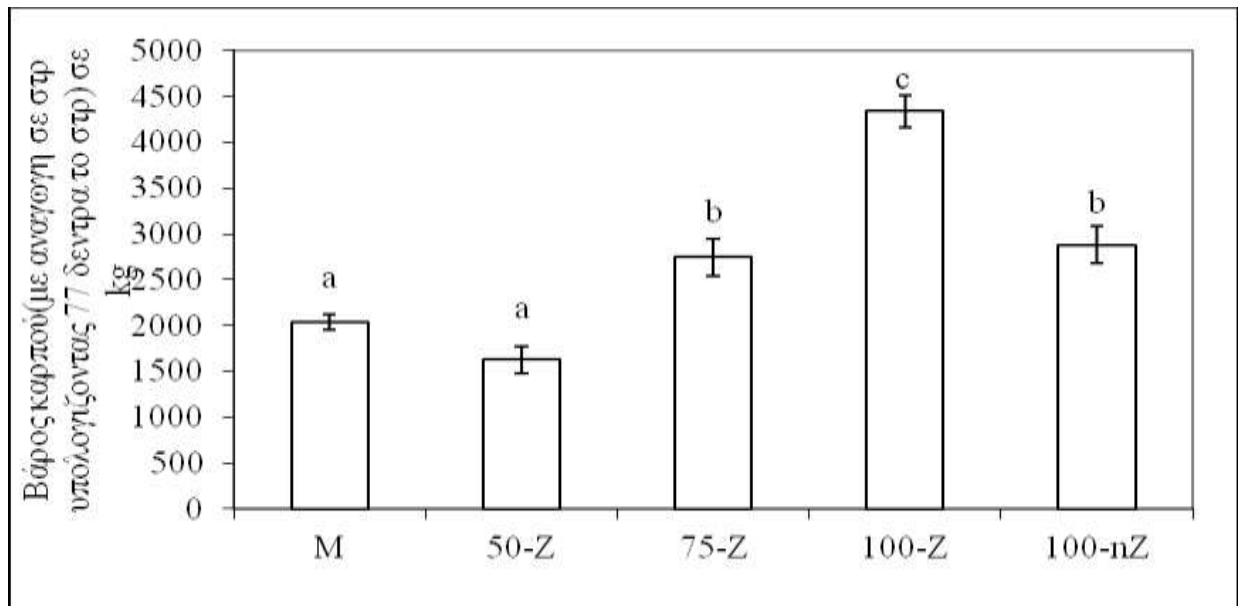
Επιπρόσθετα στα άλλα 3 κατιοντικά ιχνοστοιχεία-θρεπτικά, η εικόνα είναι παρόμοια όπως και στο Cu. Βλέπουμε δηλαδή ότι, στο έδαφος δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Αντίθετα όμως στο φυτό υπάρχουν κάποιες διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων, οι οποίες είναι μικρές, αλλά η κυριότερη τάση είναι αυτή της μείωσης από τη μία δειγματοληψία στη δεύτερη, προφανώς λόγω του γεγονότος ότι το φυτό μετακινεί από τα φύλλα τις αναγκαίες ποσότητες των θρεπτικών προς άλλα όργανα του φυτού. Αυτό συμβαίνει με το Fe, αλλά δεν συμβαίνει με το Mn και τον Zn.

Αναφορικά με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του καρπού, ξεκινώντας από την φωτεινότητα του φλοιού, παρατηρούμε ότι δεν υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των καρπών και των πέντε μεταχειρίσεων, με το L\* να κυμαίνεται από 37 έως 44 και να αποτελεί μια αρκετά καλή και αποδέκτη τιμή για σκούρο κόκκινο χρώμα. Παρατηρώντας το πραγματικό χρώμα C\* (Chroma) του φλοιού, το οποίο δίνεται συναρτήσει των a\* και b\* από τον τύπο  $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ , και γενικά όσο πιο μεγάλο είναι το C\*, τόσο πιο καθαρό χρώμα (απομακρύνεται από το γκρι)

έχει η μετρούμενη επιφάνεια παρατηρούμε ότι, το χρώμα μεταξύ των καρπών παρουσιάζει κάποιες διαφορές μεταξύ της μεταχείρισης 75-Z και του μάρτυρα. Αυτό οφείλεται στην ύπαρξη λίπανσης και στις καλλιεργητικές φροντίδες, οι οποίες βελτίωσαν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του καρπού. Επιπρόσθετα το hue, που αφορά την απόχρωση, δεν παρουσιάζει στατιστικώς σημαντικές διαφορές, κάτι το οποίο είναι φυσιολογικό καθώς όλοι οι καρποί προέρχονται από την ίδια ποικιλία μηλών.

Το pH δεν επηρεάστηκε κατά τη διάρκεια του πειράματος και δεν παρουσίασε στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων. Το ίδιο ισχύει και για τη σκληρότητα, την οξύτητα και τα διαλυτά στερεά συστατικά (Brix), τα οποία δεν παρουσίασαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων, καθώς δεν επηρεάστηκαν ούτε από τις καλλιεργητικές φροντίδες που διενεργήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος, αλλά ούτε και από την ύπαρξη λιπάσματος και ζεόλιθου.

Το βάρος των καρπών καταγράφηκε μετά το πέρας της συγκομιδής (Σχήμα 4) και παρατηρήσαμε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων, και το κυριότερο φαίνεται ότι υπάρχει αυξητική τάση, η οποία είναι ανάλογη με την αύξηση του λιπάσματος που εφαρμόστηκε σε συνάφεια και με την ύπαρξη ζεόλιθου (Milosevic and Milosevic, 2013). Με εξαίρεση την μεταχείριση 50-Z, όπου κυμαινόταν στις ίδιες τιμές με τον μάρτυρα, στις άλλες μεταχειρίσεις φαίνεται ξεκάθαρη αύξηση της παραγωγής, ενώ είναι αξιοσημείωτο ότι, η μεταχείριση 100-nZ παρουσιάζει την ίδια τιμή με τη μεταχείριση 75-Z, κάτι το οποίο δείχνει ότι, χρησιμοποιώντας ζεόλιθο κερδίσαμε 25% λίπανσης χωρίς να υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στην παραγωγή (Milosevic et al., 2013). Ενώ όταν συνδυάστηκε 100% λίπανση με την παρουσία ζεόλιθου η παραγωγή μας ήταν ακόμα μεγαλύτερη. Αυτό οφείλεται και στο γεγονός ότι, με την ύπαρξη ζεόλιθου, ο οποίος δέσμευε και αποδέσμευε άζωτο σε στιγμές που τα δέντρα είχαν ανάγκη, καταφέραμε να ελαττώσουμε τις εκροές που παρατηρηθήκαν, ενώ υπήρξε καλύτερη χρήση και αξιοποίηση του λιπάσματος από τα δέντρα σε βάθος χρόνου.



Σχήμα 4. Συνολική παραγωγή ανά μεταχείριση (με αναγωγή σε στρέμμα υπολογίζοντας 77 δέντρα/στρ)

Πίνακας 2. Συνολική παραγωγή ανά μεταχείριση (με αναγωγή σε στρέμμα υπολογίζοντας 77 δέντρα/στρ)

Συνολική παραγωγή ανά μεταχείριση(με αναγωγή σε στρ. υπολογίζοντας 77 δέντρα το στρ) σε kg			p value	LSD
Mean				
M	2037,6	a	0	8,79
50-Z	1631,9	a		
75-Z	2743,9	b		
100-Z	4337,3	c		
100-nZ	2879,8	b		

#### 4.- Συμπεράσματα

- Η ταυτόχρονη χορήγηση ζεόλιθου και λιπάσματος έδειξε σημαντική διαφοροποίηση σε σχέση τόσο με τη μεταχείριση, όπου εφαρμόστηκε αποκλειστικά και μόνο λίπασμα χωρίς την παρουσία ζεόλιθου, όσο και με το μάρτυρα.
- Η αυξανόμενη ποσότητα λιπάσματος αύξησε σημαντικά τη συνολική παραγωγή.
- Η παρουσία ζεόλιθου μαζί με τη χρήση λιπάσματος, σε αυξανόμενες δόσεις ανά μεταχείριση που εκτιμήθηκαν έπειτα από εδαφολογική ανάλυση, είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγής στη μεταχείριση 100-Z, παρουσιάζοντας στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τη μεταχείριση 100-nZ, η οποία με την σειρά της παρουσίασε τις ίδιες τιμές με τη μεταχείριση 75-Z, όσον αφορά τη συνολική παραγωγή ανά στρέμμα.

## Βιβλιογραφία

### Ελληνική

1. Θεριός, Ι. 1996. Ανόργανη Θρέψη και Λιπάσματα. Εκδόσεις Δεδούση, Θεσσαλονίκη.
2. Θεριός, Ι., και Δημάση-Θεριού, Κ. 2013. Ειδική Δενδροκομία: Φυλλοβόλα Οπωροφόρα Δένδρα. Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη.
3. K+S KALI GmbH. 2013. Πληροφορίες και Προτάσεις για τη Λίπανση των Φυλλοβόλων Οπωροφόρων Δένδρων, Αθήνα.
4. Λιώνη, Β. 2004. Μελέτη Συμπεριφοράς Ζεολιθικών Τόφων Σάμου και Έβρου στην Δέσμευση Αποβλήτων Πλούσιων σε Αμμωνιακά Ιόντα. Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης, Τμήμα Γεωλογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
5. Μηνοπούλου, Χ. 2007. Ανάπτυξη Καρπών Μηλιάς και Αχλαδιάς και Φυσικοχημικές Μεταβολές τους. Πτυχιακή Εργασία, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
6. Μολώνη, Χ. 2003. Ελληνικοί Ζεόλιθοι, Φυσικοχημικά Χαρακτηριστικά και Εφαρμογές. Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης, Τμήμα Γεωλογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
7. Περράκης, Θ. 2007. Βιομηχανικά Ορυκτά και Πετρώματα. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
8. Ποντίκης, Κ. 2003. Ειδική Δενδροκομία, Τόμος Ι "Μηλοειδή". Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.
9. Στυλιανίδης, Δ., Σιμώνης, Α., και Συργιαννίδης, Γ. 2002. Θρέψη-Λίπανση Φυλλοβόλων Οπωροφόρων Δένδρων. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.

### Ξενόγλωσση

1. Fallahi, E., Fallahi, B., Neilsen, G., Neilsen, D., and Peryea, F. 2010. Effects of Mineral Nutrition on Fruit Quality and Nutritional Disorders in Apples. Acta Horticulturae 868, 49-56.
2. Gao, W., Yang, H., Kon, L., and Li, S., 2015. Effect of Nitrogen Deposition and Fertilization on N Transformations in Fresh Soils: a Review. Journal of Soils and Sediments 15, 863-879.



3. He, Y., Zhang, W.J., Xu, M.G., Tong, X.G., Sun, F.X., J.Z.Wang, J.Z., Huang, S.M., Zhu, P., He, X.H. 2015. Long-Term Combined Chemical and Manure Fertilizations Increase Soil Organic Carbon and Total Nitrogen in Aggregate Fractions at Three Typical Cropland Soils in China. *Science of the Total Environment* 532, 635-644.
4. Hu, W., Zhao, W., Yang, J., Oosterhuis, D. M., Loka, D. A., Zhou, Z. 2016. Relationship Between Potassium Fertilization and Nitrogen Metabolism in the Leaf Subtending the Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) Boll During the Boll Development Stage. *Plant Physiology and Biochemistry* 101, 113-123.
5. Koushafar, M., Khoshgoftarmanesh, A.H., Aghili, F., 2011. Natural Zeolite Reduces Salinity and Heavy Metal Availability of Compost Produced From Sewage Sludge Rose Residue Mixture. *Journal of Residuals Science and Technology* 8, 9-14
6. Milosevic, T., and Milosevic, N., 2013. Response of Young Apricot Trees to Natural Zeolite, Organic and Inorganic Fertilizers. *Plant, Soil and Environment* 59, 44-49.
7. Milosevic, T., and Milosevic, N., 2015. Apple Fruit Quality, Yield and Leaf Macronutrients Content as Affected by Fertilizer Treatment. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 15, 76-83.
8. Milosevic, T., Milosevic, N., Ivan G., 2013. Tree Growth, Yield, Fruit Quality Attributes and Leaf Nutrient Content of 'Roxana' Apricot as Influenced by Natural Zeolite, Organic and Inorganic Fertilizers. *Scientia Horticulturae* 156, 131-139.
9. Mumpton, F.A. 1999. La Roca Magica: Uses of Natural Zeolites in Agriculture and Industry. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 96, 3463-3470.
10. Neilsen, G.H., Neilsen, D. and Peryea, F. 1999. Response of Soil and Irrigated Fruit Trees to Fertigation or Broadcast Application of Nitrogen, Phosphorus, and Potassium. *Hort. Technology* 9, 393-401.
11. Pokharel, P., Chang, S.X., 2016. Exponential Fertilization Promotes Seedling Growth by Increasing Nitrogen Retranslocation in Trembling Aspen Planted for Oil Sands Reclamation. *Forest Ecology and Management* 372, 35-43.
12. Shi, L. L., , Shen, M.-X., Lu, C.-Y., Wang H., Zhou, X., Jin, M., Wu T., 2015. Soil Phosphorus Dynamic, Balance and Critical P Values in Long Term

Fertilization Experiment in Taihu Lake Region, China. Journal of Integrative Agriculture 14, 2446-2455.

13. Valente, S., Burriesci, N., Cavallaro, S., Zipelli, C. 1984. Utilization of Zeolites as Soil Conditioners in Tomato Growing. Zeolites 2, 271-274.
14. Valente, S., Burriesci, N., Zipelli, C. Bart. J.C.C. 1984. Studies on Zeolites in Agriculture. Effect on Crop Growth of *Prunus percica* and *Vitis vinifera*. Zeolites 4, 373-376.

#### Από το Διαδίκτυο

http-1: [www.gaiapedia.gr](http://www.gaiapedia.gr)

http-2: <http://cooksfarmorchard.com/Apples.html>

http-3: <http://www.starkbros.com/growing-guide/article/trail-of-the-golden-apple>

http-4: <http://agrosimvoulos.gr/>

http-5: <http://www.lenntech.com/zeolites-structure-types.htm>

http-6: [www.wikipedia.gr](http://www.wikipedia.gr)

http-7 : <http://ariixinternetteam.com/wp-content/uploads/2012/03/images.jpg>

http-8 : [www.iri.tudelft.nl/~sfwww/alexander/zeolite\\_structure.html](http://www.iri.tudelft.nl/~sfwww/alexander/zeolite_structure.html)

http-9: <http://www.compo-expert.com/>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ  
ΑΝΑ ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΙΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ.

Πίνακας Α1.α. Πρωτογενή εδαφολογικά δεδομένα πειράματος. Μ= μάρτυρας, 50-Z= λίπασμα 50% με παρουσία ζεόλιθου, 75-Z= λίπασμα 75% με παρουσία ζεόλιθου, 100-Z= λίπασμα 100% με παρουσία ζεόλιθου, 100-nZ= λίπασμα 100% χωρίς παρουσία ζεόλιθου, και οι αύξοντες αριθμοί 1-4 είναι οι 4 επαναλήψεις ανά μεταχείριση.

		pH-1	pH-2	EC (μS/cm)	NO <sub>3</sub> -N (mg/kg)	NO <sub>3</sub> -N (mg/kg)	P(olsen)
M	1	6,23	6,89	321,00	4,46	2,89	19,54
	2	6,22	6,48	333,00	5,27	3,34	30,55
	3	6,09	6,47	343,00	5,39	3,49	30,00
	4	6,10	6,42	355,00	5,14	4,06	40,10
50-Z	1	6,42	6,36	173,70	3,73	3,07	20,37
	2	6,31	6,47	150,00	4,34	2,94	22,26
	3	6,48	6,58	115,70	4,13	2,59	20,67
	4	6,07	6,27	475,00	4,84	2,89	25,63
75-Z	1	5,77	6,51	161,30	4,54	3,30	21,50
	2	5,79	7,04	128,10	5,24	2,96	18,39
	3	6,27	6,94	124,70	4,91	2,70	22,04
	4	5,96	6,69	319,00	5,00	4,63	29,97
100-Z	1	6,10	6,37	396,00	5,64	4,46	36,08
	2	5,55	6,45	173,90	10,71	3,48	26,69
	3	5,89	6,97	379,00	5,50	3,91	31,48
	4	6,04	6,39	430,00	5,69	3,53	28,91
100-nZ	1	5,71	6,51	336,00	18,73	3,37	27,34
	2	6,08	6,04	395,00	5,23	7,25	30,25
	3	6,02	6,23	321,00	5,45	3,12	27,78
	4	6,08	7,13	345,00	4,86	3,31	30,49

Πίνακας Α1.β (συνέχεια)

		K	Na	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
M	1	0,34	0,10	9,97	4,08	7,44	23,48	13,62	12,06
	2	0,43	0,07	10,41	1,93	7,20	34,94	10,18	9,86
	3	0,38	0,08	10,56	4,27	7,35	29,86	13,44	8,36
	4	0,47	0,08	10,70	6,42	7,36	16,98	16,00	13,26
50- Z	1	0,38	0,12	10,11	3,49	5,78	24,68	14,58	10,12
	2	0,32	0,10	10,56	-3,34	8,99	68,08	18,60	1,40
	3	0,27	0,11	10,56	5,83	6,80	18,41	15,28	9,06
	4	0,59	0,11	11,15	4,66	7,88	23,46	14,96	12,12
75- Z	1	0,29	0,10	12,32	5,25	7,39	18,26	17,02	16,56
	2	0,83	0,18	10,85	5,05	9,90	21,02	17,08	13,42
	3	0,50	0,16	10,85	4,66	7,85	15,78	14,72	10,46
	4	0,52	0,14	10,41	7,59	8,47	21,82	13,72	1,01
100- Z	1	0,50	0,11	10,70	11,69	8,75	28,36	15,78	10,80
	2	0,52	0,11	9,82	8,37	7,64	28,96	14,36	8,76
	3	0,63	0,14	10,11	7,00	9,44	21,98	13,94	8,84
	4	1,04	0,11	10,70	7,39	8,31	27,98	17,74	9,20
100- nZ	1	0,32	0,12	10,26	5,64	10,15	30,24	17,38	41,04
	2	0,61	0,10	10,11	4,86	5,79	38,24	12,98	7,42
	3	0,50	0,09	11,00	4,66	9,17	50,10	13,52	9,48
	4	0,59	0,11	11,29	7,78	5,54	25,50	13,22	8,34

Πίνακας Α2.α. Πρωτογενή δεδομένα φυτικής ανάλυσης πειράματος κατά την πρώτη και δεύτερη δειγματοληψία φυτικού ιστού. Μ= μάρτυρας, 50-Z= λίπασμα 50% με παρουσία ζεόλιθου, 75-Z= λίπασμα 75% με παρουσία ζεόλιθου, 100-Z= λίπασμα 100% με παρουσία ζεόλιθου, 100-nZ= λίπασμα 100% χωρίς παρουσία ζεόλιθου, και οι αύξοντες αριθμοί 1-4 είναι οι 4 επαναλήψεις ανά μεταχείριση.

		P-1	P-1 %	P-2	P-2 %	K-1	K-1 %	K-2	K-2 %
M	1	1252,03	0,13	13443,04	1,34	12055,77	1,21	5797,10	0,58
	2	1362,35	0,14	727,58	0,07	11418,53	1,14	8094,59	0,81
	3	1204,79	0,12	768,15	0,08	10937,93	1,09	5621,43	0,56
	4	1432,30	0,14	2106,95	0,21	12837,40	1,28	7405,69	0,74
50-Z	1	1122,36	0,11	795,20	0,08	10677,96	1,07	7905,14	0,79
	2	1241,48	0,12	521,22	0,05	12227,99	1,22	7601,09	0,76
	3	1210,67	0,12	587,90	0,06	11766,56	1,18	9121,31	0,91
	4	1514,02	0,15	581,16	0,06	12547,84	1,25	9644,61	0,96
75-Z	1	1403,71	0,14	1403,82	0,14	11067,19	1,11	6756,53	0,68
	2	903,39	0,09	934,89	0,09	10472,62	1,05	8266,81	0,83
	3	1305,20	0,13	843,88	0,08	11022,42	1,10	7026,79	0,70
	4	1206,75	0,12	405,06	0,04	12227,99	1,22	8286,31	0,83
100-Z	1	1590,17	0,16	581,16	0,06	10677,96	1,07	6960,50	0,70
	2	1500,23	0,15	895,97	0,09	10134,79	1,01	6716,78	0,67
	3	10363,60	1,04	410,91	0,04	9486,17	0,95	8245,72	0,82
	4	1430,35	0,14	631,53	0,06	10540,18	1,05	6851,12	0,69
100-nZ	1	2148,31	0,21	1052,04	0,11	10934,55	1,09	8949,21	0,89
	2	1375,53	0,14	852,16	0,09	10505,74	1,05	7807,54	0,78
		1324,20	0,13	109,70	0,01	10084,74	1,01	7750,14	0,78
		2661,47	0,27	452,28	0,05	12429,46	1,24	9816,84	0,98

Πίνακας Α2.β (συνέχεια)

		Na-1	Na-2	Ca-1	Ca-1 %	Ca-2	Ca-2 %
M	1	287,10	191,76	24452,07	2,45	21407,54	2,14
	2	333,28	178,09	18389,57	1,84	19451,62	1,95
	3	276,27	171,55	21584,77	2,16	20017,89	2,00
	4	437,09	237,55	20943,01	2,09	19544,33	1,95
50-Z	1	287,10	252,41	18757,36	1,88	20301,03	2,03
	2	316,83	242,70	18149,18	1,81	22142,54	2,21
	3	352,56	203,83	19833,02	1,98	19346,29	1,93
	4	340,08	227,64	20987,78	2,10	19640,20	1,96
75-Z	1	282,74	213,54	19544,33	1,95	23251,55	2,33
	2	271,86	277,19	19734,76	1,97	20121,71	2,01
	3	277,19	181,65	21702,00	2,17	21543,95	2,15
	4	376,29	190,44	20229,68	2,02	20229,68	2,02
100-Z	1	247,46	161,84	22445,37	2,24	19917,99	1,99
	2	262,14	217,73	18100,88	1,81	20094,45	2,01
	3	292,84	205,99	17367,93	1,74	19544,33	1,95
	4	313,06	191,76	19084,61	1,91	20699,09	2,07
100-nZ	1	350,39	209,52	24163,38	2,42	20524,15	2,05
	2	247,46	168,20	20229,68	2,02	19544,33	1,95
		243,07	227,64	17695,62	1,77	20229,68	2,02
		285,80	247,46	20584,17	2,06	20410,40	2,04

Πίνακας Α2.γ (συνέχεια)

		Mg-1	Mg-1	Mg-2	Mg-2	N-1	N-2	Cu-1	Cu-2
		Mg-1	%	Mg-2	%	N-1	N-2	Cu-1	Cu-2
M	1	34849,61	3,48	15627,22	1,56	2,29		12,75	10,80
	2	11833,52	1,18	9325,81	0,93	2,54	1,97	16,40	9,02
	3	27494,28	2,75	10009,85	1,00	2,25	1,98	14,72	10,80
	4	12316,52	1,23	5556,41	0,56	2,28	1,86	36,15	8,82
50-Z	1	15864,36	1,59	11149,92	1,11		1,99	17,65	12,60
	2	15710,22	1,57	10438,61	1,04	2,29	1,89	16,08	16,35
	3	15320,81	1,53	5430,40	0,54	2,52		13,40	8,46
	4	13925,89	1,39	7807,57	0,78	2,59	2,20	16,12	8,43
75-Z	1	6951,32	0,70	33310,81	3,33	2,53	1,99	17,80	10,38
	2	17990,37	1,80	8811,21	0,88	2,45		10,96	12,16
	3	25112,64	2,51	10380,72	1,04	2,66	2,08	13,33	8,60
	4	13255,87	1,33	7801,75	0,78		2,09	15,49	14,15
100-Z	1	18365,90	1,84	8702,42	0,87	0,08	2,02	10,39	5,85
	2	9043,69	0,90	10736,96	1,07	2,49		10,96	10,00
	3	13371,80	1,34	7881,26	0,79	2,77	2,39	14,00	11,63
	4	9597,27	0,96	7183,81	0,72	2,79	0,62	16,40	7,40
100-nZ	1	28572,49	2,86	8513,16	0,85	2,47	1,94	13,27	18,87
	2	25349,77	2,53	7881,26	0,79	1,60	1,87	11,37	20,00
		8926,13	0,89	8750,30	0,88	2,08	0,05	15,56	12,16
		15026,18	1,50	9276,18	0,93	2,45	2,00	17,17	6,47

Πίνακας Α2.δ (συνέχεια)

		Fe-1	Fe-2	Mn-1	Mn-2	Zn-1	Zn-2
M	1	320,00	128,00	206,47	252,40	103,92	97,60
	2	319,60	130,98	364,20	265,29	145,00	111,57
	3	161,51	155,00	240,00	262,80	123,40	100,40
	4	500,58	135,69	336,15	253,33	140,19	93,33
50-Z	1	179,41	140,60	248,82	281,00	100,20	128,20
	2	233,92	143,65	237,25	256,15	100,00	107,12
	3	169,62	166,73	261,70	248,46	97,92	126,35
	4	203,06	198,43	256,53	275,88	103,27	123,33
75-Z	1	317,00	157,88	255,80	278,85	99,00	141,73
	2	158,08	222,94	233,08	240,00	82,50	123,73
	3	190,98	163,40	226,47	240,20	97,45	109,20
	4	706,08	200,75	286,47	270,75	119,80	104,53
100-Z	1	138,82	162,26	217,65	274,72	127,25	106,79
	2	676,15	129,02	245,19	272,16	96,73	107,06
	3	168,80	220,61	266,60	275,31	119,40	119,39
	4	175,80	165,60	316,00	334,60	120,60	124,00
100-nZ	1	201,84	168,49	270,41	229,06	93,67	89,25
	2	279,02	198,89	247,06	194,26	105,10	125,93
		162,41	180,20	245,19	252,94	109,63	109,22
		153,40	157,45	257,55	306,27	96,23	105,29



Πίνακας Α3.α. Πρωτογενή δεδομένα ανάλυσης ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών του πειράματος μετά το πέρας της συγκομιδής και από τις πέντε μεταχειρίσεις. M= μάρτυρας, 50-Z=λίπασμα 50% με παρουσία ζεόλιθου, 75-Z=λίπασμα 75% με παρουσία ζεόλιθου, 100-Z= λίπασμα 100% με παρουσία ζεόλιθου, 100-nZ= λίπασμα 100% χωρίς παρουσία ζεόλιθου, και οι αύξοντες αριθμοί 1-4 είναι οι 4 επαναλήψεις ανά μεταχείριση.

		L*	a*	β*	C*	Hue	ΣΣ(average)
M	1	35,34	31,40	15,75	35,13	26,64	8,09
	2	36,86	30,56	16,44	34,70	28,29	6,64
	3	39,48	30,19	18,49	35,41	31,49	7,34
	4	41,76	26,46	21,20	33,90	38,70	7,16
50-Z	1	45,11	30,86	24,11	39,16	37,99	7,09
	2	40,61	30,38	20,23	36,50	33,66	7,05
	3	37,11	31,68	17,48	36,18	28,90	7,23
	4	44,01	28,36	23,00	36,52	39,04	6,30
75-Z	1	41,31	29,59	19,91	35,66	33,94	7,10
	2	37,61	33,68	18,64	38,49	28,96	6,46
	3	41,07	34,11	21,50	40,32	32,23	6,17
	4	38,79	32,19	19,46	37,61	31,15	6,63
100-Z	1	39,26	31,14	18,54	36,24	30,77	6,17
	2	40,37	31,55	20,18	37,46	32,61	7,23
	3	36,36	31,81	17,00	36,07	28,11	7,24
	4	40,34	29,76	19,04	35,33	32,60	6,53
100-nZ	1	38,09	35,94	20,76	41,51	30,01	6,24
	2	42,51	27,79	20,71	34,66	36,70	6,55
		35,22	28,41	16,77	32,99	30,56	7,50
		40,58	32,35	21,52	38,85	33,64	7,14

Πίνακας Α3.β (συνέχεια)

		ΔΣΣ	pH	ml NaOH	g οξύτητας / 100ml	10 καρποί (g) Βάρος	Συνολικά μήλα στην επανάληψη	Βάρος κλούβας ανά επανάληψη (kg)
M	1	11,90	3,54	0,60	0,04	2083,00	455,00	94,64
	2	12,40	3,53	0,60	0,04	2864,70	405,00	115,83
	3	12,10	3,52	0,60	0,04	2476,70	435,00	107,01
	4	11,50	3,57	0,60	0,04	2546,30	417,00	105,92
50-Z	1	12,50	3,70	0,70	0,05	2415,50	258,00	62,18
	2	12,10	3,65	0,70	0,05	2441,90	377,00	91,99
	3	12,70	3,44	0,70	0,05	2445,90	365,00	89,43
	4	12,70	3,62	0,80	0,05	2443,90	393,00	95,50
75-Z	1	12,30	3,50	0,60	0,04	2122,20	680,00	144,16
	2	12,10	3,54	0,70	0,05	2228,90	775,00	172,05
	3	12,20	3,85	0,70	0,05	2206,20	585,00	128,70
	4	12,50	3,53	0,60	0,04	2347,40	533,00	125,26
100- Z	1	12,50	3,66	0,60	0,04	2120,80	1035,00	219,42
	2	11,30	3,52	0,70	0,05	2322,30	995,00	230,84
	3	11,60	3,63	0,60	0,04	2510,00	985,00	247,24
	4	12,40	3,60	0,60	0,04	2666,10	766,00	203,76
100- nZ	1	12,70	3,52	0,60	0,04	2834,00	640,00	181,12
	2	12,80	3,63	0,60	0,04	2743,30	520,00	142,48
		12,20	3,54	0,70	0,05	2599,10	530,00	137,27
		12,30	3,56	0,70	0,05	2998,70	460,00	137,54

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΜΕΣΟΙ ΟΡΟΙ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΗΣ  
ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΟΛΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Πίνακας Β1.α Μέσοι όροι και στατιστικές παράμετροι των εδαφολογικών δεδομένων.  
Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

	pH-1	pH-2	EC (μS/cm)	NO <sub>3</sub> -N (mg/kg)	NO <sub>3</sub> -N (mg/kg)	P(olsen)	K
M	6,16 ab	6,565 a	338 b	5,06 a	3,45 a	30,05 bc	0,41 a
50-Z	6,32 b	6,42 a	228,6 ab	4,26 a	2,87 a	22,23 a	0,39 a
75-Z	5,94 a	6,795 a	183,2 a	4,92 a	3,40 a	22,97 ab	0,54 ab
100-Z	5,89 a	6,545 a	344,7 b	6,88 a	3,85 a	30,79 c	0,67 b
100-nZ	5,97 a	6,4775 a	349,25 b	8,57 a	4,26 a	28,97 abc	0,50 ab
p	36,1	463	99,7	361	416	65,7	202
LSD	0,096	0,147	50,33	1,63	0,51	2,45	0,088

Πίνακας Β1.β Μέσοι όροι και στατιστικές παράμετροι των εδαφολογικών δεδομένων.  
Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

	Na	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
M	0,08 a	10,41 a	4,17 a	7,34 a	26,31 a	13,31 a	10,89 a
50-Z	0,11 ab	10,59 a	2,66 a	7,36 a	33,66 a	15,86 a	8,18 a
75-Z	0,14 c	11,11 a	5,64 ab	8,40 a	19,22 a	15,64 a	10,36 a
100-Z	0,12 bc	10,34 a	8,61 b	8,54 a	26,82 a	15,46 a	9,40 a
100-nZ	0,11 ab	10,67 a	5,74 ab	7,66 a	36,02 a	14,28 a	16,57 a
p	5,3	341	35,9	595	346	346	656
LSD	0,009	0,273	1,19	0,677	6,03	0,98	4,12

Πίνακας Β2.α Μέσοι όροι και στατιστικές παράμετροι των αναλύσεων φυτικού ιστού. Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

	P-1 %	P-2 %	K-1 %	K-2 %	Na-1	Na-2
M	0,13 a	0,43 a	1,18 b	0,67 a	333,43 a	194,74 a
50-Z	0,13 a	0,06 a	1,18 b	0,86 b	324,14 a	231,65 a
75-Z	0,12 a	0,09 a	1,12 ab	0,76 ab	302,02 a	215,71 a
100-Z	0,37 a	0,06 a	1,02 a	0,72 ab	278,88 a	194,33 a
100-nZ	0,19 a	0,06 a	1,10 ab	0,86 b	281,68 a	213,20 a
p	381	302	61,2	51,6	438,1	434,8
LSD	0,1	0,137	0,039	0,0471	24,52	15,67

Πίνακας Β2.β Μέσοι όροι και στατιστικές παράμετροι των αναλύσεων φυτικού ιστού. Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

	Ca-1 %	Ca-2 %	Mg-1 %	Mg-2 %	N-1	N-2	Cu-1
M	2,13 a	2,01 a	2,16 a	1,01 a	2,34 a	1,94 a	20,00 a
50-Z	1,94 a	2,04 a	1,52 a	0,87 a	2,46 a	2,03 a	15,81 a
75-Z	2,03 a	2,13 a	1,58 a	1,51 a	2,55 a	2,05 a	14,40 a
100-Z	1,92 a	2,01 a	1,26 a	0,86 a	2,03 a	1,67 a	12,94 a
100-nZ	2,07 a	2,02 a	1,95 a	0,86 a	2,15 a	1,46 a	14,34 a
p	585	423	501	495	830	703	426
LSD	0,1023	0,05	0,3817	0,296	0,332	0,368	2,68

Πίνακας Β2.γ Μέσοι όροι και στατιστικές παράμετροι των αναλύσεων φυτικού ιστού.

Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

	Cu-2	Fe-1	Fe-2	Mn-1	Mn-2	Zn-1	Zn-2
M	9,86 ab	325,42 a	137,42 a	286,71 a	258,46 ab	128,13 b	100,73 a
50-Z	11,46 ab	196,50 a	162,35 ab	251,08 a	265,37 ab	100,35 a	121,25 b
75-Z	11,32 ab	343,03 a	186,25 b	250,45 a	257,445 ab	99,69 a	119,80 b
100-Z	8,72 a	289,89 a	169,37 ab	261,36 a	289,19 b	116,00 ab	114,31 ab
100-nZ	14,37 b	199,16 a	176,26 ab	255,05 a	245,63 a	101,16 a	107,42 ab
p	302	650,3	163	709	292	23,1	143,7
LSD	1,84	87,5	13,37	20,49	13,83	6,39	6,07

Πίνακας Γ2.α Μέσοι όροι και στατιστικές παράμετροι των αναλύσεων ποιοτικού χαρακτηρισμού του καρπού. Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

	L*	$\alpha^*$	$\beta^*$	C*	Hue	$\Sigma\Sigma$ (average)
M	38,36 a	29,65 a	17,97 a	34,78 a	31,28 a	7,30 a
50-Z	41,71 a	30,32 a	21,21 a	37,09 ab	34,90 a	6,92 a
75-Z	39,70 a	32,39 a	19,88 a	38,02 b	31,57 a	6,59 a
100-Z	39,08 a	31,07 a	18,69 a	36,28 ab	31,02 a	6,79 a
100-nZ	39,10 a	31,12 a	19,94 a	37,00 ab	32,73 a	6,86 a
p	509	542	438	307,1	578,5	407
LSD	1,37	1,144	671,1	1,048	1,848	0,254

Πίνακας Γ2.β Μέσοι όροι και στατιστικές παράμετροι των αναλύσεων ποιοτικού χαρακτηρισμού του καρπού. Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

	ΔΣΣ	pH	ml NaOH	g οξύτητας / 100 ml	10 καρποί (g) Βάρος	Συνολικά μήλα στην επανάληψη	Βάρος κλούβας ανά επανάληψη (kg)
M	11,98 a	3,54 a	0,60 a	0,04 a	2492,68 a	428,00 ab	105,85 a
50-Z	12,50 a	3,60 a	0,73 b	0,05 b	2436,80 a	348,25 a	84,77 a
75-Z	12,28 a	3,61 a	0,65 a	0,04 ab	2226,18 a	643,25 c	142,54 b
100-Z	11,95 a	3,60 a	0,63 a	0,04 a	2404,80 a	945,25 d	225,31 c
100- nZ	12,50 a	3,56 a	0,65 a	0,04 ab	2793,78 b	537,50 bc	149,60 b
p	129,8	819,2	26,2	52,8	15,6	0	0
LSD	0,1855	0,048	0,024	0,0021	98,89	42,43	8,79