



Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

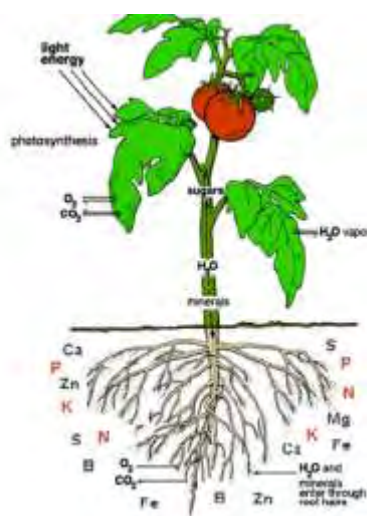
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

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

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

*Η ΧΡΗΣΗ ΖΕΟΛΙΘΟΥ ΚΑΙ ΚΟΠΡΙΑΣ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΖΩΩΝ ΩΣ  
ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΠΗΓΩΝ ΘΡΕΨΗΣ ΤΗΣ ΤΟΜΑΤΑΣ*



ΠΑΠΑΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ

ΒΟΛΟΣ 2015

i

**Μέλη Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:**

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

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

**Πετρόπουλος Σπυρίδων (Επίκουρος Καθηγητής Λαχανοκομίας)**

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Αισθάνομαι την ανάγκη να εκφράσω από καρδιάς τις ευχαριστίες μου, στους ανθρώπους που συνέβαλαν στην προσπάθεια της υλοποίησης αυτής της εργασίας. Πρώτα 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. Ευχαριστώ θερμά τους καθηγητές της τριμελούς επιτροπής κυρία Δημήρκου Ανθούλα και κύριο Πετρόπουλο Σπυρίδων, για τις συμβουλές και την υποστήριξη που μου παρείχαν. Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τον αγαπητό συνάδελφο Κανδήλα Σταύρο και την εταιρεία ELANCO HELLAS για την δωρεά των φυτών τομάτας που χρησιμοποίησα για το πείραμα. Τέλος ευχαριστώ ιδιαίτερος τους Τσιαλτζούδη Βασιλεία, Δρ. Γκόλια Ευαγγελία, Σουίπα Σπύρο και Κούντρια Γεώργιο για την πολύτιμη βοήθεια τους στο εργαστήριο και στον αγρό καθώς και τους κύριο Νάνο Γεώργιο και Φύλλης Γεωργουδάκη για τη βοήθεια που μου προσέφεραν σε εργαστηριακές αναλύσεις.

## 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 τριών διαφορετικών λιπάνσεων σε καλλιέργεια υπαίθριας τομάτας. Οι τρεις λιπάνσεις οι οποίες συγκρίθηκαν ήταν συμβατικό αμμωνιακό λίπασμα, εμποτισμένο αμμωνιακό λίπασμα σε ζεόλιθο και η κοπριά. 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 16 πειραματικά τεμάχια (plots) και έλαβε χώρα στο αγρόκτημα του τμήματος Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, το οποίο βρίσκεται στο Βελεστίνο Μαγνησίας. Η καλλιεργητική περίοδος στον αγρό είχε διάρκεια περίπου τεσσάρων μηνών από τις 26/04/2013 έως τις 23/08/2013, κατά τη διάρκεια αυτή εκτός από τις καλλιεργητικές φροντίδες, πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες φύλλων και εδάφους, μετρήσεις ύψους φυτών 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 αμμωνιακού λιπάσματος δεν έδειξε σημαντική διαφοροποίηση σε σχέση με το συμβατικό λίπασμα. Η κοπριά αύξησε σημαντικά τα επίπεδα P, K και ιχνοστοιχείων στο έδαφος. Στο φυτό καμία από τις μεταχειρίσεις δεν έδωσε διαφορές στην περιεκτικότητα σε θρεπτικά, όμως σε σχέση με το μάρτυρα το συνολικό βάρος καρπών ήταν μεγαλύτερο στη μεταχείριση της συμβατικής λίπανσης.

## **ABSTRACT**

Plant nutrition is one of the most important factors that effects the yield. The purpose of this dissertation was to study and compare three different sources of nitrogen along with the control treatment in tomato cultivation under real field conditions. These three sources of nitrogen was Conventional Fertilizer, Ammonium-Enriched Zeolite and Manure. The control treatment did not contain any additive. Every treatment had four replicates, so the experiment had totally 16 experimental plots and it took place in Velestino of Magnesia in the experimental field of the University of Thessaly. During the cultivation period (26/04/2013-23/08/2013) except for the cultivation practices, we collected leaf and soil samples, we measured the plant height and we also collected the fruits. Furthermore, laboratory analysis in leaf and soil samples took place and statistical analysis of the results as well to reach in the final results. The results indicated that there were no differences between Ammonium-Enriched Zeolite and the Conventional fertilizer. Additionally, manure increased the levels of P, K and trace elements in the soil. Finally, the analysis of the plant material did not show significant differences among the treatments in nutrient levels. The fruit weight in the treatment of Conventional Fertilizer was higher than this of the Control treatment.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	<b>1</b>
<b>1.1 ΤΟΜΑΤΑ (<i>Solanum lycopersicum</i>)</b>	<b>1</b>
<b>1.2 N-P-K</b>	<b>7</b>
<b>1.3 ΚΟΠΡΙΑ</b>	<b>11</b>
<b>1.4 ΖΕΟΛΙΘΟΣ</b>	<b>13</b>
<b>1.5 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	<b>15</b>
<b>2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ</b>	<b>16</b>
<b>2.1 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΓΡΟΥ</b>	<b>16</b>
<b>2.2 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΣΤΟΝ ΑΓΡΟ</b>	<b>17</b>
<b>2.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΛΑΦΟΥΣ</b>	<b>18</b>
<b>2.3.1 ΜΕΤΡΗΣΗ pH και EC</b>	<b>18</b>
<b>2.3.2 ΜΕΤΡΗΣΗ ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ</b>	<b>18</b>
<b>2.3.3 ΜΕΤΡΗΣΗ ΦΩΣΦΟΡΟΥ ΚΑΤΑ OLSEN</b>	<b>19</b>
<b>2.3.4 ΜΕΤΡΗΣΗ ΝΙΤΡΙΚΟΥ ΑΖΩΤΟΥ (NO<sub>3</sub>-N)</b>	<b>20</b>
<b>2.3.5 ΜΕΤΡΗΣΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΩΝ ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΩΝ (DTPA)</b>	<b>21</b>
<b>2.3.6 ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΝΤΑΛΛΑΞΙΜΩΝ ΚΑΤΙΟΝΤΩΝ Ca, Mg,K</b>	<b>21</b>
<b>2.4 ΦΥΤΟΚΟΜΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ</b>	<b>21</b>
<b>2.4.1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΥΨΟΥΣ ΦΥΤΩΝ</b>	<b>21</b>
<b>2.4.2 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΦΥΛΛΩΝ</b>	<b>22</b>
<b>2.4.3 ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ ΚΑΡΠΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ</b>	<b>22</b>
<b>2.4.4 ΜΕΤΡΗΣΗ ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ</b>	<b>22</b>
<b>2.4.5 ΟΛΙΚΟ ΑΖΩΤΟ</b>	<b>23</b>
<b>2.4.6 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΚΑΙ ΕΚΧΥΛΙΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ</b>	<b>24</b>
<b>2.4.6.1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΦΩΣΦΟΡΟΥ</b>	<b>25</b>

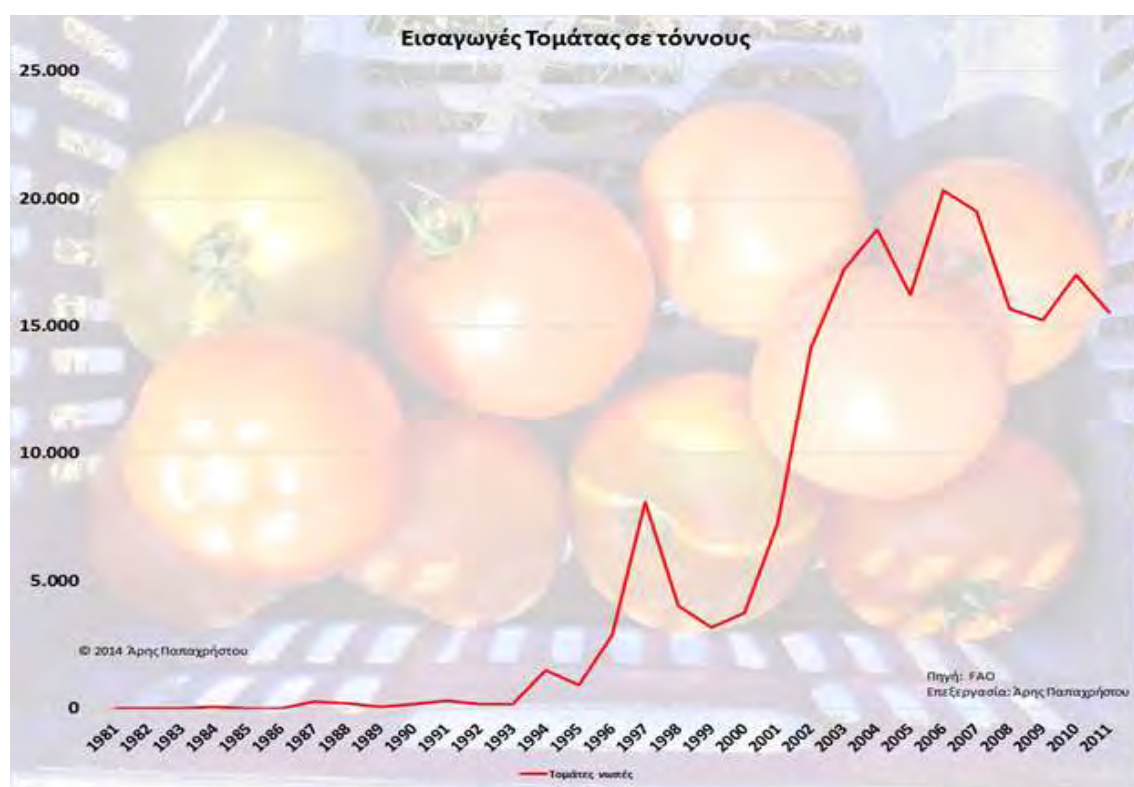
<b>2.4.6.2 ΜΕΤΡΗΣΗ Ca, Mg, K</b>	<b>25</b>
<b>2.4.6.3 ΜΕΤΡΗΣΗ ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΩΝ</b>	<b>25</b>
<b>2.5 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ</b>	<b>26</b>
<b>3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ</b>	<b>26</b>
<b>3.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ</b>	<b>26</b>
<b>3.2 ΣΥΖΗΤΗΣΗ</b>	<b>36</b>
<b>4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b>	<b>41</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	<b>42</b>
<b>ΕΛΛΗΝΙΚΗ</b>	<b>42</b>
<b>ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ</b>	<b>44</b>
<b>ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ</b>	<b>44</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α</b>	<b>46</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β</b>	<b>57</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ</b>	<b>60</b>

# 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 ΤΟΜΑΤΑ

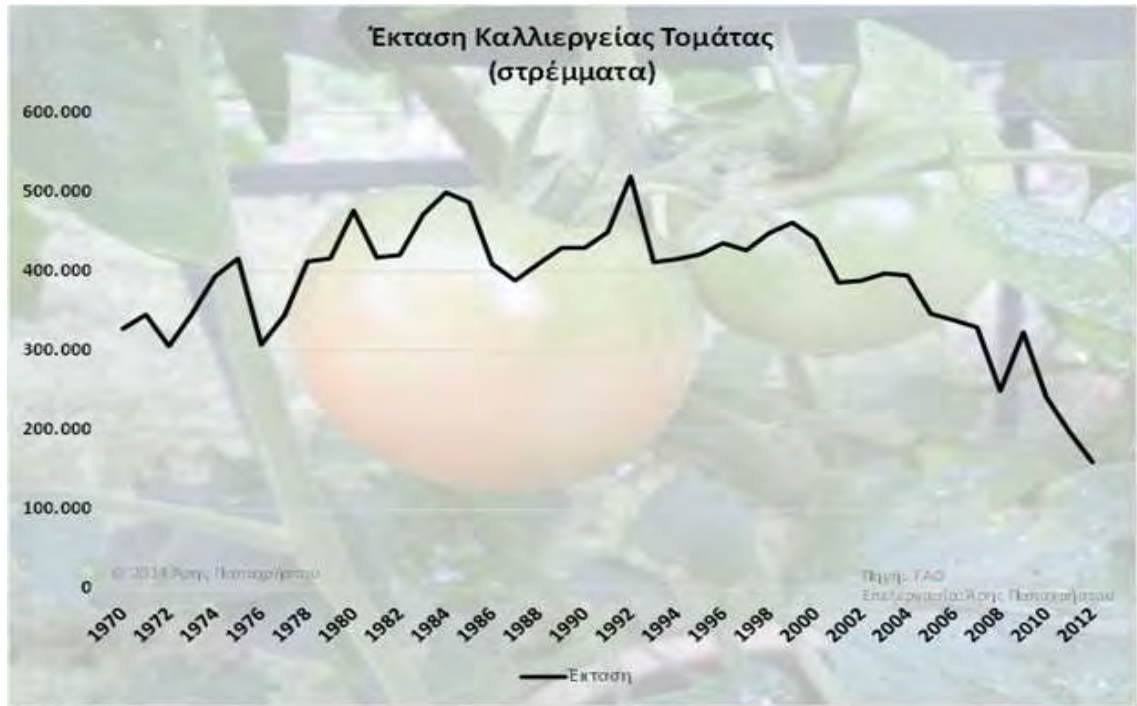
Η τομάτα (*Solanum lycopersicum* ή *Lycopersicon esculentum*) είναι ένα από τα δημοφιλέστερα και ευρέως καλλιεργούμενα φυτά στον κόσμο. Η τομάτα ανήκει στην οικογένεια των *Solanaceae*, καλλιεργείται ως μονοετές φυτό και προέρχεται από την Κεντρική και Νότια Αμερική.

Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία από το Διεθνή οργανισμό τροφίμων και γεωργίας (Food and Agriculture Organization), μέχρι το 1993 οι εισαγωγές φρέσκιας τομάτας στην Ελλάδα ήταν σχεδόν μηδενικές, έπειτα υπήρξε μια κατακόρυφη άνοδος φτάνοντας το 2006 περίπου στους 20000 τόνους (Εικόνα 1.1). Το 1993, η έκταση της καλλιέργειας στην Ελλάδα φτάνει περί τα 520000 στρέμματα και ακολουθεί μείωση της έκτασης φτάνοντας το 2012 στα 160000 στρέμματα (Εικόνα 1.2). Η ετήσια παραγωγή τομάτας μετά το 1985, όπου σημειώνεται η μέγιστη παραγωγή 2400000 τόνους, μειώνεται φτάνοντας το 2012 περίπου στους 950000 τόνους (Εικόνα 1.3).

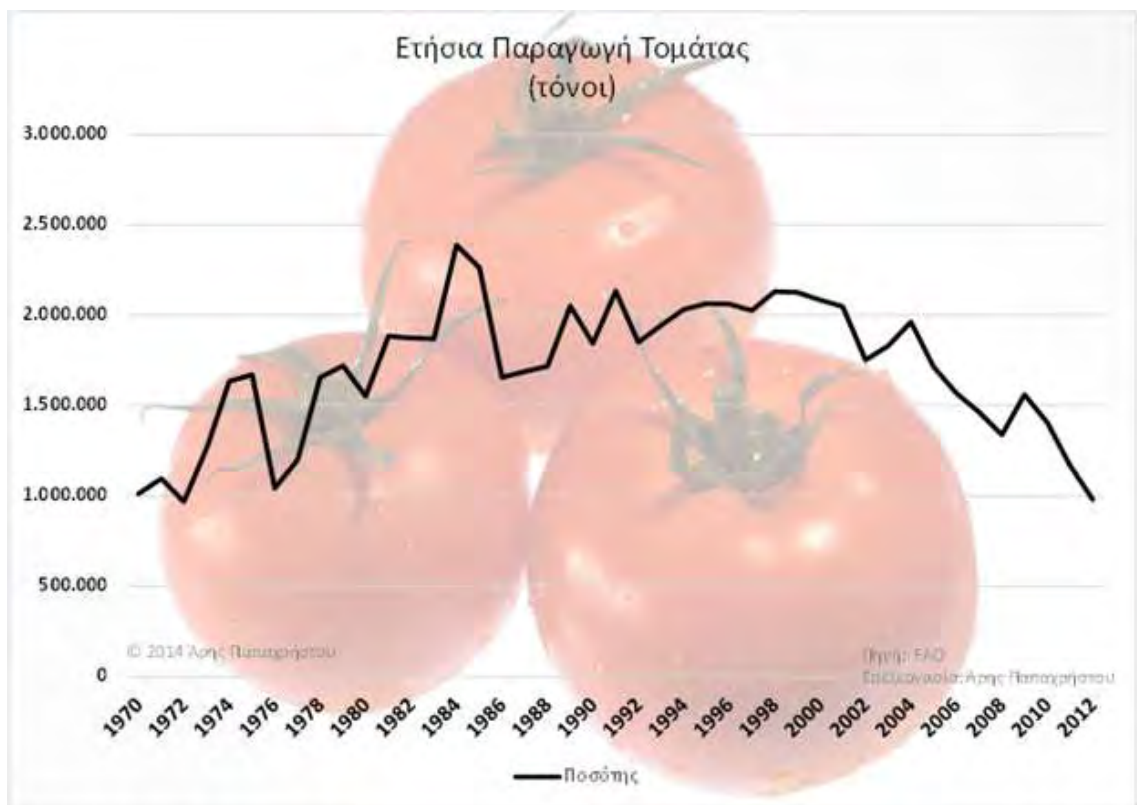


Εικόνα 1.1: Εισαγωγές φρέσκιας τομάτας 1981-2011 (http-1).





Εικόνα 1.2: Έκταση καλλιέργειας τομάτας 1970-2012 ([http-2](#))



Εικόνα 1.3: Ετήσια παραγωγή τομάτας 1970-2012 ([http-3](#))

Η τομάτα αναπτύσσει μια ευδιάκριτη κεντρική ρίζα από την οποία φύονται δευτερεύουσες ρίζες καθώς και ριζικά τριχίδια. Κατά την μεταφύτευση της τομάτας,

συχνά αποκόπτεται η κεντρική ρίζα ως καλλιεργητική πρακτική, όμως το φυτό με τις δευτερεύουσες πλευρικές ρίζες που αναπτύσσει, είναι ικανό να απορροφά τα θρεπτικά συστατικά αν και είναι τραυματισμένο (Χα και Πετρόπουλος, 2012).

Ο βλαστός είναι κυλινδρικός και φέρει σύνθετα φύλλα στις μασχάλες των οποίων, υπάρχουν οφθαλμοί που δίνουν τους πλάγιους βλαστούς (Παούρης, 2012). Στα νεαρά στάδια του φυτού ο βλαστός είναι μαλακός και χυμώδης ενώ σταδιακά γίνεται σκληρός αλλά δεν ξυλοποιείται και για αυτό το λόγο παραμένει εύθραυστος (Εικόνα 1.4). Έτσι λοιπόν είναι επιτακτική η ανάγκη υποστύλωσης του φυτού ειδικά όταν κλαδεύονται οι πλάγιοι βλαστοί και αναπτύσσεται ως μονοστέλεχο σύστημα (Χαλλουμά, 2012).



Εικόνα 1.4 : Βλαστός τομάτας ([http-4](#))

Τα φύλλα (Εικόνα 1.5) είναι σύνθετα και κάθε φύλλο αποτελείται από ζεύγη φύλλων και παράφυλλων (Παούρης, 2012). Έχουν μήκος από 10 έως 30 cm και 5 έως 9 φυλλάρια σε ζεύγη, ενώ ένα φυλλάριο υπάρχει στην άκρη του φύλλου. Τριχίδια καλύπτουν όλη την επιφάνεια των φύλλων και περιμετρικά τους διακρίνονται χαρακτηριστικές οδοντώσεις (Καραγιάννη, 2012).



Εικόνα 1.5: Φύλλο τομάτας (<http-5>)

Τα άνθη της τομάτας (Εικόνα 1.6) είναι τέλεια (αρσενικό και θηλυκό), το χρώμα τους είναι κίτρινο και οι διαστάσεις είναι 1-2 cm (Καραγιάννη, 2012). Η ταξιανθία εκπτύσσεται πλαγίως και διακλαδικά σε διχαλωτούς κυματοειδείς βότρες. Ο αριθμός των ανθέων κυμαίνεται από 4 έως 5 ανά ταξιανθία, κάποιες φορές και περισσότερα. Ο καρπός σχηματίζεται από 2 έως 4 άνθη ανά ταξιανθία (Χα, 2009). Το άνθος έχει ένα κάλυκα ο οποίος φέρει 5 έως 10 σέπαλα. Επιπλέον το άνθος φέρει μια στεφάνη κίτρινη στην οποία υπάρχουν 5 ή περισσότεροι στήμονες και 5 ή περισσότερα πέταλα. Οι στήμονες είναι ενωμένοι μεταξύ τους και σχηματίζουν κώνο, ο οποίος περιβάλλει το στύλο (Παούρης, 2012). Ο ύπερος διαθέτει μια πολυκυτταρική ωοθήκη και ένα μακρύ στύλο με βολβώδες στίγμα (Χα, 2009).

Σύμφωνα με τον Χα (2009), η τομάτα αυτοεπικονιάζεται καθώς ευνοείται από τη θέση του στίγματος και την κρεμαστή θέση του άνθους. Επιπροσθέτως η διασταύρωση των ανθέων μπορεί να συμβεί μέσω των εντόμων σε ποσοστό 5 %. Η επικονίαση μπορεί να υποβοηθηθεί με δόνηση των ανθέων ή και χρήση καρποδοτικών ορμονών (Κηπευτικά, 2005).



Εικόνα 1.6: Άνθος τομάτας (<http-6>)

Ο καρπός της τομάτας είναι ράγα (Εικόνα 1.7), ανάλογα με την ποικιλία διαφέρει το χρώμα αλλά και το σχήμα του. Το σχήμα μπορεί να είναι σφαιροειδές ή επίμηκες και ελαφρώς πεπιεσμένο στους πόλους. Το περικάρπιο είναι λεπτό και λείο, ενώ το μεσοκάρπιο κόκκινο, χυμώδες, περιλαμβάνοντας πολλούς σπόρους οι οποίοι είναι πεπλατυσμένοι, ωοειδής, κιτρινοκαφέ και καλύπτονται από τριχοειδείς αποφύσεις. Το μέγεθος του σπόρου είναι 3-5 mm, περιέχει ένα συσπειρωμένο μεγάλου μεγέθους έμβρυο και υπό συνθήκες αποθήκευσης διατηρεί τη βλαστικότητα του για 4 περίπου χρόνια (Καραγιάννη, 2012). Το χρώμα του καρπού εξαρτάται, από την περιεκτικότητα σε λυκοπένιο ή καροτένιο, οπότε το χρώμα μπορεί να είναι από κόκκινο έως κιτρινοκόκκινο. Η χημική του σύσταση περιλαμβάνει 93,5% νερό και 3,5% σάκχαρα ενώ άλλες ουσίες όπως λιπαρά, τέφρα κ.ά. καταλαμβάνουν το υπόλοιπο ποσοστό. Τέλος, ο καρπός είναι πλούσιος σε βιταμίνη C, αλλά και σε A, B2, B3, K και D (Μπανάλη, 2013).



Εικόνα 1.7: Καρπός τομάτας (<http-7>)

Η τομάτα, φυτεύεται στην οριστική της θέση κυρίως το Φεβρουάριο έως Μάρτιο ή και αργότερα εάν το σπορείο είναι υπαίθριο και συγκομίζεται από Ιούνιο μέχρι Σεπτέμβριο ή και έπειτα. Για τους χειμερινούς μήνες, οι ιδανικές θερμοκρασίες για την ανάπτυξη του φυτού κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι 19,5 °C έως 22,5 °C, ενώ κατά τη διάρκεια της νύχτας 14 °C έως 16,5 °C. Για τους υπόλοιπους μήνες δεδομένου της αυξημένης ηλιοφάνειας οι ιδανικές θερμοκρασίες ημέρας είναι 21 °C έως 26,5 °C, ενώ αυτές τις νύχτας είναι 15,5 °C έως 19,5 °C. Η σχετική υγρασία πρέπει να κυμαίνεται από 60%-70% και ο φωτισμός 2000-2500 fc ( ifc=10,76 lux). Η άνθιση επιτυγχάνεται γρηγορότερα εάν η ημέρα διαρκεί λιγότερο από 12 ώρες (Κηπευτικά, 2005).

Η φύτευση ή σπορά γίνεται σε διπλές σειρές ή μονές, με 45 cm απόσταση σειρά από σειρά και 120 cm απόσταση διπλή σειρά με διπλή σειρά. Πάνω στη σειρά και μεταξύ των φυτών η απόσταση είναι 50 cm για μια ποσότητα φυτών περί τα 2800 ανά στρέμμα (Παούρης, 2012).

Το κατάλληλο έδαφος για την καλλιέργεια της τομάτας ποικίλει από αμμώδες έως αργιλώδες. Το ιδανικό pH κυμαίνεται από 6,5-7,0 (Χα, 2009). Επιπροσθέτως, το έδαφος θα πρέπει να έχει σταθερή δομή, υψηλή υδατοϊκανότητα, επαρκή στράγγιση και υψηλή περιεκτικότητα οργανικής ουσίας (Κηπευτικά, 2005).

Η υποστύλωση με πασσάλους είναι αναγκαία καθώς και το κλάδεμα των πλάγιων βλαστών πριν ξεπεράσουν τα 5 cm ή η αποκοπή του κεντρικού βλαστού αφήνοντας τους 2 πλάγιους. Γίνεται κορυφολόγημα περίπου 2 μήνες πριν το τέλος της καλλιέργειας και αραίωση φύλλων κάτω από τα άνθη κατά την ωρίμανση των καρπών. Η χημική ζιζανιοκτονία εφαρμόζεται προφυτρωτικά ή προσπαρτικά με αναμόχρευση του εδάφους κατά την προετοιμασία και κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας εφαρμόζονται σκαλίσματα και βοτανίσματα. Όσον αφορά στην φυτοπροστασία, γίνεται εφαρμογή χημικών επεμβάσεων όταν αυτό κρίνεται αναγκαίο ή ακόμα και βιολογικών επεμβάσεων (Κηπευτικά, 2005).

Οι απαιτήσεις σε νερό μετά τη μεταφύτευση μιας καλλιέργειας υπαίθριας τομάτας των 90–120 ημερών είναι 400 με 600 mm αναλόγως του κλίματος. Η μεγαλύτερη ανάγκη σε νερό του φυτού είναι κατά το στάδιο της άνθησης. Εάν το νερό προς άρδευση είναι περιορισμένο, τα πιο κρίσιμα στάδια είναι 1) μετά τη μεταφύτευση, 2) κατά την άνθηση, 3) κατά καρπόδεση. Η άρδευση μπορεί να γίνει είτε με αυλακίες είτε με στάγδην άρδευση ([http-8](http://8)).

Η λίπανση της τομάτας είναι ακόμη ένας πολύ σημαντικός παράγοντας για την επιθυμητή παραγωγή (10 τόνους/στρέμμα). Κατά τη βασική λίπανση οι απαιτούμενες μονάδες αζώτου είναι 5-10, φωσφόρου 10-16 και καλίου 10-16. Κατά την επιφανειακή εφαρμόζονται 9 μονάδες αζώτου σε τρεις δόσεις, 15 ημέρες μετά την φύτευση, κατά την άνθηση και στο αποκορύφωμα της συγκομιδής (Καραγιάννη, 2012). Σύμφωνα με τον Χα (2009) και κυρίως όταν πρόκειται για σποροπαραγωγή, η λίπανση θα πρέπει να περιλαμβάνει 15 κιλά αζώτου, 10 φωσφόρου και 10 καλίου ανά στρέμμα. Επίσης, η επιφανειακή θα πρέπει να είναι 7,5 kg N/στρέμμα στο στάδιο της άνθησης. Η Κοπριά και η βασική λίπανση ενσωματώνονται στο έδαφος κατά τη διάρκεια του οργώματος για καλύτερη ανάμιξη. Η ποσότητα της κοπριάς είναι 3-4 τόνοι στο στρέμμα. Εκτός από τη χρήση αζωτούχων, φωσφορούχων και καλιούχων λιπασμάτων με όργωμα και φρεζαρίσματα μπορεί να γίνει και διαφυλλική λίπανση ιχνοστοιχείων.

## **1.2 N-P-K**

### ***Άζωτο***

Το άζωτο χαρακτηρίζεται ως το πλέον αναγκαίο στοιχείο, μεταξύ όλων των απαραίτητων θρεπτικών στοιχείων, για την ανόργανη θρέψη των καλλιεργούμενων φυτών, καθώς ασκεί τη μεγαλύτερη επίδραση στην αύξηση, την ανάπτυξη και

απόδοση των καλλιεργειών, ενώ συχνά αποβαίνει περιοριστικός παράγοντας της γεωργικής παραγωγής (Αναλογίδης, 2000).

Ο κύκλος του αζώτου ξεκινάει από τη φυσική και μεγάλη πηγή αζώτου, την ατμόσφαιρα, όπου εμπεριέχεται αέριο άζωτο ( $N_2$ ) σε ποσοστό 79%. Όμως, παρά την υψηλή συγκέντρωση, αυτή η μορφή του αζώτου δεν μπορεί να αξιοποιηθεί από τα φυτά. Το άζωτο μπορεί να καταστεί χρήσιμο μόνο εφόσον έχει δεσμευτεί ή ενωθεί με άλλα στοιχεία, όπως το  $O_2$  και το  $H_2$  (Μήτσιος, 2004). Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται είτε με φυσικό είτε με βιολογικό τρόπο και καλείται αζωτοδέσμευση. Αξιοποιήσιμες για τα φυτά μορφές του αζώτου αποτελούν η νιτρική ( $NO_3^-$ ) στο μεγαλύτερο ποσοστό και η αμμωνιακή ( $NH_4^+$ ) ανάλογα με την τιμή του pH, τη θερμοκρασία και άλλους παράγοντες (Πετρίδης, 2011).

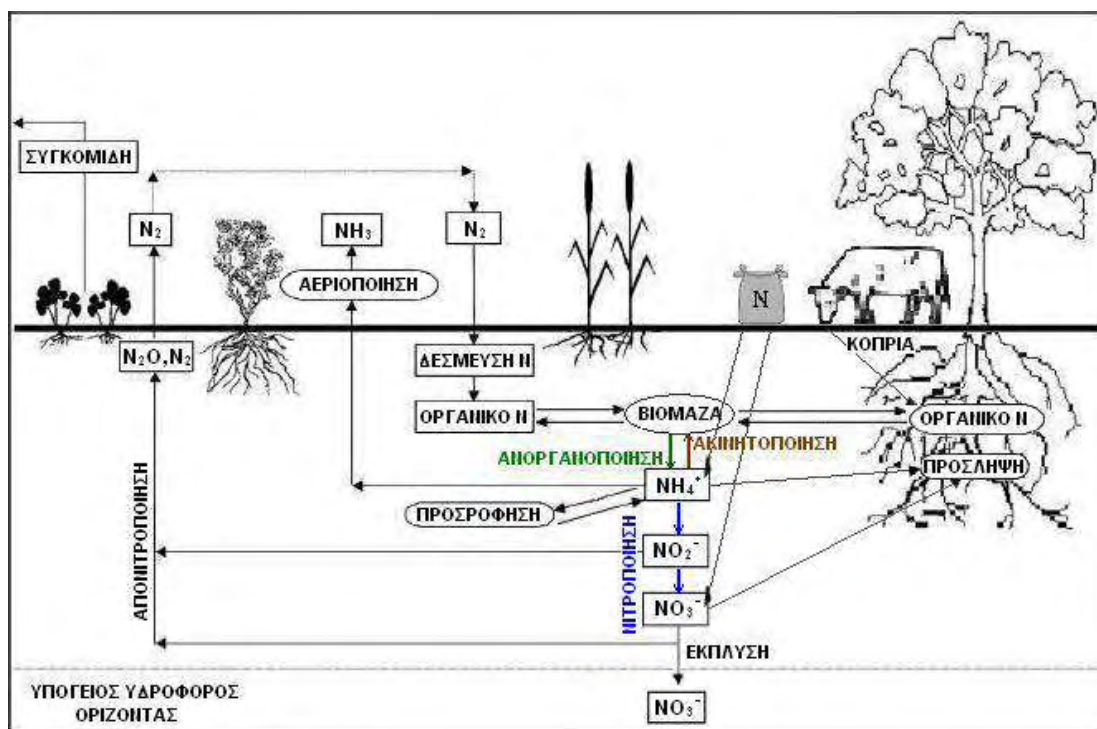
Κατά τη διαδικασία της φυσικής αζωτοδέσμευσης, το  $N_2$  ενώνεται με το  $O_2$  ή το  $H_2$  με την απορρόφηση ενέργειας από ηλεκτρικές εκκενώσεις που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια καταιγίδων, σχηματίζοντας οξειδία αζώτου, που στη συνέχεια ενυδατώνονται με υδρατμούς και πέφτουν τελικά στο έδαφος ως νιτρώδη και νιτρικά ιόντα.

Στην περίπτωση της βιολογικής αζωτοδέσμευσης, η μετατροπή του ατμοσφαιρικού αζώτου σε  $NH_4^+$  και  $NO_3^-$  πραγματοποιείται από ελεύθερους ή συμβιωτικούς με τα φυτά μικροοργανισμούς. Παράδειγμα συμβιωτικής πρόσληψης αζώτου αποτελούν τα βακτήρια *Rhizobium*, που αναπτύσσονται στις ρίζες των ψυχανθών φυμάτια. Εκεί, το ατμοσφαιρικό άζωτο δεσμεύεται από τα βακτήρια και περνάει αμέσως στο φυτό σε αμμωνιακή μορφή. Με αυτόν τον τρόπο, αυξάνεται η διαθεσιμότητα νιτρικών και αμμωνιακών ιόντων, πέρα από το ποσοστό που προσλαμβάνεται από το έδαφος μέσω του ριζικού συστήματος.

Ο φυσικός κύκλος του αζώτου κλείνει με την απομάκρυνσή του από το εδαφικό σύστημα είτε μέσω της έκπλυσής του σε βαθύτερα στρώματα είτε με επιφανειακή απορροή, είτε σε αέρια μορφή ( $NH_3, N_2O, N_2, NO_x$ ) λόγω εξαέρωσης ή απονιτροποίησης με απώλεια  $N_2$  στην ατμόσφαιρα, παρουσία των μικροοργανισμών *Pseudomonas*, *Achromobacter* και *Micrococcus* (Πετρίδης, 2011). Άλλες εκροές αζώτου από το εδαφικό σύστημα αποτελούν οι πυρκαγιές και η συγκομιδή των προϊόντων της καλλιέργειας.

Η γνώση και κατανόηση του κύκλου του αζώτου στα καλλιεργητικά συστήματα αποτελεί σημαντική παράμετρο, τόσο για τη μέγιστη αξιοποίηση των αποθεμάτων του εδαφικού N (φυσικών ή πρόσθετων), όσο και για την εκτίμηση της

απόκρισης του κύκλου του N στις διαταραχές που υφίσταται από τις ανθρωπογενείς παρεμβάσεις, όπως η χρήση βιομηχανικών λιπασμάτων και η αποσύνθεση φυτικών και ζωικών υπολειμμάτων (Γεωργιά, 2006). Στην Εικόνα 1.7 παρουσιάζεται η ροή του αζώτου σε ένα αγρο-οικοσύστημα.



Εικόνα 1.8. Ο κύκλος του αζώτου στο αγρο-οικοσύστημα (Γεωργιά, 2006).

### Φώσφορος

Ο φώσφορος απαντάται στο έδαφος με τη μορφή ανόργανης φωσφορικής ρίζας ( $PO_4^{3-}$ ) (Τσέζος και Ρεμουντάκη, 2010) με κύρια πηγή φωσφόρου να αποτελούν τα πρωτογενή φωσφορικά ορυκτά του ασβεστίου, σιδήρου και αργιλίου (Μήτσιος, 2004). Τα κύρια χαρακτηριστικά του στοιχείου στο έδαφος είναι η μικρή διαλυτότητα των φωσφορικών ορυκτών και η δέσμευσή του στις επιφάνειες των ορυκτών του εδάφους. Έτσι, το ολικό ποσοστό του φωσφόρου στο έδαφος είναι μικρό και φτάνει μέχρι το 0,3-0,4% (http-9). Εξαιτίας της χαμηλής του συγκέντρωσης παρατηρούνται πολύ συχνά τροφοπενίες στα φυτά.

Τα φωσφορικά ιόντα εισχωρούν στο εδαφικό διάλυμα μέσω της έκπλυσης των φωσφορικών ορυκτών. Τα φυτά προσλαμβάνουν, μέσω του ριζικού συστήματος, τα φωσφορικά ιόντα από το έδαφος ή το εδαφικό διάλυμα, όπου βρίσκονται κυρίως οι μορφές  $H_2PO_4^-$  και  $HPO_4^{2-}$ , σ' ένα εύρος τιμών του pH του εδάφους (Μήτσιος,



2004) και τα ενσωματώνουν σε διάφορες οργανικές ενώσεις (Βαλαβανίδης και Βλαχογιάννη, 2008). Η πρόσληψη του φωσφόρου καθορίζεται γενετικά και διαφέρει μεταξύ των ειδών των φυτών, παίζει όμως σημαντικό ρόλο στη φωτοσύνθεση, διαδικασία μέσω της οποίας τα φυτά προσλαμβάνουν την απαραίτητη ενέργεια για τη σύνθεση των σακχάρων που μετακινούνται προς τα όργανα αποθήκευσης των φυτών (Παναγοπούλου, 2011).

Η εφαρμογή του φωσφόρου γίνεται συνήθως με βασική λίπανση σε συνδυασμό με βασική κατεργασία του εδάφους. Οι χημικές μορφές των λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται, επιλέγονται κάθε φορά βάσει των χημικών χαρακτηριστικών του εδάφους, όπως το pH (Μαντζώρου, 2007).

### ***Κάλιο***

Το κάλιο σε συνδυασμό με το άζωτο και τον φώσφορο απαιτείται σε σχετικά μεγάλο ποσοστό για τη σωστή ανάπτυξη και απόδοση των καλλιεργειών. Το κάλιο συναντάται στο έδαφος σε μεγάλες ποσότητες στα ορυκτά της αργίλου και κυρίως στα εδάφη βαριά σύστασης (Μήτσιος, 2004).

Βάσει του βαθμού διαθεσιμότητάς του στις ρίζες των φυτών, το εδαφικό κάλιο μπορεί να ταξινομηθεί σε τέσσερα κλάσματα: το δομικό κάλιο των πρωτογενών ορυκτών, το οποίο είναι ισχυρά δεσμευμένο ή μη διαθέσιμο, το δύσκολως ανταλλάξιμο που είναι βραδέως διαθέσιμο ή δεσμευμένο, το ανταλλάξιμο και το υδατοδιαλυτό, που είναι το κάλιο του εδαφικού διαλύματος (Αναλογίδης, 2000).

Τα κλάσματα που είναι άμεσα διαθέσιμα για την πρόσληψη από τις ρίζες είναι το υδατοδιαλυτό και το ανταλλάξιμο κάλιο. Εξαιτίας της συνεχούς απομάκρυνσης των άμεσα διαθέσιμων κλασμάτων με τις καλλιεργείες και την έκπλυση, συνήθως επικρατεί μια συνεχής μετατόπιση καλίου από τα πρωτογενή ορυκτά προς τις δύσκολως και τις άμεσα ανταλλάξιμες μορφές (Τσουγκριάνη, 2007).

Η διαθεσιμότητα του καλίου εκφράζει την ικανότητα του εδάφους να εφοδιάζει τα φυτά με κάλιο κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου και διαθέσιμο κάλιο είναι η ποσότητα του καλίου που προσλαμβάνεται από τις ρίζες των φυτών (Μήτσιος, 2004). Η πρόσληψη του καλίου από τις ρίζες γίνεται κατά κύριο λόγο με διάχυση, ενώ η συμβολή της μαζικής ροής στον εφοδιασμό των φυτών με κάλιο είναι πολύ περιορισμένη. Σύμφωνα με τον Grimme (1986), η υπεροχή της διάχυσης εν συγκρίσει με τη μαζική ροή οφείλεται στις πολύ μικρές συγκεντρώσεις

του καλίου στο εδαφικό διάλυμα. Μία καλλιεργητική εκμετάλλευση χωρίς καλιούχο λίπανση επί σειρά ετών, εξαντλεί προοδευτικά τα αποθέματα του βραδέως και μη διαθέσιμου καλίου της στερεάς φάσης, με συνέπεια την υποβάθμιση της καλιούχου γονιμότητας του εδάφους (Τσουγκριάνη, 2007) και τη μείωση της διαθεσιμότητάς του στη ζώνη απορρόφησης γύρω από το ριζικό σύστημα.

Τα φυτά απορροφούν το κάλιο με την ιοντική του μορφή  $K^+$ . Η καλιούχος λίπανση είναι ανάλογη των απαιτήσεων της καλλιέργειας σε κάλιο. Θα πρέπει όμως να συνυπολογίζονται οι απώλειες σε ποσοστό καλίου λόγω έκλυσης, διάβρωσης και δέσμευσης από τα ορυκτά της αργίλου. Η εφαρμογή του καλίου γίνεται συνήθως μαζί με τη φωσφορική λίπανση (Μαντζώρου, 2007).

### 1.3 ΚΟΠΡΙΑ

Η κοπριά παίζει ένα σημαντικό ρόλο στη βελτίωση του εδάφους, καθώς και στη θρέψη των φυτών. Η προέλευσή της, ο τρόπος διατήρησης και το πόσο χωνεμένη είναι, καθορίζουν την ποιότητά της. Η κοπριά προέρχεται από την ανάμειξη στερεών και υγρών περιττωμάτων ζώων μαζί με υλικά όπως ο σανός, το άχυρο και άλλα υλικά. Η κοπριά κυρίως ενσωματώνεται στο έδαφος, ώστε με αυτόν τον τρόπο περιορίζονται απώλειες του περιεχόμενου αζώτου. Εφόσον υποστεί κομποστοποίηση για την καταστροφή φυτοπαθογόνων μικροοργανισμών, σπόρων, ζιζανίων και για περιορισμό του κινδύνου καψίματος, η κοπριά μετά την ενσωμάτωσή της αξιοποιείται από τα φυτά ανάλογα του βάθους παραχώματος, της σύστασης του εδάφους, της εδαφικής υγρασίας και φυσικά του είδους της καλλιέργειας. Η κοπριά έχει ιδιαίτερη σημασία στις καλλιέργειες κηπευτικών και χρήζεται αναγκαίο να συμπεριλαμβάνεται στη λίπανσή τους, ώστε να διατηρεί ικανοποιητικά επίπεδα οργανικής ουσίας στο έδαφος, οπότε και να συμβάλει στη γονιμότητά του (Τσελές κ.ά., 2011).

Με την προσθήκη κοπριάς στο έδαφος ως οργανικό λίπασμα επιτυγχάνεται η βελτίωση των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του. Όσον αφορά στις φυσικές ιδιότητες του εδάφους, βελτιώνει τη δομή του, την υδατοϊκανότητα και τις συνθήκες αερισμού. Επιπλέον, αυξάνει τη θερμοκρασία του εδάφους, γεγονός που οφείλεται στο μαύρο χρώμα που του προσδίδει, και επομένως την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Στις χημικές ιδιότητες του εδάφους, η κοπριά ασκεί ρυθμιστική δράση προστατεύοντάς το από τις μεγάλες διακυμάνσεις του pH, αυξάνει την εναλλακτική

ικανότητά του και παρέχει θρεπτικά στοιχεία στο έδαφος, τα οποία είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών.

Η κοπριά ποικίλλει ως προς τη σύστασή της καθώς αυτή εξαρτάται από το είδος του ζώου, την ηλικία, τον τρόπο ενσταυλισμού, τη διατροφή του, από τον τρόπο διατήρησης και το βαθμό ζύμωσής της. Στον Πίνακα 1.1. φαίνεται η μέση περιεκτικότητα ζυμωμένης κοπριάς σε θρεπτικά συστατικά (Μαντζώρου, 2007). Η κοπριά του προβάτου και του αλόγου περιέχει μεγαλύτερα ποσοστά οργανικής ουσίας σε σχέση με την κοπριά άλλων ζώων, όμως η κοπριά κότας περιέχει μεγαλύτερα ποσοστά αζώτου και φωσφόρου (Πίνακας 1.2). Η κοπριά που παράγεται από πρόβατα και άλογα περιέχει λιγότερο νερό, περισσότερο άζωτο και χωνεύεται γρήγορα από τους μικροοργανισμούς του εδάφους. Αυτός είναι ο λόγος που αυτή η κοπριά θεωρείται η καλύτερη για βαριά και με μικρό βαθμό βιολογικής δραστηριότητας εδάφη. Η κοπριά των πουλερικών είναι συνήθως φτωχή σε υγρασία, αλλά πλούσια σε θρεπτικά στοιχεία και επιδρά με γρήγορους σχετικά ρυθμούς στα φυτά (Τσελές κ.ά., 2011).

Πίνακας 1.1. Μέση περιεκτικότητα της ζυμωμένης κοπριάς αγροτικών ζώων σε θρεπτικά συστατικά (Μαντζώρου, 2007).

%						ppm		
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	S	Mn	B	Cu
3-4,5	2-4	5-6	5	2	0,5	40	4	2

Πίνακας 1.2. Μέση οργανική και ανόργανη σύσταση (%) της κοπριάς διάφορων ζώων (Τσελές κ.ά., 2011).

Είδη ζώων	Ξηρά ουσία	Οργανική ουσία	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
Βόδι	23	20	0,40	0,16	0,50	0,45	0,10
Άλογο	29	25	0,60	0,28	0,53	0,25	0,14
Πρόβατο	36	32	0,80	0,23	0,67	0,33	0,18
Γουρούνι	20	18	0,55	0,76	0,50	0,40	0,20
Κότα	26	17	1,30	1,10	0,60	3,40	-

## 1.4 ΖΕΟΛΙΘΟΣ

Το πέτρωμα το οποίο περιέχει ορυκτά της ομάδας των ζεολίθων, ονομάζεται φυσικός ζεόλιθος(εικόνα 1.9). Ο Σουηδός μεταλλειολόγος Cronstedt, το 1956, ήταν αυτός που έδωσε το όνομα στο πέτρωμα, από τις λέξεις ζέω και λίθος, δηλαδή οι πέτρες που βράζουν, αφού παρατήρησε ότι, με τη θέρμανση του ο ζεόλιθος, εξέπεμπε ατμό χωρίς όμως να αλλάζει η κρυσταλλική του δομή. Ο χημικός τους τύπος είναι:  $M_x(Al_xSi_y)O_{2(x+y)}.nH_2O$ , όπου  $M$  = αλκάλι ή αλκαλική γαία.

Οι ζεόλιθοι είναι τεκτοφυρρικά ορυκτά με χαρακτηριστική τρισδιάστατη ανάπτυξη στο χώρο. Ο λόγος (Si + Al)/O είναι ίσος με 1/2 και η δομή τους περιέχει τετράεδρα πυριτίου καθώς και οκτάεδρα αργιλίου τα οποία συνδέονται με κοινά οξυγόνα. Έχουν την ιδιότητα να έλκουν κατιόντα και να τα δεσμεύουν εσωτερικά για τον λόγο ότι είναι αρνητικά φορτισμένοι (Μόλλα, 2012). Ανάλογα με το είδος του ζεόλιθου γίνονται λίγες ή περισσότερες ισόμορφες αντικαταστάσεις πυριτίου από αργίλιο. Όσες περισσότερες αντικαταστάσεις γίνονται, τόσο περισσότερο ασθενείς γίνονται οι κρυσταλλικοί δεσμοί και αναπτύσσεται μεγαλύτερο αρνητικό φορτίο, επομένως το ορυκτό περισσότερο ενεργώς χημικό. Η χωρητικότητα των διαύλων και των κοιλοτήτων, εξαρτώνται από τον αριθμό των τετραέδρων. Έτσι λοιπόν ο αριθμός των τετραέδρων που συνδέονται για τον σχηματισμό του τρισδιάστατου πλέγματος διαφοροποιεί τα είδη των ζεολίθων. Οι ζεόλιθοι απαντώνται και σε μεταμορφωσιγενή πετρώματα, με ποικίλους χρωματισμούς, από ελαφρώς κόκκινους έως λευκούς ή εντελώς άχρωμους και διαφανείς. Μέχρι στιγμής έχουν αναγνωριστεί και περιγραφεί περισσότερα από 45 είδη ζεολίθων και περί τα 100 έχουν παρασκευαστεί σε εργαστήρια. Τα είδη των ζεολίθων που είναι εκμεταλλεύσιμα είναι ο κλινοπιλόλιθος, ο μορντενίτης, ο χαμπαζίτης, ο φερριερίτης, ο εριονίτης, ο φιλλιπσίτης και το ανάλκιμο, οι οποίοι υπάρχουν σε ικανοποιητικές ποσότητες (Κούντριας, 2014).



Εικόνα 1.9: Ζεόλιθος (<http-10>)

Το βασικό χαρακτηριστικό του ζεόλιθου είναι οι κοιλότητες και οι διάυλοι που διαθέτει, με διάμετρο 2-7 nm. Οι μεγάλοι αυτοί χώροι έχουν την ικανότητα να επιτρέπουν την είσοδο, έξοδο και ανταλλαγή κατιόντων Ca, Na, K, μορίων νερού, αμμωνιακών και νιτρικών ιόντων. Τα μόρια του νερού γεμίζουν τα κενά του πλέγματος και σχηματίζουν υδάτινες σφαίρες περί των ανταλλάξιμων κατιόντων. Με την απομάκρυνση του νερού, γίνεται επιλεκτική προσρόφηση από τα άδεια πλέον κανάλια, μορίων μικρής διαμέτρου, ενώ τα μεγαλύτερα μόρια αποβάλλονται. Με αυτόν τον τρόπο λοιπόν, επιτρέπεται σε μια μεγάλη ποικιλία υλικών να δεσμεύονται. Σύμφωνα με τους Marcus και Cornier (1999), τα βασικά χαρακτηριστικά του ζεόλιθου είναι τα εξής:

- Παρουσιάζουν το φαινόμενο της εκλεκτικής προσρόφησης δηλαδή μέσα στους πόρους τους έλκονται συγκεκριμένα μόρια και ιόντα
- Έχουν μεγάλη ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (C.E.C)
- Έχουν μικρό ειδικό βάρος, λόγω καναλιών
- Λειτουργούν ως καλοί καταλύτες
- Είναι θερμικά πολύ σταθεροί, ενώ κάποια είδη αντέχουν σε αλκαλικό περιβάλλον, κάποια άλλα σε όξινο και μερικά είναι ανθεκτικά στη ραδιενέργεια.

Η εφαρμογή του ζεόλιθου στο έδαφος πραγματοποιείται με ενσωμάτωση από 100-500 κιλά ανά στρέμμα, η οποία ποσότητα εξαρτάται από την κοκκομετρική του σύσταση και την περιεκτικότητα σε οργανική ουσία και εφαρμόζεται έως 3 συνεχόμενες χρονιές. Παραδείγματος χάριν, σε βαριά εδάφη, εφαρμόζονται 400-500 κιλά στο στρέμμα και σε σπειρωτή μορφή (2,5-5 mm) ώστε να επιτευχθεί αύξηση

παραγωγής. Στην αγορά κυκλοφορεί σε διάφορες μορφές όπως πούδρα, μεγέθους 0,01-0,8 mm, μεγέθους 0,8-2,5 mm και μεγέθους 2,5-5 mm. Χρησιμοποιώντας τον ζεόλιθο για βασική λίπανση πρέπει να ληφθεί υπόψη το pH του εδάφους, η μηχανική του σύσταση και φυσικά η καλλιέργεια. Στα κηπευτικά συνιστώνται 2 κιλά ανά 10 m<sup>2</sup>, για δέντρα 2-5 κιλά και σε ανοιχτές καλλιέργειες 80-100 κιλά ανά στρέμμα. Με τη χρήση του ζεόλιθου στη γεωργία επιτυγχάνονται τα εξής:

- Βελτιώνει την δομή του εδάφους
- Συγκρατεί την υγρασία σε αμμώδη εδάφη
- Ενεργεί σαν αποθήκη αμμωνίας και αυξάνει την ωφελιμότητα του αζώτου
- Εμπλουτίζει το έδαφος με K, Ca, Mg, Fe (στοιχεία τα οποία περιέχονται στο ζεόλιθο)
- Θέτει τα θρεπτικά στοιχεία σταδιακά στη διάθεση των φυτών
- Βελτιώνει τον αερισμό στα αργιλώδη εδάφη και τα φυτά αναπτύσσουν καλό ριζικό σύστημα
- Δεσμεύει τα θρεπτικά συστατικά του εδάφους και τα διατηρεί κοντά στο ριζικό σύστημα των φυτών για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα
- Αποτρέπει την έκπλυση επιβλαβών ουσιών από το χερσαίο στο υδάτινο περιβάλλον
- Είναι 100% φυσικό προϊόν με έγκριση χρήσης στη βιολογική γεωργία
- Έχει χαμηλό κόστος εφαρμογής
- Μειώνει τον ευτροφισμό των υδάτων και προστατεύει την ποιότητα των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτων
- Έχει μυκητολογική-εντομοαποθητική-ωοκτόνο δράση (απορροφά την υγρασία στην επιφάνεια του φύλλου, αποξηραίνει και μουμιοποιεί τα αυγά)
- Χρησιμοποιείται ως υπόστρωμα σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες και ανθοκομικές.

## 1.5 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της εργασίας ήταν η χορήγηση αζώτου σε ίσες ποσότητες σε υπαίθρια καλλιέργεια τομάτας από 3 διαφορετικές πηγές (ανόργανο λίπασμα, λίπασμα με προσθήκη ζεόλιθου, και κοπριά) έτσι ώστε να γίνει σύγκριση περί της αποδοτικότητας της κάθε μορφής χορήγησης.

## 2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 2.1 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΓΡΟΥ

Το πείραμα διεξήχθη στο αγρόκτημα του τμήματος Γεωπονίας, φυτικής παραγωγής και αγροτικού περιβάλλοντος, το οποίο βρίσκεται στο Βελεστίνο Μαγνησίας. Η συνολική έκταση του πειράματος ήταν 167,4 m<sup>2</sup>. Σε αυτή την έκταση, είχαμε 4 μεταχειρίσεις επί 4 επαναλήψεις, οπότε το σύνολο των πειραματικών τεμαχίων ήταν 16. Οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών ήταν 90 cm σε σύνολο 7 γραμμών και κάθε πειραματικό τεμάχιο είχε μήκος 3 m και πλάτος 2,70 m. Επίσης κάθε πειραματικό τεμάχιο είχε 3 σειρές όπου κάθε σειρά είχε 6 φυτά, οπότε το σύνολο των φυτών ήταν 18 φυτά ανά πειραματικό τεμάχιο και σε όλο το πείραμα χρησιμοποιήθηκαν 336 φυτά τομάτας. Μεταξύ των δύο γειτονικών πειραματικών τεμαχίων υπήρχε μια κοινή σειρά φυτών που τα διαχωρίζει, ενώ παρεμβάλονταν διάδρομος ενός μέτρου μεταξύ των πειραματικών τεμαχίων και κατά μήκος του πειραματικού αγρού. Η μεσαία κοινή σειρά και οι δύο ακριανές, δεν ελήφθησαν υπόψιν καθώς αποτέλεσαν τα σύνορα των πειραματικών τεμαχίων, επομένως ουσιαστικά τα δείγματα που ελήφθησαν για τις μετρήσεις, ήταν από δύο σειρές (σύνολο 12 φυτά) σε κάθε πειραματικό τεμάχιο (Σχήμα 2.1).

Σχήμα 2.1: Πειραματικός σχεδιασμός

M	K	M: Μάρτυρας
Λ	Z	Λ: Συμβατική Λίπανση
Z	Λ	Z: Ζεόλιθος
K	M	K: Κοπριά
Λ	Z	
M	K	
K	M	
Z	Λ	

Οι τέσσερις μεταχειρίσεις ήταν οι εξής:

Μάρτυρας (M): Δεν εφαρμόστηκε λίπανση, ούτε κάποια άλλη προσθήκη.

Ζεόλιθος (Ζ): Σε 2,5 Kg ζεόλιθο, προστέθηκαν 571 g  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (21-0-0) και 770 mL απεσταγμένο νερό. Έπειτα αναδεύτηκαν ώστε να γίνει διάλυση του λιπασματος και το μίγμα παρέμεινε για περίπου μία ημέρα ώστε ο ζεόλιθος να το απορροφήσει. Στις μεταχειρίσεις λοιπόν του ζεόλιθου στον αγρό, εφαρμόστηκε ο τροποποιημένος ζεόλιθος καθώς και 530 g  $\text{K}_2\text{SO}_4$  (0-0-51) και 200 g υπερφωσφορικό 12-61-0.

Συμβατική Λίπανση (Λ): Εφαρμόστηκαν στις μεταχειρίσεις της συμβατικής λίπανσης 570 g  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (21-0-0), 200 g υπερφωσφορικό 12-61-0 και 530 g  $\text{K}_2\text{SO}_4$  (0-0-51).

Κοπριά (Κ): Εφαρμόστηκαν 44 Kg αιγοπρόβειας κοπριάς σε κάθε ένα από τα τέσσερα πειραματικά τεμάχια αυτής της μεταχείρισης.

Οι ποσότητες αυτές υπολογίστηκαν έτσι ώστε να χορηγούνται στο έδαφος ίσες ποσότητες αζώτου.

## 2.2 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΣΤΟΝ ΑΓΡΟ

Η τομάτα που επιλέχθηκε είναι το υβρίδιο BOBCAT F1, το οποίο είναι ένα μέσο πρώιμο υβρίδιο, κατάλληλο για υπαίθρια καλλιέργεια (αυτοκλαδεύόμενο), με καλή κάλυψη του καρπού από τα φύλλα, κόκκινου χρώματος, με βάρος καρπού 250 gr, υψηλή αντοχή στο σκάσιμο και με καλό δέσιμο του καρπού ακόμα και σε υψηλές θερμοκρασίες. Στις 17/04/2013 εφαρμόστηκε στο αγροτεμάχιο ζιζανιοκτόνο με τη δραστική Pendimethalin 33% για την καταπολέμηση ετήσιων αγροστωδών και πλατύφυλλων ζιζανίων. Στις 19/04/2013 πραγματοποιήθηκε η τοποθέτηση πασάλων και σχοινίων (χάραξη) και η εφαρμογή λίπανσης σε κάθε πειραματικό τεμάχιο όπως περιγράφηκε παραπάνω. Τα λάστιχα για το πότισμα τοποθετήθηκαν στις 24/04/2013. Έπειτα από δύο ημέρες έγινε η φύτευση και το πρώτο πότισμα. Στις 11/06/2013 πραγματοποιήθηκε κλάδεμα πλάγιων βλαστών και η υποστήλωση με καλάμια, ώστε να βοηθηθεί το φυτό στη αναρρίχηση. Στις 26/06/2013 εφαρμόστηκε η δεύτερη λίπανση αζώτου  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  των τεσσάρων πειραματικών τεμαχίων της μεταχείρισης με ζεόλιθο και των τεσσάρων πειραματικών τεμαχίων της μεταχείρισης με συμβατικό λίπασμα. Οι ποσότητες του αζώτου και ο τρόπος παρασκευής του μίγματος με ζεόλιθο είναι οι ίδιες με την περιγραφή παραπάνω [570g  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ]. Στις 26/07/2013 έγινε ψεκασμός ωιδιοκτόνου με δραστική Myclobutanil 24%, για την καταπολέμηση έντονης προσβολής από οίδιο. Αρχικά, κάθε τρεις ημέρες περίπου το αγροτεμάχιο ποτιζόταν και έπειτα όποτε κρινόταν απαραίτητο, αναλόγως και των καιρικών συνθηκών. Επιπροσθέτως πραγματοποιούνταν βοτάνισμα σχεδόν κάθε



εβδομάδα για να μην υπάρχει ανταγωνισμός της καλλιέργειας με τα ζιζάνια για τα θρεπτικά. Η πρώτη συγκομιδή των καρπών έλαβε χώρα στις 21/07/2013, η δεύτερη 02/08/2013 και η τελική στις 23/08/2013.

## **2.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΔΑΦΟΥΣ**

Οι δύο δειγματοληψίες εδάφους έλαβαν χώρα στις 10/06/2013 και στις 23/08/2013. 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, περάστηκαν από κόσκινο διαμέτρου 2 mm και αποθηκεύτηκαν.

### **2.3.1 ΜΕΤΡΗΣΗ 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 αφήθηκαν σε ηρεμία με κάθετη τοποθέτηση για 30 min. Τέλος, ακολούθησε η μέτρηση με πεχάμετρο και η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας με αγωγιμόμετρο των δειγμάτων. Πριν την έναρξη των μετρήσεων αλλά και ανά 10 μετρήσεις γινόταν έλεγχος με buffer τιμής pH ίση με 7 και 4 όσον αφορά μέτρηση του pH.

### **2.3.2 ΜΕΤΡΗΣΗ ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ**

Σε ποτήρι ζέσεως τοποθετήθηκαν 0,5 g δείγματος περίπου, προστέθηκαν 10 ml διχρωμικό κάλιο 0.166 M  $K_2Cr_2O_7$  και προστέθηκαν 10 mL πυκνό θειικό 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. Άρα 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 gr.

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 ΜΕΤΡΗΣΗ ΦΩΣΦΟΡΟΥ ΚΑΤΑ OLSEN**

#### Παρασκευή αντιδραστηρίου A

- 1) Διάλυση 12 g μολυβδαινικού αμμωνίου  $[(NH_4)_6MO_7O_{24}.2H_2O]$  σε περίπου 250 mL απιονισμένου νερού.
- 2) Διάλυση 0,2908 g τρυγικό κάλιο-αντιμονύλιο  $(KSbO.C_4H_4O)$  σε περίπου 100 mL απιονισμένου νερού.
- 3) Σε ογκομετρική φιάλη του 1 L προστέθηκαν 140 mL πυκνό θειικό 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 φως.

#### Παρασκευή αντιδραστηρίου B

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

#### Εκχύλιση

Τοποθέτηση περίπου 1 g εδάφους (ακριβώς καταγεγραμμένο) σε φιάλη τύπου Falcon. Προστέθηκαν 20 mL όξινο ανθρακικό νάτριο  $NaHCO_3$  0,5 M και  $pH = 8.5$ . 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). Αχικώς έγινε μέτρηση στα γνωστά δείγματα 0, 0,2, 0,4, 0,6, και 0,8 mg 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 ΜΕΤΡΗΣΗ ΝΙΤΡΙΚΟΥ ΑΖΩΤΟΥ (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 210 nm (UV) 270 nm (UV), κάνοντας χρήση των κυψελίδων χαλαζία. Κάθε μια μέτρηση, γινόταν μηδένισμός 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 ΜΕΤΡΗΣΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΩΝ ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΩΝ (DTPA)

Το διάλυμα DTPA (διαιθυλο-τριαμινο-πενταφωσφορικό οξύ) παρασκευάστηκε με μίξη 74,5 g τριαιθανολαμίνης, 9,835 g DTPA και 7,4 g  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  σε 5 L απεσταγμένο νερό. Η ρύθμιση του pH σε 7,3 έγινε με λίγες σταγόνες HCL. Για να πραγματοποιηθεί η εκχύλιση, ζυγίστηκαν 10 g, 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 ( $\text{mg L}^{-1}$ ) που λαμβάνεται στην ατομική απορρόφηση, και B το βάρος του εδάφους σε g.

### 2.3.6 ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΝΤΑΛΛΑΞΙΜΩΝ ΚΑΤΙΟΝΤΩΝ Ca, Mg, K

Αφού ζυγίστηκαν 3 gr εδαφικού δείγματος σε Falcon, προστέθηκαν 30 mL  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  συγκέντρωσης 1 M και 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 ΦΥΤΟΚΟΜΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

### 2.4.1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΥΨΟΥΣ ΦΥΤΩΝ

Το ύψος των φυτών μετρήθηκε 5 φορές σε όλη τη διάρκεια του πειράματος. Η πρώτη μέτρηση πραγματοποιήθηκε στις 05/07/2013, η δεύτερη στις 13/07/2013, η τρίτη στις 21/07/2013, η τέταρτη στις 30/07/2013 και τέλος η πέμπτη στις 23/08/2013 μαζί με την τελική συγκομιδή των καρπών.

## 2.4.2 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΦΥΛΛΩΝ

Συνολικά πραγματοποιήθηκαν δύο δειγματοληψίες φύλλων, η πρώτη στις 05/07/2013 και η δεύτερη μαζί με την τελική συγκομιδή. Ο αριθμός των φύλλων που συλλέχθηκαν από κάθε πειραματικό τεμάχιο σε κάθε δειγματοληψία, ήταν 10. Τα φύλλα μετά τη συλλογή τους τοποθετήθηκαν στον φούρνο για αποξήρανση και ήταν έτοιμα για τις φυλλοδιαγνωστικές αναλύσεις. Επιπλέον μετρήθηκε το νωπό και ξηρό βάρος.

## 2.4.3 ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ ΚΑΡΠΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Πραγματοποιήθηκαν τρεις συγκομιδές καρπών, στις ημερομηνίες που έχουν ήδη αναφερθεί παραπάνω. Μετά τη συγκομιδή, έγινε μέτρηση ξηρού βάρους, έπειτα οι καρποί τοποθετήθηκαν σε φούρνο για αποξήρανση και ακολούθησε μέτρηση ξηρού βάρους. Μετά την αποξήρανση οι καρποί κονιορτοποιήθηκαν ώστε να είναι κατάλληλοι για την ανάλυση των θρεπτικών. Ένας συγκεκριμένος αριθμός καρπών παρέμεινε σε ψυγείο (νωποί καρποί) μέχρι να γίνουν οι μετρήσεις των οργανοληπτικών στοιχείων.

## 2.4.4 ΜΕΤΡΗΣΗ ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ

Σε 5 νωπές τομάτες από κάθε πειραματικό τεμάχιο έγιναν μετρήσεις χρώματος φλοιού, διαλυτών στερεών συστατικών (ΔΣΣ) χρησιμοποιώντας φρέσκο χυμό, ολικής οξύτητας (ΟΟ) και προσδιορισμός επί τοις εκατό ξηρού βάρους.

Το χρώμα του φλοιού των καρπών προσδιορίστηκε με τη βοήθεια φορητού τριχρωματικού χρωματόμετρου Minolta CR-400, πριν τη χρήση του το όργανο βαθμονομήθηκε με άσπρη πλάκα. Οι μετρήσεις έγιναν με τοποθέτηση της κεφαλής του οργάνου σε δύο αντιδιαμετρικά σημεία του φλοιού των καρπών. Έπειτα καταγράφηκαν οι χρωματομετρικές τιμές στο σύστημα συντεταγμένων  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ . Σύμφωνα με το σύστημα αυτό, η τιμή  $L^*$  αντιπροσωπεύει τη φωτεινότητα και 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 του φλοιού. 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  $C^* = (a^*+b^*)^{1/2}$ . Τελικώς, όσο πιο μεγάλο είναι το C\*, τόσο πιο καθαρό είναι το χρώμα.

Για τη μέτρηση των ΔΣΣ ο χυμός παραλήφθηκε στύβοντας τμήματα από κομμένες φέτες των καρπών κάθε μεταχείρισης με χρήση πιεστή σκόρδου. Από τον χυμό, μία έως δύο σταγόνες χρησιμοποιήθηκαν για τη μέτρηση των ΔΣΣ με ψηφιακό φορητό διαθλασίμετρο και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε Brix (%). Πριν από κάθε μέτρηση, όπως απαιτείται, γινόταν βαθμονόμηση του οργάνου με απεσταγμένο νερό και μεταξύ δύο μετρήσεων καθαρισμός του με καθαρό πανάκι.

Για τη μέτρηση της ΟΟ χρησιμοποιήθηκε ο ίδιος χυμός που λήφθηκε για τη μέτρηση των ΔΣΣ. Η ογκομετρούμενη οξύτητα μετρήθηκε με τη χρήση 2 mL χυμού, τα οποία αραιώθηκαν με 18 mL απεσταγμένο νερό. Ο αραιωμένος χυμός εξουδετερώθηκε με διάλυμα 0,1 N NaOH που περιεχόταν στην προχοΐδα 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 % κιτρικό οξύ, καθώς αυτό είναι το κύριο οργανικό οξύ στους καρπούς που μελετήθηκαν.

Για τον προσδιορισμό του επί τοις εκατό ξηρού βάρους, οι καρποί τεμαχίστηκαν σε μικρά κομμάτια και 5-6 από αυτά τοποθετήθηκαν σε χάρτινες θήκες για να ζυγιστούν. Αφού καταγράφηκαν οι ενδείξεις από τη ζυγαριά, τοποθετήθηκαν στον φούρνο στους 70 °C για περίπου 2 ημέρες ώστε να αποξηρανθούν και ζυγίστηκαν ξανά. Με κατάλληλους υπολογισμούς βρέθηκε το ποσοστό ξηρού βάρους.

#### **2.4.5 ΟΛΙΚΟ ΑΖΩΤΟ**

Για τη μέτρηση του ολικού αζώτου χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Kjeldahl η οποία μέθοδος αποτελείται από τα στάδια της πέψης, της απόσταξης και της ογκομέτρησης.

Στο στάδιο της πέψης, ζυγίστηκε 1 g δείγματος κονιορτοποιημένου φυτικού ιστού (για την κοπριά 1-2 g) και τοποθετούνται σε σωλήνες πέψης. Εν συνεχεία προστέθηκαν 20 mL πυκνού H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, δύο ταμπλέτες Kjeltab σεληνίου και μία ταμπλέτα antifoam σε κάθε ένα σωλήνα πέψης. Σε κάθε block πέψης υπήρχε και ένα

λευκό δείγμα προσδιορισμού χωρίς να περιλαμβάνει φυτικό ιστό αλλά όλα τα υπόλοιπα. Η πέψη έγινε στο block πέψης του εργαστηρίου στο πρόγραμμα 1 το οποίο περιλαμβάνει: α) προθέρμανση στους 150 °C για 15 λεπτά, β) πέψη στους 290 °C για 10 λεπτά, γ) πέψη στους 420 °C για 50 λεπτά. Στο στάδιο της απόσταξης, οι σωλήνες πέψης αφού είχαν κρυώσει τοποθετήθηκαν στην αποστακτική συσκευή Kjeldahl και αυτόματα γινόταν η απόσταξη. Μετά το πέρας της απόσταξης, ακολουθούσε η ογκομέτρηση με προσθήκη στο απόσταγμα 5 σταγόνων μικτού δείκτη bromocresol-methyl. Το απόσταγμα πλέον είχε πράσινο χρώμα και σταματούσε η ογκομέτρηση όταν το χρώμα γινόταν ροζ με την προσθήκη ποσότητας 0,1103 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> που περιελαμβανόταν στη προχοίδα.

Ο τύπος υπολογισμού του ολικού αζώτου είναι:

$$N\% = [1.401 * NA * (VA - VB)] / S$$

Όπου VA ο όγκος του οξέος που καταναλώθηκε κατά την ογκομέτρηση του άγνωστου δείγματος, VB ο όγκος του 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.

#### **2.4.6 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΚΑΙ ΕΚΧΥΛΙΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ**

Το φυτικό υλικό (φύλλα και καρποί) μετά τη συλλογή του τοποθετήθηκε σε χάρτινες σακούλες, έπειτα στον φούρνο στους 70 °C για μία έως δύο ημέρες και ακολούθησε κονιοροποίηση σε μύλο άλεσης. Κατόπιν, τα δείγματα κοσκινίστικαν και αποθηκεύτηκαν.

Για να πραγματοποιηθούν οι αναλύσεις πρέπει πρώτα να περάσει ο φυτικός ιστός από τη διαδικασία της αποτέφρωσης, η οποία σκοπεύει στην καταστροφή της οργανικής ουσίας των φυτικών ιστών. Ζυγίστηκαν 0,5 g από τον κονιοροποιημένο φυτικό ιστό και τοποθετήθηκαν σε χωνευτήρια πορσελάνης (κάψες) ώστε να τοποθετηθούν εν συνεχεία σε ηλεκτρικό φούρνο στους 500 °C και να παραμείνουν για 4 ώρες. Εφόσον κρύωσαν οι κάψες, η τέφρα ελήφθη με 20 mL 20% HCL και ακολούθησε διήθηση σε ογκομετρικές φιάλες των 100 mL. Το εκχύλισμα που προέκυψε χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις των στοιχείων που ακολουθούν

παρακάτω. Επιπροσθέτως, έγιναν αραιώσεις στο εκχύλισμα κατά 100, 20 και 10 φορές για να είναι εφικτές οι μετρήσεις των στοιχείων.

#### **2.4.6.1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΦΩΣΦΟΡΟΥ**

Η μέτρηση του φωσφόρου, πραγματοποιήθηκε όπως και η μέτρηση στο εκχύλισμα του εδάφους με ανάπτυξη κυανού χρώματος. Το όργανο της μέτρησης αυτής είναι το φασματοφωτόμετρο και χρησιμοποιήθηκε το εκχύλισμα που ήταν κατά 100 φορές αραιωμένο. Ο τύπος υπολογισμού είναι:

$$P \text{ (mg kg}^{-1} \text{ φυτού)} = (\text{mL ογκομετρικής διήθησης} * \text{φορές αραιώσης εκχυλίσματος}) * (\text{mL ογκομετρικής φιάλης που αναπτύχθηκε χρώμα} / \text{mL εκχυλίσματος στη φιάλη που αναπτύχθηκε χρώμα}) * (A/B).$$

Όπου A= mgL<sup>-1</sup>P στο εκχύλισμα και B= βάρος φυτικού υλικού που αποτεφρώθηκε.

#### **2.4.6.2 ΜΕΤΡΗΣΗ Ca, Mg, K**

Για τη μέτρηση των στοιχείων Ca και Mg χρησιμοποιήθηκαν τα κατά 100 φορές αραιωμένα εκχυλίσματα στη ατομική απορρόφηση. Η μέτρηση του K έγινε στο φλωγοφωτόμετρο με τη χρήση των κατά 20 φορές αραιωμένων εκχυλισμάτων φυτικού ιστού. Οι τύποι υπολογισμού είναι οι εξής:

$$M \text{ (mg kg}^{-1} \text{ φυτού)} = (A/B) * (\text{mL ογκομετρικής φιάλης παραλαβής εκχυλίσματος}) * (\text{τις φορές αραιώσης του εκχυλίσματος}).$$

Όπου M είναι κατά περίπτωση το Ca, το Mg και το K, A= mg L<sup>-1</sup> μετάλλου στο εκχύλισμα (αυτό που μετράται στην ατομική απορρόφηση) και B= βάρος φυτικού υλικού που αποτεφρώθηκε.

#### **2.4.6.3 ΜΕΤΡΗΣΗ ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΩΝ**

Για τη μέτρηση των ιχνοστοιχείων η οποία έγινε στην ατομική απορρόφηση, χρησιμοποιήθηκαν τα πυκνά εκχυλίσματα (δεν έχουν υποστεί αραιώση). Ο τύπος υπολογισμού των ιχνοστοιχείων είναι :

$$M = (\text{mL ογκομετρικής φιάλης διήθησης}) * (A/B).$$

Όπου M είναι κατά περίπτωση το Mn, ο Zn και ο Cu, A= mg L<sup>-1</sup> μετάλλου στο εκχύλισμα (αυτό που μετράται στην ατομική απορρόφηση) και B= βάρος φυτικού υλικού που αποτεφρώθηκε.



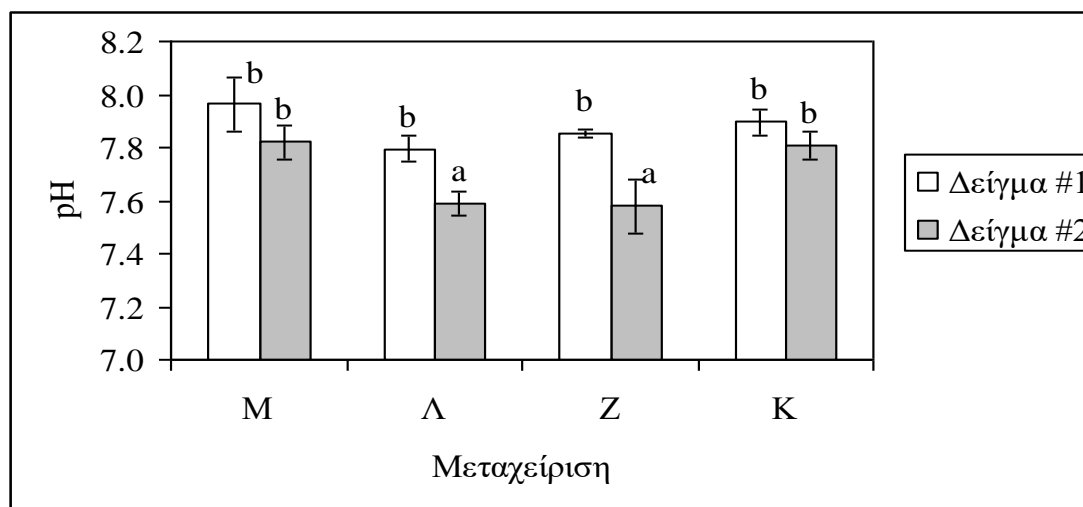
## 2.4.7 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Όλα τα πρωτογενή δεδομένα, αναλύθηκαν στατιστικά με την μονοπαραγοντική ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA), έχοντας ως παράγοντα τις τέσσερις 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.

## 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

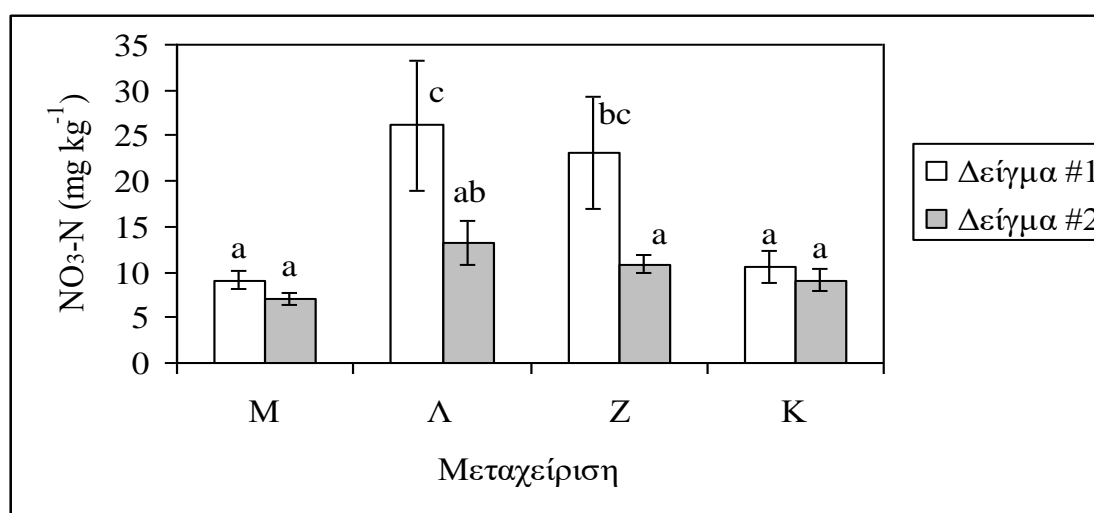
### 3.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η μέτρηση του pH εδάφους σε δυο εδαφικές δειγματοληψίες έδειξε ότι, στις μεταχειρίσεις του μάρτυρα και της κοπριάς, δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά, όμως στις μεταχειρίσεις της συμβατικής λίπανσης αλλά και του ζεόλιθου, υπάρχει διαφορά μεταξύ των δύο δειγματοληψιών (Σχήμα 3.1). Επιπροσθέτως, στην πρώτη δειγματοληψία εδάφους, δεν φαίνεται να υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων. Η δεύτερη δειγματοληψία εδάφους δείχνει ότι δεν υπάρχει διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων της συμβατικής λίπανσης και του ζεόλιθου, αλλά ούτε μεταξύ των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της κοπριάς. Οι διαφορές που παρατηρούνται είναι μεταξύ της μεταχείρισης του μάρτυρα με του ζεόλιθου και του συμβατικού λιπάσματος, καθώς και αυτή της κοπριάς με του λιπάσματος και με του ζεόλιθου.



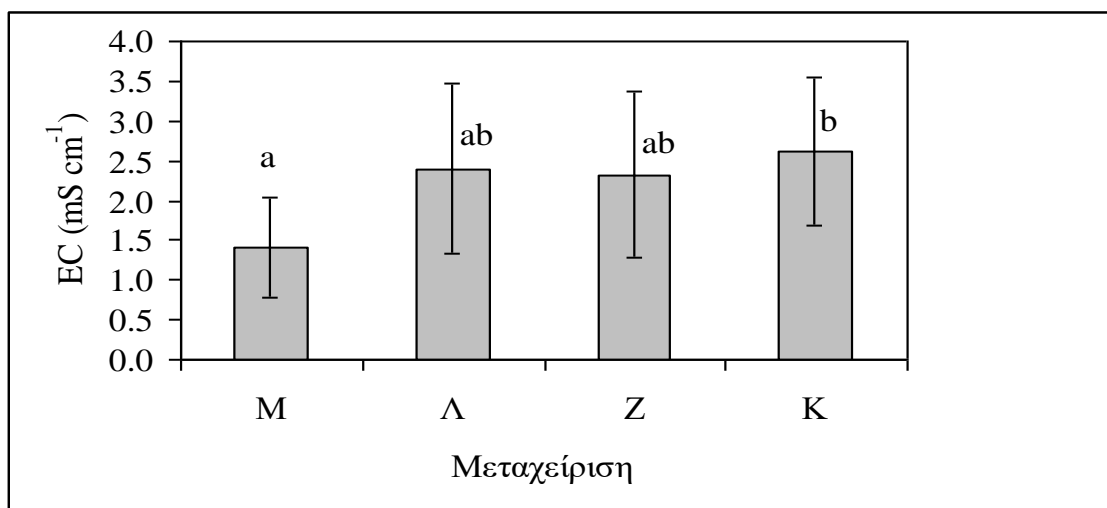
Σχήμα 3.1: pH του εδάφους στις 4 μεταχειρίσεις σε δύο διαδοχικές δειγματοληψίες. Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Όσον αφορά το νιτρικό άζωτο εδάφους (Σχήμα 3.2), οι αναλύσεις δείχνουν ότι για τη δεύτερη δειγματοληψία μεταξύ των μεταχειρίσεων δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά. Στην πρώτη δειγματοληψία, οι μεταχειρίσεις του μάρτυρα και της κοπριάς δεν διαφέρουν μεταξύ τους, διαφέρουν όμως ως προς τις μεταχειρίσεις του συμβατικού λιπάσματος και του ζεόλιθου καθώς οι τελευταίες βρέθηκε να έχουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε νιτρικό άζωτο.



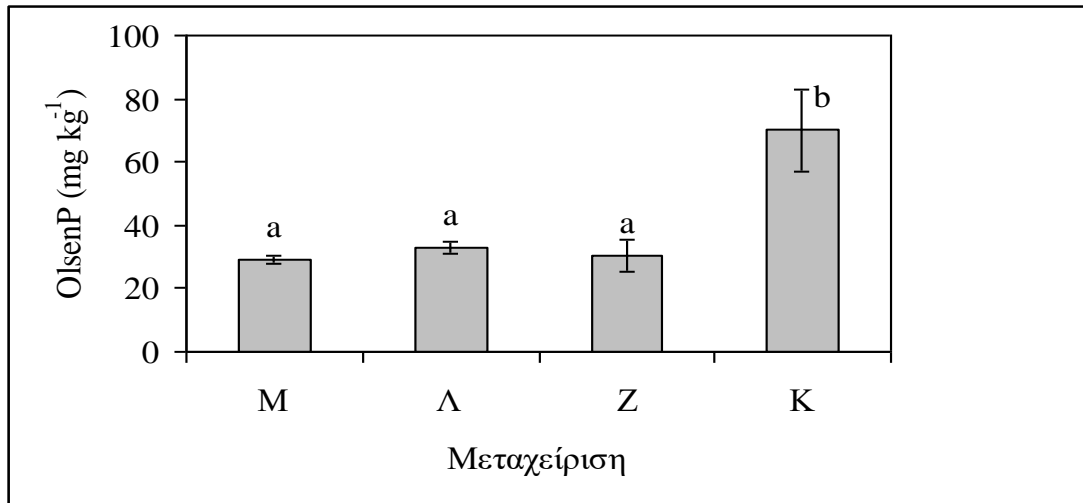
Σχήμα 3.2: Νιτρικό N του εδάφους στις 4 μεταχειρίσεις σε δύο διαδοχικές δειγματοληψίες. Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Τα αποτελέσματα της μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, δείχνουν μια τάση αύξησης μεταξύ των μεταχειρίσεων (Σχήμα 3.3). Οι μεταχειρίσεις του συμβατικού λιπάσματος και του ζεόλιθου δεν διαφέρουν από αυτή του μάρτυρα. Η μεταχείριση της κοπριάς έδειξε ότι υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά από του μάρτυρα, αλλά δεν διαφέρει από τις μεταχειρίσεις του συμβατικού λιπάσματος και του ζεόλιθου. Το αξιοσημείωτο σε αυτή τη μέτρηση είναι ότι, στις μεταχειρίσεις του συμβατικού λιπάσματος, του ζεόλιθου και της κοπριάς, η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι πάνω από το όριο αλατότητας (2,0 mS cm<sup>-1</sup>).



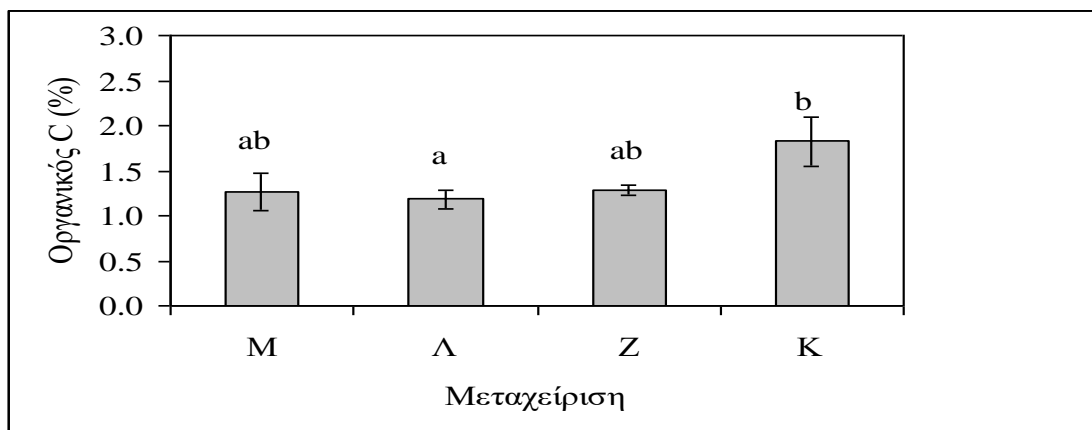
Σχήμα 3.3: Ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους στις 4 μεταχειρίσεις. Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Στο Σχήμα 3.4 φαίνονται τα αποτελέσματα της μέτρησης του φωσφόρου στο έδαφος. Παρατηρείται ότι, οι μεταχειρίσεις του μάρτυρα, του συμβατικού λιπάσματος και του ζεόλιθου δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους. Η μεταχείριση της κοπριάς παρουσιάζει διαφορά σε σχέση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις.



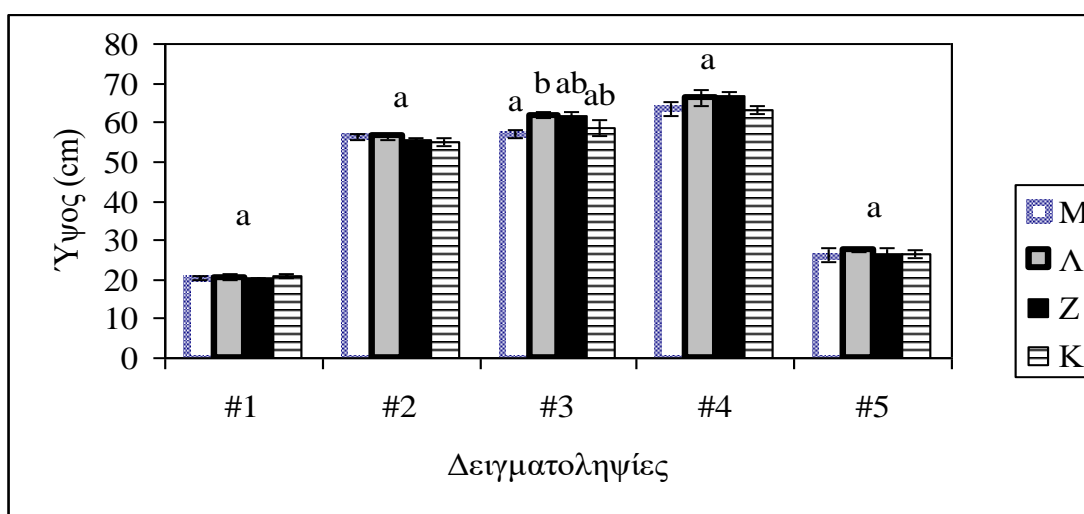
Σχήμα 3.4: Φώσφορος του εδάφους εκχυλισμένος κατά Olsen στις 4 μεταχειρίσεις. Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Οι μετρήσεις του οργανικού άνθρακα για τις τέσσερις μεταχειρίσεις δείχνουν ότι, υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων του συμβατικού λιπάσματος και τις κοπριάς (Σχήμα 5). Επιπροσθέτως δεν υπάρχει διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων μάρτυρα, συμβατικού λιπάσματος και κοπριάς αλλά ούτε και μεταξύ των μεταχειρίσεων μεταξύ κοπριάς, ζεόλιθου και μάρτυρα.



Σχήμα 3.5: Οργανικός C του εδάφους στις 4 μεταχειρίσεις. Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων του ύψους των φυτών σε πέντε διαδοχικές μετρήσεις, παρουσιάζουν μια τάση αύξησης του ύψους (Σχήμα 3.6). Επιπλέον, μεταξύ των μεταχειρίσεων στην πρώτη, δεύτερη, τέταρτη και πέμπτη μέτρηση δεν υπάρχει διαφορά. Στην τρίτη μέτρηση του ύψους διαφαίνεται διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και του συμβατικού λιπάσματος. Τέλος, στην πέμπτη μέτρηση τα ύψη είναι πιο χαμηλά λόγω προσβολής του φυτού από ωίδιο.

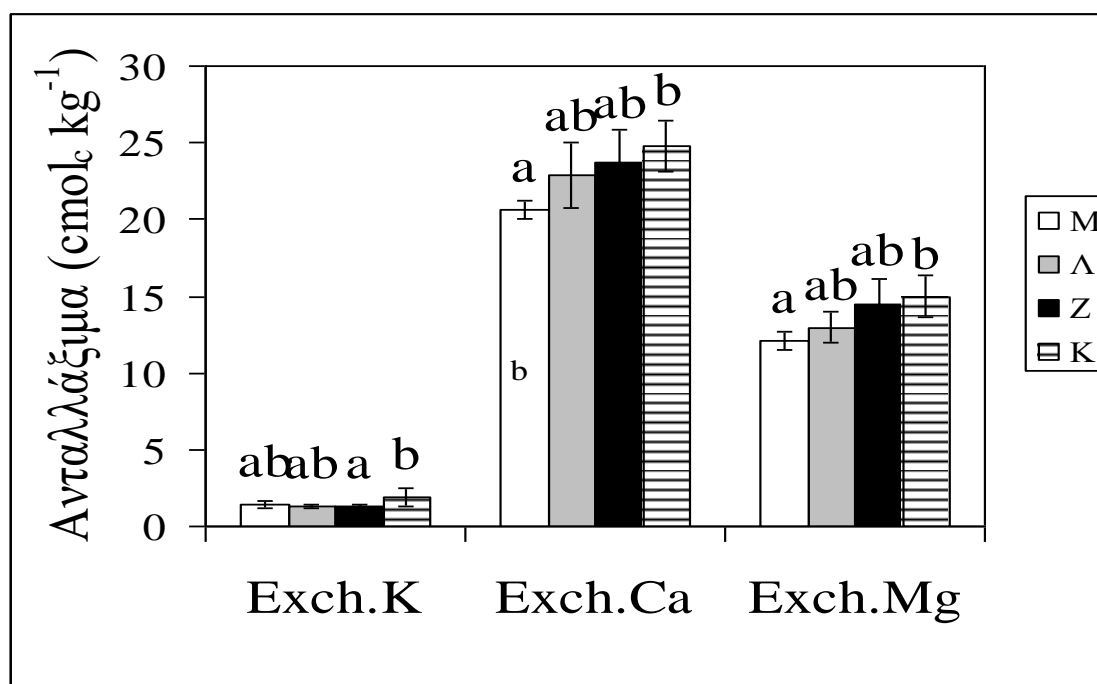


Σχήμα 3.6: Μέσο ύψος των φυτών σε 5 διαδοχικές δειγματοληψίες-μετρήσεις. Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

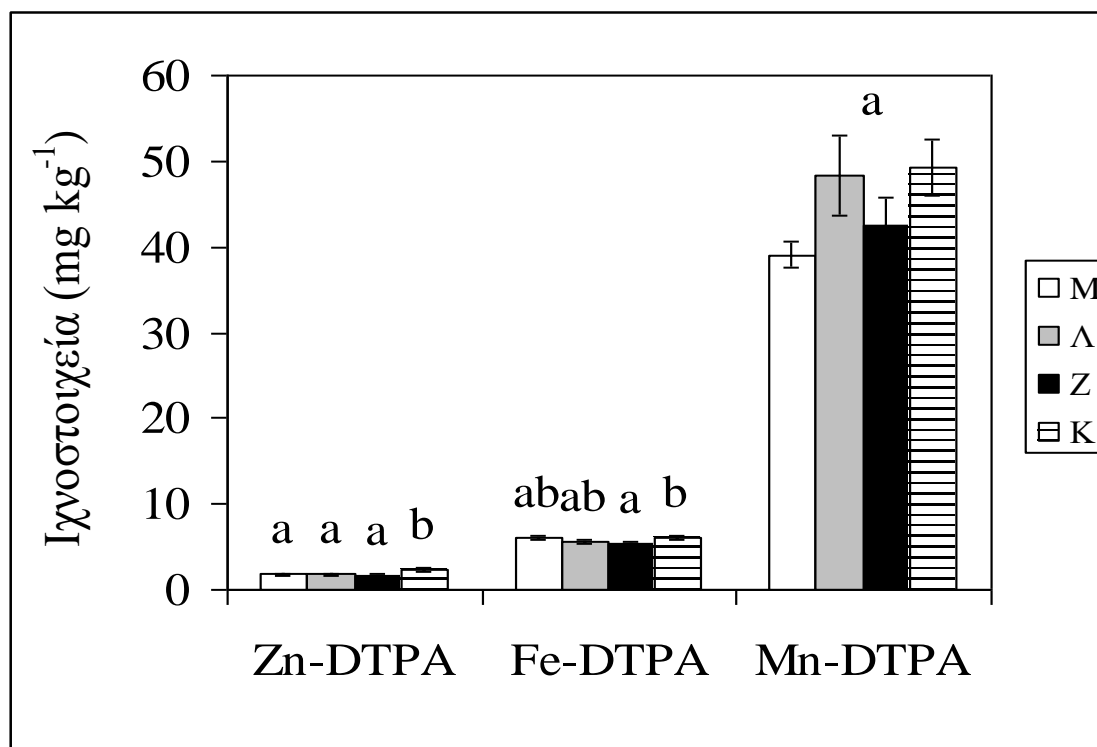
Στο Σχήμα 3.7 περιγράφονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων των ανταλλάξιμων κατιόντων του εδάφους (K, Ca, Mg). Στο ανταλλάξιμο κάλιο, οι μεταχειρίσεις κοπριάς και ζεόλιθου διαφέρουν μεταξύ τους, με τις λοιπές μεταχειρίσεις δεν παρουσιάζουν στατιστικώς σημαντική διαφορά. Οι μεταχειρίσεις του μάρτυρα και του συμβατικού λιπάσματος δεν διαφέρουν μεταξύ τους.

Στα αποτελέσματα των μετρήσεων του ανταλλάξιμου ασβεστίου, οι μεταχειρίσεις του μάρτυρα και της κοπριάς διαφέρουν μεταξύ τους, ενώ δεν διαφέρουν με τις υπόλοιπες. Επιπλέον, όσον αφορά το ανταλλάξιμο μαγνήσιο, η μόνη στατιστικώς σημαντική διαφορά παρατηρείται μεταξύ των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της κοπριάς. Οι δύο παραπάνω μεταχειρίσεις δεν διαφέρουν δε περιεκτικότητα ανταλλάξιμου μαγνησίου με τις λοιπές μεταχειρίσεις.

Στο Σχήμα 3.8 παρουσιάζονται τα ιχνοστοιχεία του εδάφους εκχυλισμένα με DTPA. Οι μετρήσεις του ψευδαργύρου δείχνουν ότι, η μεταχείριση της κοπριάς διαφέρει με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Στον σίδηρο, οι μόνες μεταχειρίσεις που διαφέρουν μεταξύ τους είναι αυτές της κοπριάς και του ζεόλιθου, ενώ για το μαγγάνιο δεν παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των τεσσάρων μεταχειρίσεων.

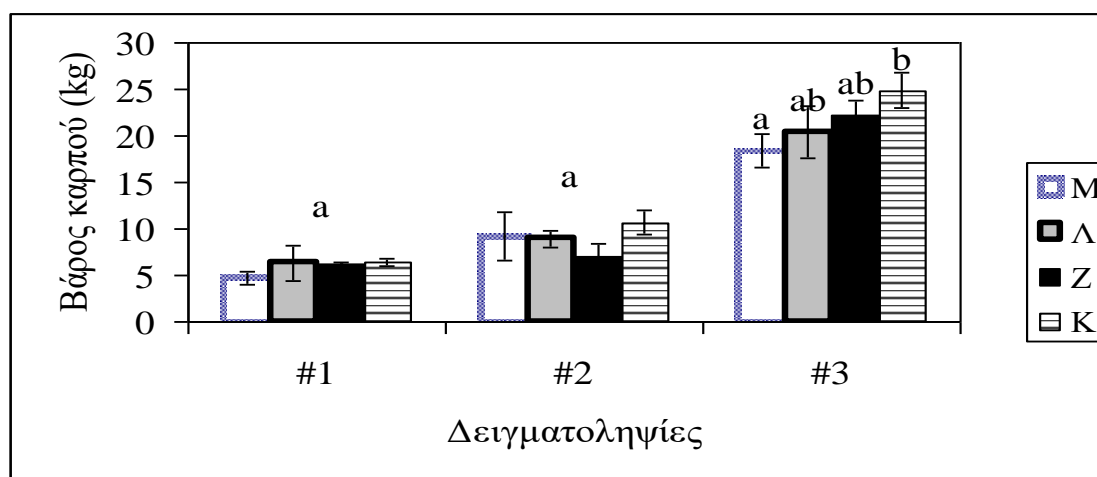


Σχήμα 3.7: Ανταλλάξιμα κατιόντα του εδάφους (K, Ca, Mg) στις 4 μεταχειρίσεις. Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.



Σχήμα 3.8: Ιχνοστοιχεία του εδάφους (Zn, Fe, Mn) εκχυλισμένα με DTPA στις 4 μεταχειρίσεις. Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Το Σχήμα 3.9 περιγράφει το βάρος του καρπού σε 3 διαδοχικές συγκομιδές. Αρχικά, παρατηρείται μια αυξητική τάση του βάρους στις συγκομιδές. Στην πρώτη συγκομιδή δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων, όπως και στη δεύτερη. Στην τρίτη συγκομιδή, εμφανίζεται διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της κοπριάς, δεν έχουν διαφορά όμως με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις.

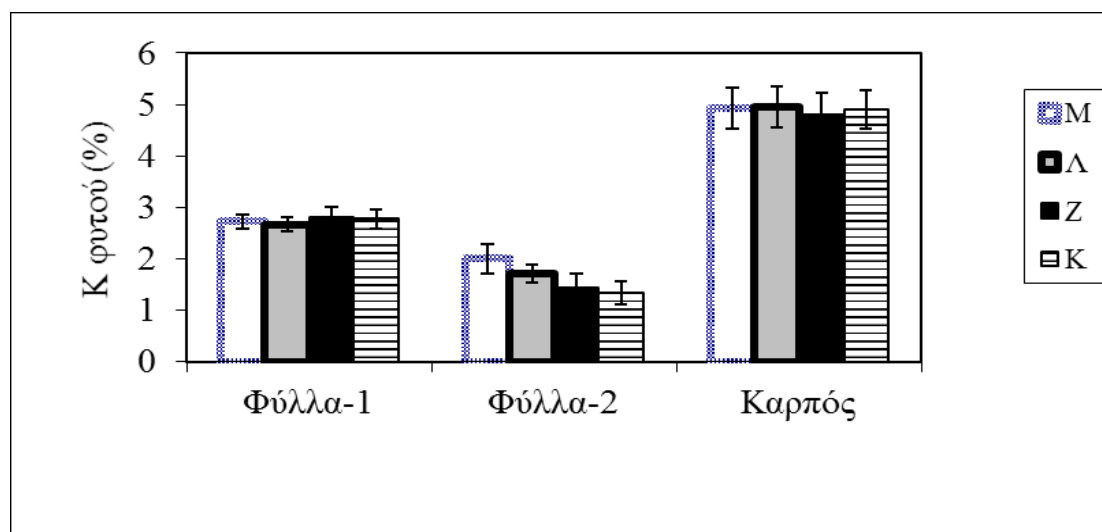


Σχήμα 3.9: Συνολικό βάρος καρπών (Kg) σε 3 διαδοχικές συγκομιδές. Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

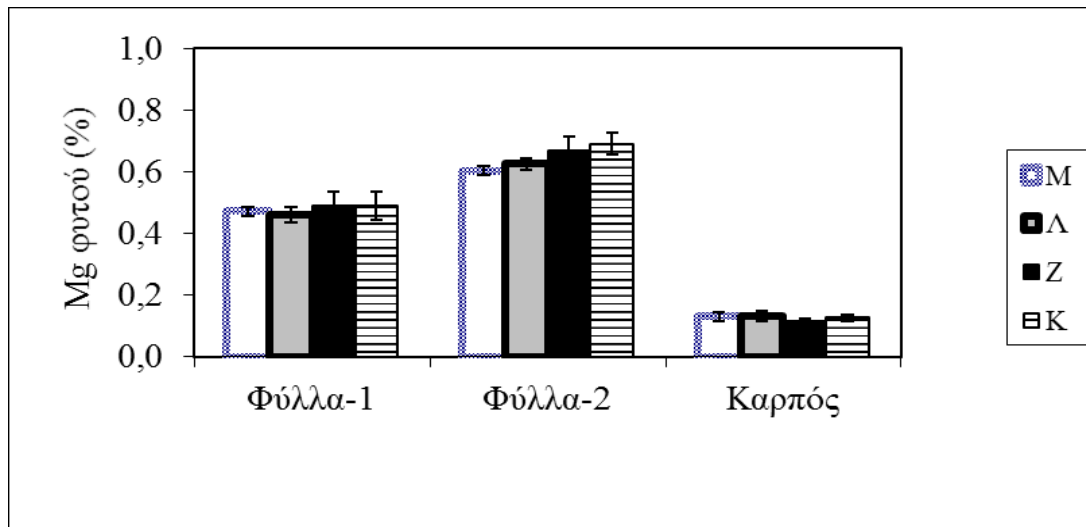
Στο Σχήμα 3.10 περιγράφεται η περιεκτικότητα των φύλλων (2 δειγματοληψίες) και των καρπών του φυτού σε κάλιο. Μεταξύ της πρώτης και δεύτερης δειγματοληψίας φύλλων παρατηρείται μια τάση μείωσης της περιεκτικότητας του καλίου. Στις δύο δειγματοληψίες φύλλων αλλά και στους καρπούς δεν υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων.

Η περιεκτικότητα σε μαγνήσιο των φύλλων και των καρπών του φυτού αποτυπώνεται στο Σχήμα 3.11. Διαφαίνεται μια τάση αύξησης μεταξύ των δειγματοληψιών των φύλλων. Επιπλέον, δεν υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις μεταχειρίσεις στις δύο δειγματοληψίες και στους καρπούς.

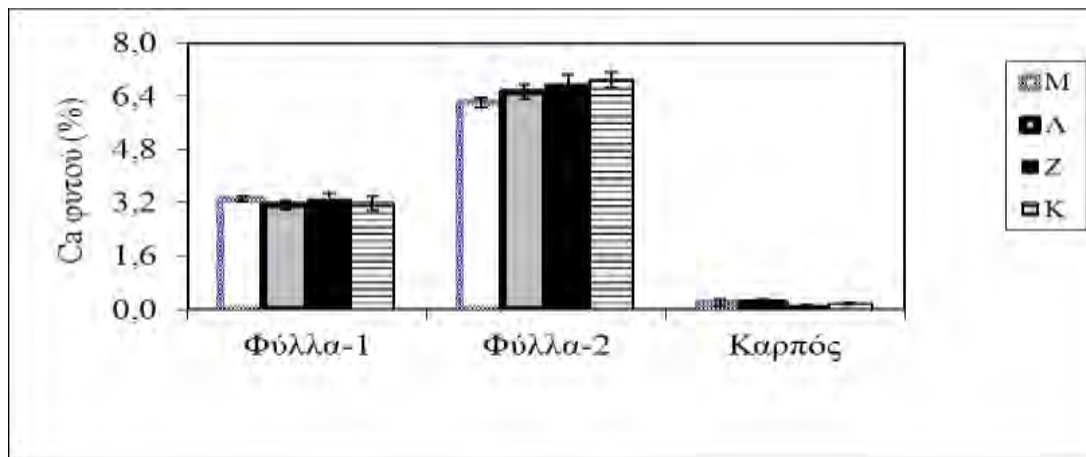
Η περιεκτικότητα του ασβεστίου παρουσιάζει μια αύξηση στη δεύτερη δειγματοληψία φύλλων σε σχέση με την πρώτη (Σχήμα 3.12). Μεταξύ των μεταχειρίσεων σε κάθε δειγματοληψία φύλλων καθώς και στους καρπούς δεν φαίνεται να υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά.



Σχήμα 3.10: Περιεκτικότητα του φυτού σε Κ στα φύλλα (1<sup>η</sup> δειγματοληψία και 2<sup>η</sup> δειγματοληψία) και στους καρπούς (τελική δειγματοληψία).



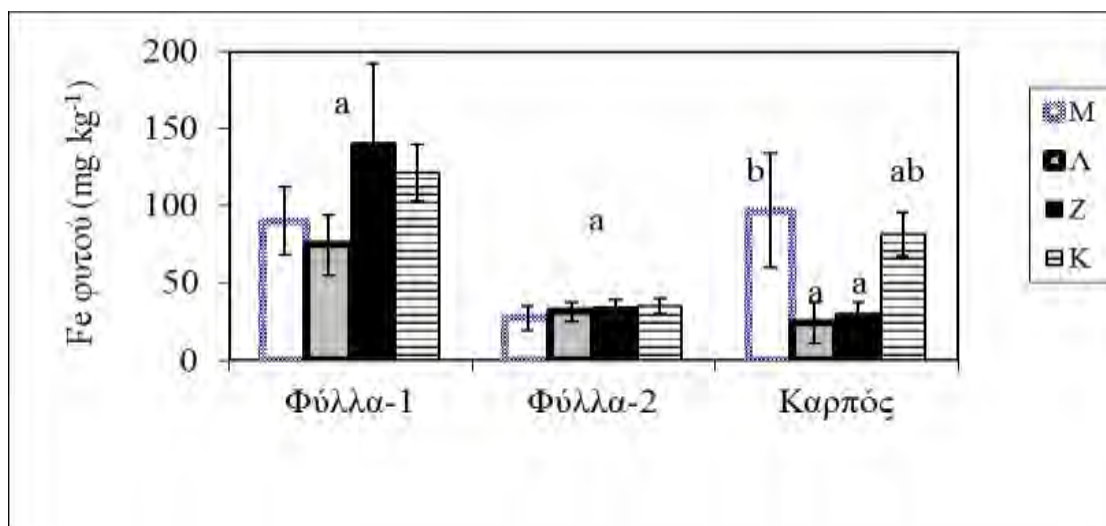
Σχήμα 3.11: Περιεκτικότητα του φυτού σε Mg στα φύλλα (1<sup>η</sup> δειγματοληψία και 2<sup>η</sup> δειγματοληψία) και στους καρπούς (τελική δειγματοληψία).



Σχήμα 3.12: Περιεκτικότητα του φυτού σε Ca στα φύλλα (1<sup>η</sup> δειγματοληψία και 2<sup>η</sup> δειγματοληψία) και στους καρπούς (τελική δειγματοληψία).

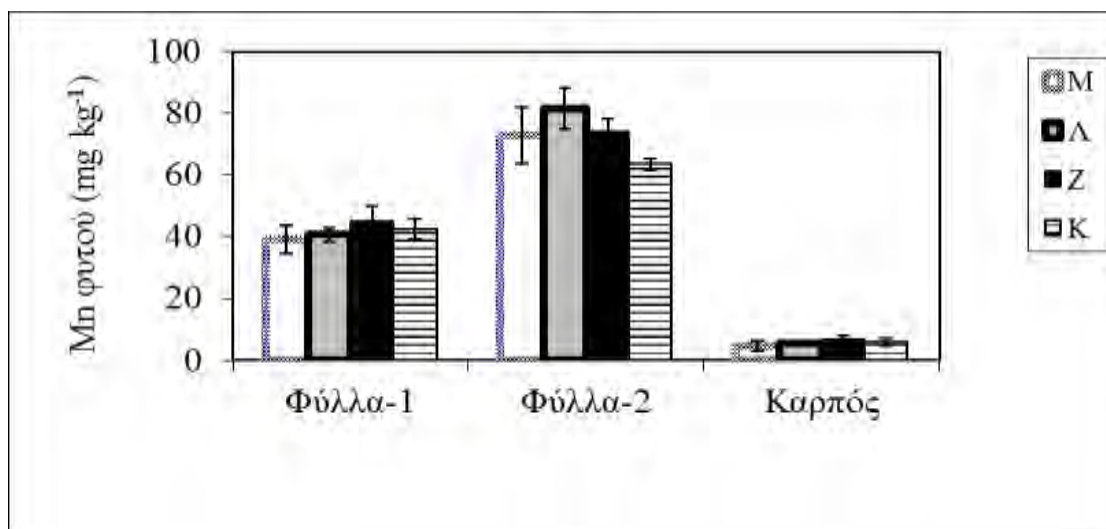
Η περιεκτικότητα του σιδήρου του φυτού στα φύλλα και στις δυο δειγματοληψίες δεν παρουσιάζει στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων (Σχήμα 3.13). Στους καρπούς, παρατηρείται διαφορά της μεταχείρισης του μάρτυρα με αυτή του συμβατικού λιπάσματος και με του ζεόλιθου.





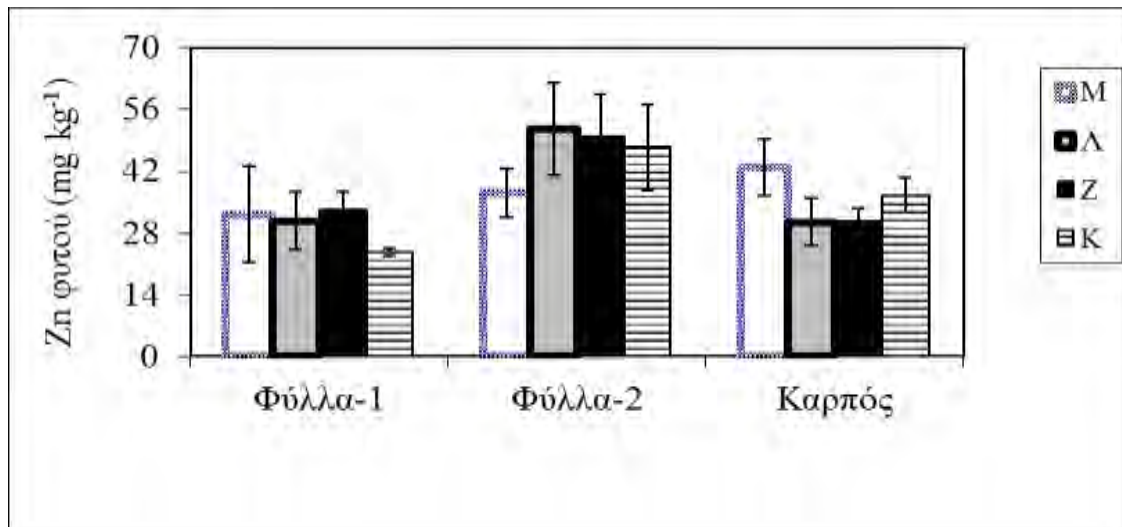
Σχήμα 3.13. Περιεκτικότητα του φυτού σε Fe στα φύλλα (1<sup>η</sup> δειγματοληψία και 2<sup>η</sup> δειγματοληψία) και στους καρπούς (τελική δειγματοληψία). Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Η περιεκτικότητα σε μαγγάνιο στα φύλλα, παρουσιάζει μια αυξητική τάση στη δεύτερη δειγματοληψία (Σχήμα 3.14). Μεταξύ των μεταχειρίσεων στις δύο δειγματοληψίες φύλλων και στους καρπούς δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά.



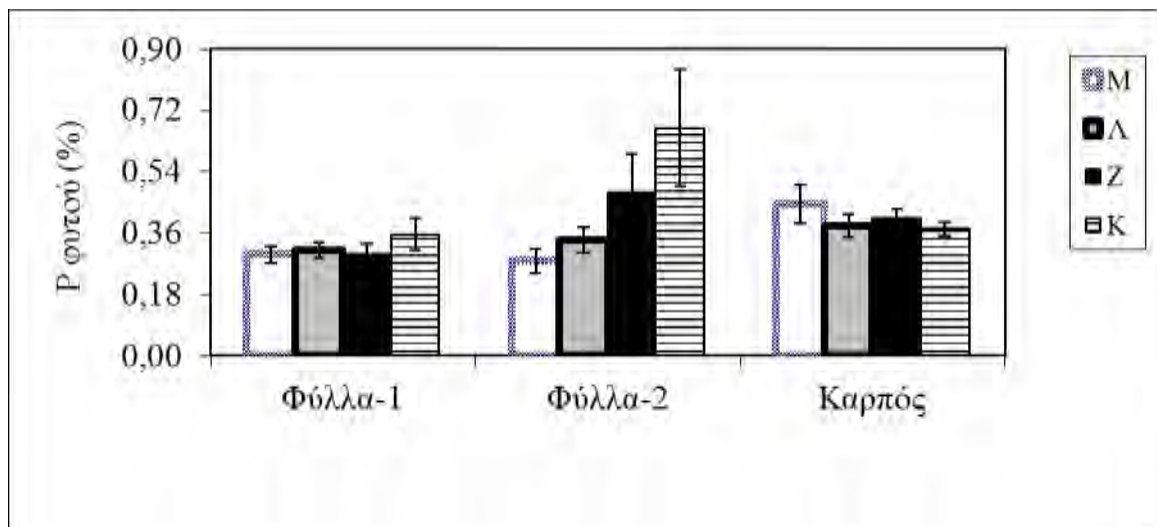
Σχήμα 3.14: Περιεκτικότητα του φυτού σε Mn στα φύλλα (1<sup>η</sup> δειγματοληψία και 2<sup>η</sup> δειγματοληψία) και στους καρπούς (τελική δειγματοληψία).

Όσον αφορά την περιεκτικότητα ψευδαργύρου του φυτού, παρατηρείται μια αυξητική τάση στη δεύτερη δειγματοληψία φύλλων σε σχέση με την πρώτη (Σχήμα 3.15). Δεν παρουσιάζεται στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων στις δυο δειγματοληψίες φύλλων όπως το ίδιο συμβαίνει και στους καρπούς.



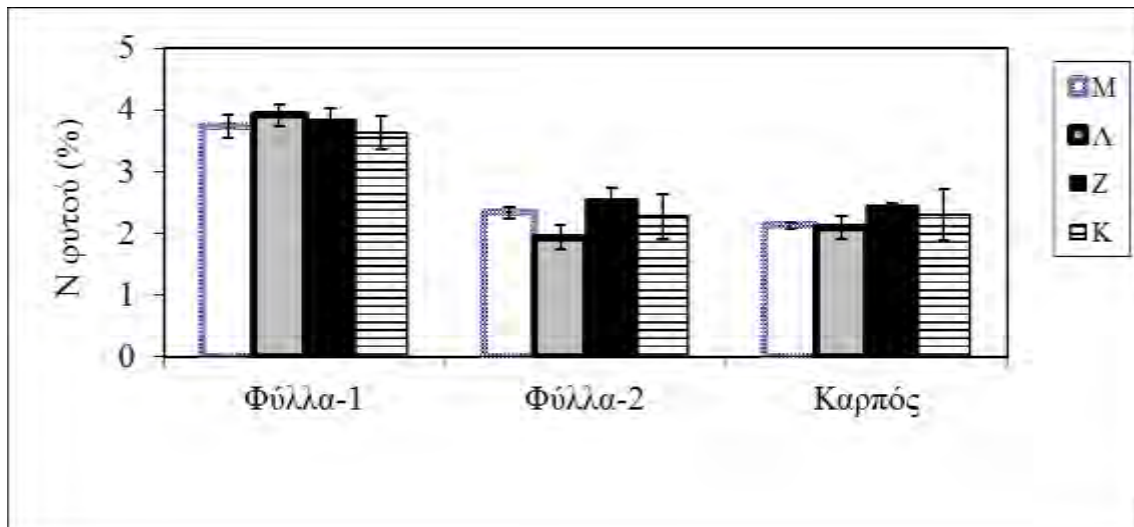
Σχήμα 3.15. Περιεκτικότητα του φυτού σε Zn στα φύλλα (1<sup>η</sup> δειγματοληψία και 2<sup>η</sup> δειγματοληψία) και στους καρπούς (τελική δειγματοληψία).

Στο Σχήμα 3.16 παρουσιάζεται η περιεκτικότητα του φωσφόρου του φυτού στα φύλλα και στους καρπούς. Δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων στις δύο δειγματοληψίες φύλλων και στους καρπούς.



Σχήμα 3.16: Περιεκτικότητα του φυτού σε P στα φύλλα (1<sup>η</sup> δειγματοληψία και 2<sup>η</sup> δειγματοληψία) και στους καρπούς (τελική δειγματοληψία).

Η περιεκτικότητα του αζώτου στα φύλλα παρουσιάζει μια τάση μείωσης στη δεύτερη δειγματοληψία σε σχέση με την πρώτη (Σχήμα 3.17). Επιπροσθέτως, δεν παρατηρείται στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων στις δύο δειγματοληψίες φύλλων καθώς το ίδιο φαίνεται να συμβαίνει και στους καρπούς.



Σχήμα 3.17: Περιεκτικότητα του φυτού σε N στα φύλλα (1<sup>η</sup> δειγματοληψία και 2<sup>η</sup> δειγματοληψία) και στους καρπούς (τελική δειγματοληψία).

### 3.2 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Το pH του εδάφους μειώθηκε στην 1<sup>η</sup> δειγματοληψία στη μεταχείριση του συμβατικού λιπάσματος και του ζεόλιθου, αλλά η μείωση δεν ήταν σημαντική. Στις ίδιες μεταχειρίσεις, κατά την 2<sup>η</sup> δειγματοληψία, σημειώθηκε περαιτέρω μείωση, η οποία είναι σημαντική σε σχέση με τη μεταχείριση του μάρτυρα. Αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στην νιτροποίηση του NH<sub>4</sub>-N (Gao et al., 2015), αφού και στις δύο αυτές μεταχειρίσεις το χορηγούμενο N ήταν αμμωνιακό.

Η αντίδραση νιτροποίησης είναι η εξής:



Η νιτροποίηση προκαλεί μείωση του pH η οποία είναι προσωρινή, αλλά στην περίπτωση μας φαίνεται ότι διήρκεσε τουλάχιστον όσο η διάρκεια του πειράματος.

Τα παραπάνω επιβεβαιώνονται και από τα επίπεδα του NO<sub>3</sub>-N, καθώς στις μεταχειρίσεις του ζεόλιθου και της συμβατικής λίπανσης είχαμε σημαντικά αυξημένες συγκεντρώσεις NO<sub>3</sub>-N κατά την 1<sup>η</sup> δειγματοληψία. Οι συγκεντρώσεις μειώθηκαν στην 2<sup>η</sup> δειγματοληψία, ίσως λόγω κατανάλωσής τους από την καλλιέργεια.

Η αλατότητα του εδάφους, που καταγράφηκε μόνο στο τέλος του πειράματος, έδειξε τάσεις αύξησης με τη χορήγηση συμβατικού λιπάσματος, ζεόλιθου και κοπριάς, αλλά μόνο στην μεταχείριση της κοπριάς ήταν σημαντικά υψηλότερη από αυτή του μάρτυρα και μάλιστα σε τιμές που προσεγγίζουν τις τιμές επιφυλακής της αλατότητας για ευαίσθητες καλλιέργειες. Μάλιστα η τομάτα έχει όριο επιφυλακής τα

2,5 mS cm<sup>-1</sup> (Κουκουλάκης και Παπαδόπουλος, 2007) όριο το οποίο η μεταχείριση της κοπριάς το προσεγγίζει. Πάντως δεν φάνηκαν τα φυτά να αναπτύσσουν συμπτώματα καταπόνησης λόγω αυξημένης αλατότητας.

Ο εκχυλίσμος P ήταν ήδη σε επίπεδα υπερεπάρκειας ακόμα και στη μεταχείριση του μάρτυρα (επαρκής θεωρείται ο P κατά Olsen όταν είναι >20-25 mg kg<sup>-1</sup> εδάφους). Αυτό δείχνει ότι η χρονική διάρκεια του πειράματος πρέπει να ξεπερνάει το ένα έτος, γιατί κατά το πρώτο έτος ακόμα και η μεταχείριση του μάρτυρα είναι ενδεχόμενο να έχει υψηλά επίπεδα θρεπτικών και άρα οι αναμενόμενες διαφορές να μην αναδεικνύονται. Ωστόσο η μεταχείριση της κοπριάς είχε υπερδιπλασια επίπεδα P, λόγω υπερβολικής χορήγησής του από την προστιθέμενη κοπριά. Στο πείραμα αυτό, ο στόχος ήταν οι 3 μεταχειρίσεις εκτός του μάρτυρα να χορηγούν ίδια ποσότητα N, αλλά τον χορηγούμενο P και το K δεν ήταν δυνατό να τον ελέγξουμε στην χορήγηση της κοπριάς, κάτι που φαίνεται ότι οδήγησε στην προσθήκη υψηλών διαθέσιμων συγκεντρώσεων του στοιχείου αυτού.

Είναι χαρακτηριστικό ότι και τα επίπεδα του οργανικού C είχαν την ίδια τάση όπως αυτά του P, γιατί συνδέονταν με την χορήγηση οργανικής ουσίας από την κοπριά: Η μεταχείριση της κοπριάς ήταν η μόνη όπου η οργανική ουσία σημείωσε σημαντική αύξηση σε σχέση με το μάρτυρα. Αυτό δείχνει την ωφελιμότητα της κοπριάς, καθώς ακόμα και μετά από ένα μόλις χρόνο χρήσης της, η οργανική ουσία του εδάφους αυξάνεται σημαντικά, κάτι ιδιαίτερα επωφελές για εδάφη με χαμηλά επίπεδα οργανικής ουσίας όπως αυτά της Ελλάδας. Τέτοια ευρήματα επιβεβαιώνονται και από άλλες εργασίες (π.χ., Garcia-Franco et al., 2015).

Παρόμοια ήταν και η εικόνα με το ανταλλάξιμο K, όπου η μεταχείριση της κοπριάς είχε υψηλότερες συγκεντρώσεις σε σχέση με τις άλλες μεταχειρίσεις (σημαντική διαφορά μόνο με αυτή του ζεόλιθου). Παρόμοια όπως και με τον P, φαίνεται ότι η χορήγηση κοπριάς είναι υπεύθυνη για αυτήν την αύξηση, καθώς εμπεριέχει σημαντικές συγκεντρώσεις ολικού καλίου και P. Κατόπιν της χορήγησης της κοπριάς στο έδαφος, αυτές οι ολικές συγκεντρώσεις μετατρέπονται σε ανταλλάξιμη μορφή (στην περίπτωση του K) και παραμένουν για κάποιο χρονικό διάστημα σε διαθέσιμη μορφή (που το εκχυλιστικό κατά Olsen μπορεί να το παραλάβει, στην περίπτωση του P). Αυτό άλλωστε είναι κάτι που επιβεβαιώνεται και

από την εργασία των Duffkova et al. (2015). Το γεγονός ότι το K μειώνεται στην μεταχείριση του ζεόλιθου, δείχνει ότι ο ζεόλιθος συγκράτησε το χορηγούμενο K. Αυτό σημαίνει ότι ο ζεόλιθος ενδέχεται να δράσει ως υλικό συγκράτησης (άρα και μείωσης της διαθεσιμότητας) του K. Πάντως, πρέπει να τονίσουμε ότι τα επίπεδα K ήταν επαρκή στο πείραμα αυτό. Το ίδιο βρήκαμε και με το ανταλλάξιμο Ca και Mg (η μεταχείριση κοπριάς υπερτερεί σημαντικά σε σχέση με όλες τις άλλες, συμπεριλαμβανομένων και αυτή του μάρτυρα). Ίδια επίδραση της κοπριάς βρήκαμε και στα εκχυλίσματα με DTPA Zn και Fe, όπου σημειώθηκε σημαντική αύξηση των επιπέδων τους στην μεταχείριση της κοπριάς σε σχέση με τις άλλες μεταχειρίσεις (στον Zn) και σε σχέση με τη μεταχείριση του ζεόλιθου (στον Fe). Οι αναλύσεις έδειξαν για το Mn ότι, δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές.

Όσον αφορά το φυτό, η καταγραφή του ύψους σε 5 χρονικές στιγμές κατά τη διάρκεια του πειράματος (με την 5η να γίνεται την ημέρα της συγκομιδής), έδειξε ότι μόνο στο μέσο του πειράματος υπήρχαν διαφορές μεταξύ των φυτών, με τη μεταχείριση της συμβατικής λίπανσης να υπερτερεί έναντι των άλλων, αλλά να διαφέρει σημαντικά μόνο σε σχέση με την μεταχείριση του μάρτυρα. Σε καμιά άλλη χρονική στιγμή δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές στο ύψος μεταξύ των μεταχειρίσεων. Αυτό επιβεβαιώνει το γεγονός ότι ο αγρός ήταν υπερεπαρκώς λιπασμένος από τις προηγούμενες χρήσεις, και ότι για να φανούν σημαντικές διαφορές ενδεχομένως να χρειαζόνταν η διάρκεια του πειράματος να είναι μεγαλύτερη.

Το βάρος των καρπών καταγράφηκε σε 3 συγκομιδές, εκ των οποίων η 1<sup>η</sup> και η 2<sup>η</sup> δεν είχαν διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων. Στην 3<sup>η</sup> συγκομιδή φάνηκε να υπερτερεί η μεταχείριση της κοπριάς (ωστόσο είχε σημαντική διαφορά μόνο σε σχέση με το μάρτυρα). Όμως αθροιστικά (Πίνακας 3.2) το βάρος καρπών ήταν σημαντικά υψηλότερο στη μεταχείριση συμβατικής λίπανσης σε σχέση με αυτή του μάρτυρα (οι μεταχειρίσεις Z, Λ και K δεν διέφεραν σημαντικά). Ομοίως και με το βάρος του βλαστού (υπερτερούσε το Λ). Αυτό δείχνει ότι ο ζεόλιθος δεν είχε την αναμενόμενη απόδοση, ίσως εξαιτίας του γεγονότος ότι συγκράτησε το χορηγούμενο N μεγαλύτερο χρονικό διάστημα σε σχέση με το συμβατικό λίπασμα, και ενδεχομένως το χορήγησε αργότερα, σε χρονικό διάστημα που οι καρποί δεν το χρειαζόνταν, καθώς προς το τέλος της καρποφορίας οι απαιτήσεις σε N είναι πολύ

χαμηλές. Πάντως πρέπει να τονιστεί ότι τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του καρπού (οξύτητα χυμού, pH χυμού, διαλυτά στερεά συστατικά χυμού και χρώμα φλοιού) δεν διέφεραν στις διάφορες μεταχειρίσεις (Πίνακας 3.1). Ομοίως καμία διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων στην περιεκτικότητα σε μακρο-θρεπτικά και ιγνοστοιχεία δεν παρατηρήθηκε στα φύλλα της 1<sup>ης</sup>, 2<sup>ης</sup> δειγματοληψίας και στους καρπούς, στοιχείο το οποίο δείχνει ότι ο χρονικός ορίζοντας του πειράματος ήταν μικρός.

Πίνακας 3.1. Παράμετροι χυμού καρπού (οξύτητα %, pH και διαλυτά στερεά συστατικά) και παράμετροι χρώματος φλοιού καρπού (L, a και b). Καμία διαφορά μεταξύ μεταχειρίσεων δεν είναι στατιστικά σημαντική.

	Οξύτητα χυμού	pH χυμού	Διαλυτά στερεά συστατικά χυμού	L	a	b
Μάρτυρας	0.09	4.30	5.23	42.40	26.90	35.18
Λίπασμα	0.11	4.15	5.09	42.05	27.15	32.43
Ζεόλιθος	0.10	3.97	5.28	40.83	28.00	34.18
Κοπριά	0.10	4.24	5.28	41.40	27.55	32.90
LSD	0.009	0.12	0.174	0.79	0.66	1.18
<i>p</i> -value	0.552	0.287	0.854	0.535	0.675	0.382
<i>F</i> -ratio	0.73	1.41	1.46	0.76	0.52	1.11

Πίνακας 3.2. Βάρος καρπού, βάρος βλαστού (με αναγωγή σε εκτάριο υπολογίζοντας 23290 φυτά ha<sup>-1</sup>), και απορρόφηση αζώτου (ως kg N), φωσφόρου (ως kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) και καλίου (ως kg K<sub>2</sub>O) ανά εκτάριο, όπως αυτή αναλύεται σε καρπό και βλαστό. Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

	Καρπός νωπός	Βλαστός νωπός	N καρπού	N βλαστού	N συνολικό υπέργειο	P καρπού	P βλαστού	P συνολικός υπέργειο	K καρπού	K βλαστού	K συνολικό υπέργειο
	kg N ha <sup>-1</sup>		kg N ha <sup>-1</sup>			kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ha <sup>-1</sup>			kg K <sub>2</sub> O ha <sup>-1</sup>		
Μάρτυρας	94.09 a	25.07 a	54.47	200.23	254.70	28.24	54.89	83.13	165.32	189.84	307.70
Λίπασμα	121.77 b	32.48 b	55.29	220.21	275.49	22.64	171.27	193.91	148.48	198.22	346.70
Ζεόλιθος	103.22 ab	30.93 ab	75.85	318.09	393.94	31.96	86.33	96.70	180.61	208.67	389.28
Κοπριά	103.80 ab	27.67 ab	64.84	250.64	315.48	42.02	146.26	177.78	192.96	230.93	366.17
LSD	8.67	2.23	5.46	43.56	42.98	10.25	44.85	52.40	19.39	37.75	52.03
<i>p</i> -value	0.203	0.138	0.076	0.311	0.186	0.668	0.298	0.371	0.432	0.913	0.728
<i>F</i> -ratio	1.79	2.22	3.34	1.40	2.04	0.53	1.39	1.14	0.99	0.17	0.55

## 4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η ταυτόχρονη χορήγηση ζεόλιθου και αμμωνιακού λιπάσματος δεν έδειξε σημαντική διαφοροποίηση σε σχέση με το συμβατικό λίπασμα.
- Η κοπριά αύξησε σημαντικά τα επίπεδα P, K και ιχνοστοιχείων στο έδαφος.
- Στο φυτό καμία από τις μεταχειρίσεις δεν έδωσε διαφορές στην περιεκτικότητα σε θρεπτικά (όταν γίνεται σύγκριση μεταξύ Z, Λ και K), όμως σε σχέση με το μάρτυρα το συνολικό βάρος καρπών ήταν μεγαλύτερο στη μεταχείριση συμβατικής λίπανσης Λ.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### ΕΛΛΗΝΙΚΗ

1. Αναλογίδης, Δ.Α., 2000. Έδαφος, θρεπτικά στοιχεία και φυτική παραγωγή. ΑγροΤύπος ΑΕ, 1η έκδ., Αθήνα.
2. Ανώνυμος, 2005. Τομάτα. Κηπευτικά, εκδόσεις γεωργική τεχνολογία, τεύχος Δεκεμβρίου, σσ 84-88.
3. Βαλαβανίδης, Α. και Βλαχογιάννη, Θ., 2008. Περιβαλλοντική Χημεία και Οικοτοξικολογία. Διαχείριση Οικοσυστημάτων - Εκτίμηση Οικολογικού Κινδύνου. Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Χημείας, Αθήνα.
4. Γεωργιλιά, Β., 2006. Μεταβολές του αζώτου (N) σε βιολογική καλλιέργεια γλυκού σόργου για παραγωγή βιομάζας. Μεταπτυχιακή διατριβή. Πανεπιστήμιο Πατρών, Σχολή Θετικών Επιστημών, Περιβαλλοντικές Επιστήμες, Πάτρα.
5. Καραγιάννη, Α., 2012. Επίδραση προϊόντος κομποστοποίησης χοιρινών αποβλήτων σε φυτά τομάτας καλλιεργούμενα υπαίθρια σε έδαφος υψηλής αλατότητας. Πτυχιακή διατριβή. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής, Ηράκλειο.
6. Κουκουλάκης, Π.Χ. και Παπαδόπουλος, Α.Η., 2007. Τα προβληματικά Εδάφη και η Βελτίωσή τους. Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα, σσ 412.
7. Κούντριας, Γ., 2014. Διαχείριση αζώτου, φωσφόρου, καλίου & ιχνοστοιχείων σε καλλιέργεια ελιάς. Μεταπτυχιακή διατριβή. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Βόλος.
8. Μαντζώρου, Α., 2007. Η λίπανση στη Βιολογική Καλλιέργεια. Πτυχιακή διατριβή. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής, Ηράκλειο.
9. Μήτσιος, Ι.Κ., 2004. Γονιμότητα εδαφών. Εκδόσεις Zymel, Αθήνα.
10. Μόλλα, Α. Ι. 2012. Βελτίωση ρυπασμένων εδαφών και υδάτων από νιτρικά, αμμωνιακά και χρώμιο και αξιοποίηση αυτών στην καλλιέργεια φυτών. Διδακτορική διατριβή Π. Θ. Βόλος.
11. Μπανάλη, Ε., 2013. Κλείες αναγνώρισης των κυριότερων λαχανοκομικών φυτών και οι ευεργετικές τους ιδιότητες. Πτυχιακή διατριβή. Αλεξάνδρειο

- Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας και Τροφίμων και Διατροφής, Τμήμα Τεχνολόγων Γεωπόνων, Τομέας Οπωροκηπευτικών-Βοτανικής, Θεσσαλονίκη.
12. Παναγοπούλου, Α., 2011. Βιογεωχημική Μελέτη του φυτού *Origanum majorana* με στόχο την προστασία της δημόσιας υγείας. Μεταπτυχιακή διατριβή. Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Γεωλογίας, Πάτρα.
  13. Παούρης, Β., 2012. Η βιολογική καλλιέργεια της υπαίθριας τομάτας στη νήσο Κέα. Πτυχιακή διατριβή. Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής, Θεσσαλονίκη.
  14. Πετρίδης, Α.Π., 2011. Μελέτη της επίδρασης διαφορετικών επιπέδων αζώτου στην πρόσληψη του βορίου από το έδαφος σε φυτά μαρουλιού. Μεταπτυχιακή διατριβή. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων & Γεωργικής Μηχανικής, Αθήνα.
  15. Τσέζος, Μ. και Ρεμουντάκη, Ε., 2010. Περιβάλλον Ι - Εισαγωγή στην Επιστήμη & Τεχνολογία Προστασίας του περιβάλλοντος. Βοηθητικές σημειώσεις. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων - Μεταλλουργών, Αθήνα.
  16. Τσελές, Δ., Ευθυμιάδου, Α., Γκούλτα, Μ., πρόγραμμα Γ.Γ.Ν.Γ: επιστημονική υποστήριξη νέων αγροτών, Βιολογική γεωργία, 2011, 11-15
  17. Τσουγκριάνη, Χ., 2007. Επίδραση δύο υποκειμένων και δύο συστημάτων γραμμικής υποστύλωσης των πρεμνών της ποικιλίας "Αγιωργίτικο" (*Vitis vinifera* L.) στην περιεκτικότητα του γλεύκους σε κάλιο. Μεταπτυχιακή διατριβή. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Αμπελουργίας - Οινολογίας, Αθήνα.
  18. Χα, Ι.Α., 2009. Σποροπαραγωγή των καλλιεργούμενων φυτών. Πανεπιστημιακές παραδόσεις για το μάθημα. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Βόλος.
  19. Χα, Ι.Α., Πετρόπουλος, Σ., 2014. Γενική λαχανοκομία και υπαίθρια καλλιέργεια λαχανικών. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, σελ. 712 ISBN: 978-960-9439-24-4

20. Χαλλουμά, Π., 2012. Αναλυτική και μοριακή χαρτογράφηση βιοσύνθεσης λυκοπενίου και αντιοξειδωτικής ικανότητας εμπορικά σημαντικών ποικιλιών τομάτας. Πτυχιακή διατριβή. Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου, Σχολή Γεωτεχνικών Επιστημών Και Διαχείρισης Περιβάλλοντος, Λεμεσός.

## **ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ**

21. Duffkova, R., Hejzman, M. and Libichora, H., 2015. Effect of cattle slurry on soil and herbage chemical properties, yield, nutrient balance and plant species composition of moderately dry Arrheatherin grassland. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 213, 281-289.
22. 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 Soil and Sediments* 15, 863-879.
23. Garcia-Franco, N., Albaladejo, J., Almagro, M., and Martinez-Mena, M., 2015. Beneficial effects of reduced tillage and green manure in soil aggregation and stabilization of organic carbon in a Mediterranean agroecosystem. *Soil and Tillage Research* 153, 66-75.
24. Grimme, H., 1986. The dynamics of potassium in the soil plant system and factors of potassium availability. Συμπόσιο Καλίου, Ελληνική Εδαφολογική Εταιρεία, International Potash Institute, Επιστημονικές Ανακοινώσεις, Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών. 13-14 Μαρτίου 1986, Αθήνα.
25. Marcus, B. K. and Cornier, 1999. Going green with zeolites. *Chemical Engineering Progress*, June 1999. <http://www.aiche.org>.

## **ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ**

http-1:<http://laxanokipos.com/agro/2014/09/tomato/>

http-2:<http://laxanokipos.com/agro/2014/09/tomato/>

http-3:<http://laxanokipos.com/agro/2014/09/tomato/>

http-4:<https://giardinogardens.wordpress.com/2012/07/17/giardino-%CE%BA%CE%B7%CF%80%CE%BF%CF%84%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%AF%CE%B1/>

http5:<http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/%CE%91%CF%81%CF%87%CE%B5%CE%AF%CE%BF:%CE%A6%CF%8D%CE%BB%CE%BB%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%BF%CE%BC%CE%AC%CF%84%CE%B1%CF%82.png>

http-6: <http://www.sheblogs.eu/2009/04/04/ntomatia-se-glastra/>

http-7:<http://gr.dreamstime.com/%CF%83%CF%84%CE%BF%CE%BA-%CE%B5%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CE%BD%CE%B1-%CE%BC%CE%B1%CF%8D%CF%81%CE%B7-%CE%BD%CF%84%CE%BF%CE%BC%CE%AC%CF%84%CE%B1-image3420071>

http-8: [http://www.fao.org/nr/water/cropinfo\\_tomato.html](http://www.fao.org/nr/water/cropinfo_tomato.html)

http-9: [http://www.teidasoponias.gr/b5\\_a.php](http://www.teidasoponias.gr/b5_a.php)

http10:<https://andromedaellas.wordpress.com/2011/10/08/%CE%B6%CE%B5%CF%8C%CE%BB%CE%B9%CE%B8%CE%BF%CF%82-%CF%84%CE%BF-%CE%B8%CE%B1%CF%8D%CE%BC%CE%B1-%CF%84%CE%B7%CF%82-%CF%86%CF%8D%CF%83%CE%B7%CF%82/>

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΑΝΑ PLOT.**

Πίνακας Α1. Πρωτογενή εδαφολογικά δεδομένα πειράματος. Μ=μάρτυρας, Λ=λίπασμα, Ζ=ζεόλιθος, Κ=κοπριά, και οι αύξοντες αριθμοί 1-4 είναι οι 4 επαναλήψεις ανά μεταχείριση.

	pH-1	pH-2	NO <sub>3</sub> -1 mg kg <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> -2 mg kg <sup>-1</sup>	EC mS cm <sup>-1</sup>	Olsen-P mg kg <sup>-1</sup>	Exch.K cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	Exch.Ca cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	Exch.Mg cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	Zn-DTPA mg kg <sup>-1</sup>	Fe-DTPA mg kg <sup>-1</sup>	Mn-DTPA mg kg <sup>-1</sup>	OC %
M-1	7.7	7.75	11.51	7.64	1040	30.59	833	4009	1460	1.97	5.66	35.02	1.87
M-2	8.17	7.89	6.54	5.22	3302	28.64	562	4413	1517	1.78	6.27	40.64	0.88
M-3	7.95	7.68	9.83	8.55	699.3	32.03	467	3866	1258	1.69	5.93	42.11	1.18
M-4	8.03	7.96	8.63	7.00	604.8	26.30	393	4230	1586	1.78	6.44	38.47	1.15
Λ-1	7.93	7.59	38.84	8.19	4988	27.11	651	5812	1856	1.67	5.16	45.78	0.88
Λ-2	7.72	7.47	38.42	18.85	2987	36.02	559	5055	2223	1.88	5.33	48.72	1.24
Λ-3	7.8	7.67	13.84	10.45	1850	33.14	1416	4693	1533	1.70	6.40	60.84	1.38
Λ-4	7.73	7.63	13.26	15.12	1466	35.24	936	4329	1259	1.87	5.58	38.03	1.23
Z-1	7.81	7.71	18.64	10.51	1288	25.77	648	4547	1841	1.82	5.58	48.25	1.41
Z-2	7.89	7.28	40.94	10.20	2410	24.44	1136	4959	2407	1.82	5.81	48.43	1.15
Z-3	7.86	7.69	13.50	8.98	1830	45.04	1328	4838	1817	1.72	5.58	36.56	1.20
Z-4	7.85	7.63	19.36	13.58	2430	26.07	1226	4532	1588	1.46	4.89	36.49	1.38
K-1	7.86	7.88	9.48	6.93	721.2	107.63	854	4048	1630	2.82	6.71	51.20	2.18
K-2	7.77	7.79		11.40	1273	49.58	1131	4189	1563	2.11	6.09	54.54	2.41
K-3	8.01	7.9	7.60	7.22	381	62.08	854	5065	1419	1.99	6.10	39.53	1.40
K-4	7.94	7.67	14.45	10.92	1118	60.82	1519	4129	1532	2.22	5.67	51.66	1.29

Πίνακας Α2. Ύψη των φυτών (σε cm) που μετρήθηκαν σε 5 διαφορετικές χρονικές στιγμές. Μ=μάρτυρας, Λ=λίπασμα, Ζ=ζεόλιθος, Κ=κοπριά, και οι αύξοντες αριθμοί 1-4 είναι οι 4 επαναλήψεις ανά μεταχείριση.

	Ύψος-1	Ύψος-2	Ύψος-3	Ύψος-4	Ύψος-5
M-1	21.27	58.66	57.48	60.15	25.50
M-2	20.46	56.68	54.43	64.13	25.50
M-3	21.50	54.63	57.38	68.15	31.25
M-4	18.75	55.63	58.70	61.83	22.50
Λ-1	21.81	57.70	62.01	64.18	29.00
Λ-2	19.70	53.40	56.60	61.18	25.25
Λ-3	20.81	53.93	62.23	65.76	27.25
Λ-4	21.00	55.96	54.15	61.11	25.00
Z-1	19.86	53.86	59.45	67.75	27.75
Z-2	20.38	55.86	59.88	66.31	28.50
Z-3	19.70	57.45	62.11	63.60	21.50
Z-4	21.06	54.01	64.23	69.36	27.50
K-1	18.76	56.40	62.43	70.18	28.50
K-2	21.05	54.75	60.48	62.23	27.75
K-3	20.68	56.40	60.75	68.61	26.75
K-4	21.77	58.25	63.80	63.71	26.25

Πίνακας Α2α. Ύψη των 8 φυτών ανά plot της πρώτης δειγματοληψίας, των οποίων οι μέσοι όροι διαμόρφωσαν την στήλη «Ύψος-1» του Πίνακα Α2. Μ=μάρτυρας, Λ=λίπασμα, Ζ=ζεόλιθος, Κ=κοπριά, και οι αύξοντες αριθμοί 1-4 είναι οι 4 επαναλήψεις ανά μεταχείριση.

	Φυτό #1	Φυτό #2	Φυτό #3	Φυτό #4	Φυτό #5	Φυτό #6	Φυτό #7	Φυτό #8
M-1	21.4	21.5	26.3	19.9	18.1	23.2	20.5	19.3
M-2	18.5	18.8	20.2	23.2	19.8	21.7	19.9	21.6
M-3	21.7	21.8	23.1	20.7	18.2	22.2	21.6	22.7
M-4	19.5	17.8	19.1	20.1	22.1	17.8	16.2	17.4
Λ-1	23	21.4	22.9	20.3	22.5	23.4	22.8	18.2
Λ-2	23.7	20.1	20.8	19.2	20.4	17.8	18.2	17.4
Λ-3	20.7	19.8	17.8	18.5	20.9	23.7	22.2	22.9
Λ-4	22.9	18.3	22.2	21.9	21.9	20.8	21.1	18.9
Z-1	26.2	19.8	21.3	17.5	19.9	18.5	18.2	17.5
Z-2	17.2	20.5	20.8	19.6	22.8	19.7	20.2	22.3
Z-3	21.7	22	19.3	18.6	21.2	14.2	18.9	21.7
Z-4	23.5	19.3	22.6	19.7	22.7	20.8	21.8	18.1
K-1	15.1	17.5	19.2	21.2	21.3	16.9	19.3	19.6
K-2	21.1	15.9	24.9	22.5	21.9	21.5	21.4	19.2
K-3	20.3	20.1	22.6	16.7	20	23.6	21.1	21.1
K-4	24.4	23.1	22.8	21.4	21.2	18.8	22.3	20.2

Πίνακας Α2β. Ύψη των 6 φυτών ανά plot της δεύτερης δειγματοληψίας και των 6 φυτών ανά plot της τρίτης δειγματοληψίας, των οποίων οι μέσοι όροι διαμόρφωσαν την στήλη «Ύψος-2» και «Ύψος-3» του Πίνακα Α2. Μ=μάρτυρας, Λ=λίπασμα, Ζ=ζεόλιθος, Κ=κοπριά, και οι αύξοντες αριθμοί 1-4 είναι οι 4 επαναλήψεις ανά μεταχείριση.

	«Ύψος-2» (όπως καταγράφεται στον Πίνακα Α2)						«Ύψος-3» (όπως καταγράφεται στον Πίνακα Α2)					
	Φυτό #1	Φυτό #2	Φυτό #3	Φυτό #4	Φυτό #5	Φυτό #6	Φυτό #1	Φυτό #2	Φυτό #3	Φυτό #4	Φυτό #5	Φυτό #6
M-1	56.6	72	53.5	59.8	53.2	56.9	54.4	60.2	54.6	55.3	59.7	60.7
M-2	57.7	62.3	48.7	54.4	59.4	57.6	49.3	53.1	50.8	53.8	58.4	61.2
M-3	54.5	55.3	58.2	51.3	57.1	51.4	57.8	61.3	66.7	57.7	47.4	53.4
M-4	59.3	52.3	56.2	53.4	58.4	54.2	64.4	55	56.2	58.1	63.4	55.1
Λ-1	64.5	63.5	54.4	62.6	56.7	44.5	73	63.7	65.6	58.1	55.3	56.4
Λ-2	53.2	53.3	54.4	48.7	52.3	58.5	60.7	52.3	58.7	51.3	55.4	61.2
Λ-3	52.6	55	51.4	54.8	50.7	59.1	66	56.7	67.2	59.2	61.2	63.1
Λ-4	61.2	53.3	56.3	57.4	53.4	54.2	56.4	51.3	50.2	55.4	57.4	54.2
Z-1	47.8	58.8	53.2	52.4	51.3	59.7	54.4	60.7	61.2	68.4	55.4	56.6
Z-2	53.4	55.7	56.7	58.4	57.6	53.4	55.4	61.3	63.2	59.8	61.3	58.3
Z-3	66.3	55.2	55.2	51.3	55.7	61	76.1	63.2	58.3	67.4	53.4	54.3
Z-4	59.8	61.3	54.3	49.7	51	48	64.1	74.3	62.1	61.2	58.4	65.3
Κ-1	45.5	61.2	55.5	62.5	62.4	51.3	61.3	57.2	70.9	61.3	67.3	56.6
Κ-2	53.4	60.5	50.8	56	53.4	54.4	56.6	60.1	64.3	60.4	60.2	61.3
Κ-3	62.8	53.5	54.3	56.2	57.4	54.2	66.9	63.3	56.4	61.2	62.4	54.3
Κ-4	57.2	60.2	57.4	54.3	64.1	56.3	64.2	64.1	68.3	65.1	61.3	59.8



Πίνακας Α2β. Ύψη των 6 φυτών ανά plot της τέταρτης δειγματοληψίας και των 4 φυτών ανά plot της πέμπτης δειγματοληψίας, των οποίων οι μέσοι όροι διαμόρφωσαν την στήλη «Ύψος-4» και «Ύψος-5» του Πίνακα Α2. Μ=μάρτυρας, Λ=λίπασμα, Ζ=ζεόλιθος, Κ=κοπριά, και οι αύξοντες αριθμοί 1-4 είναι οι 4 επαναλήψεις ανά μεταχείριση.

	«Ύψος-4» (όπως καταγράφεται στον Πίνακα Α2)						«Ύψος-5» (όπως καταγράφεται στον Πίνακα Α2).			
	Φυτό #1	Φυτό #2	Φυτό #3	Φυτό #4	Φυτό #5	Φυτό #6	Φυτό #1	Φυτό #2	Φυτό #3	Φυτό #4
M-1	54.4	60.2	54.6	55.3	59.7	60.7	25	25	25	27
M-2	49.3	53.1	50.8	53.8	58.4	61.2	30	25	23	24
M-3	57.8	61.3	66.7	57.7	47.4	53.4	34	35	26	30
M-4	64.4	55	56.2	58.1	63.4	55.1	21	21	25	23
Λ-1	73	63.7	65.6	58.1	55.3	56.4	34	21	28	33
Λ-2	60.7	52.3	58.7	51.3	55.4	61.2	27	20	31	23
Λ-3	66	56.7	67.2	59.2	61.2	63.1	30	26	28	25
Λ-4	56.4	51.3	50.2	55.4	57.4	54.2	27	25	27	21
Z-1	54.4	60.7	61.2	68.4	55.4	56.6	33	31	22	25
Z-2	55.4	61.3	63.2	59.8	61.3	58.3	25	32	27	30
Z-3	76.1	63.2	58.3	67.4	53.4	54.3	22	23	21	20
Z-4	64.1	74.3	62.1	61.2	58.4	65.3	23	26	28	33
Κ-1	61.3	57.2	70.9	61.3	67.3	56.6	27	26	34	27
Κ-2	56.6	60.1	64.3	60.4	60.2	61.3	28	27	31	25
Κ-3	66.9	63.3	56.4	61.2	62.4	54.3	27	30	24	26
Κ-4	64.2	64.1	68.3	65.1	61.3	59.8	29	25	27	24

Πίνακας Α3. Δεδομένα καρπού (σε 3 διαδοχικές συγκομιδές). Μ=μάρτυρας, Λ=λίπασμα, Ζ=ζεόλιθος, Κ=κοπριά, και οι αύξοντες αριθμοί 1-4 είναι οι 4 επαναλήψεις ανά μεταχείριση.

	Καρπός- #1	Καρπός- #2	Καρπός- #3	Καρπός συνολικός (ανά plot=8 φυτά)	Καρπός (23290 φυτά ha <sup>-1</sup> )	Υγρασία καρπού (συγκομιδής #3) %	Καρπός (ξηρό βάρος) kg ha <sup>-1</sup>	Relevant Yield Increase (RYI) καρπού %
	kg				kg ha <sup>-1</sup>			
M-1	2.50	15.48	13.96	31.95	93024	97.12	2670.2	-27
M-2	6.10	3.09	17.47	26.66	77641	97.09	2256.2	-166
M-3	5.31	7.03	21.25	33.60	97837	97.14	2789.0	12
M-4	4.92	11.19	20.93	37.05	107868	96.94	3291.0	180
Λ-1	5.75	12.99	21.29	40.03	116552	98.34	1923.6	-277
Λ-2	6.15	9.01	24.04	39.20	114148	97.65	2678.5	-24
Λ-3	5.94	12.64	30.5	49.08	142901	97.64	3371.5	207
Λ-4	7.44	7.83	23.71	38.98	113494	96.85	3566.6	272
Z-1	5.54	3.10	19.36	28.00	81523	96.69	2697.6	-18
Z-2	6.09	8.47	21.02	35.58	103602	97.07	3031.3	93
Z-3	6.35	7.60	26.34	40.30	117332	97.49	2938.6	62
Z-4	6.73	8.91	22.29	37.93	110438	96.79	3536.1	262
K-1	6.93	7.15	20.18	34.27	99774	97.42	2566.0	-62
K-2	3.78	8.40	21.26	33.45	97387	97.28	2644.7	-36
K-3	11.36	8.97	27.12	47.45	138155	97.42	3556.8	269
K-4	3.21	11.18	13.04	27.43	79866	96.50	2788.2	12

Πίνακας Α4. Δεδομένα βλαστού. Μ=μάρτυρας, Λ=λίπασμα, Ζ=ζεόλιθος, Κ=κοπριά, και οι αύξοντες αριθμοί 1-4 είναι οι 4 επαναλήψεις ανά μεταχείριση.

Treat	Βλαστός (ανά plot=4 φυτά) kg	Βλαστός (23290 φυτά ha <sup>-1</sup> ) kg ha <sup>-1</sup>	%Υγρασία βλαστού %	Βλαστός (ξηρό βάρος) kg ha <sup>-1</sup>	Relevant Yield Increase (RYI) βλαστού %
M-1	4.31	25,095	70.27	7459.7	-40
M-2	4.53	26,376	59.67	10636.0	73
M-3	4.23	24,629	69.04	7624.9	-34
M-4	4.15	24,163	64.33	8616.6	1
Λ-1	6.59	38,370	67.64	12414.0	136
Λ-2	4.87	28,356	63.14	10451.3	66
Λ-3	6.06	35,284	66.57	11795.3	114
Λ-4	4.79	27,890	60.73	10951.7	84
Z-1	5.13	29,869	57.62	12658.4	145
Z-2	6.58	38,312	61.63	14699.1	217
Z-3	4.21	24,513	65.51	8453.5	-5
Z-4	5.33	31,034	69.21	9553.2	34
K-1	5.03	29,287	54.07	13450.7	173
K-2	4.73	27,540	71.49	7850.7	-26
K-3	5.52	32,140	60.21	12786.5	149
K-4	3.73	21,718	55.01	9769.2	42

Πίνακας Α5. Δεδομένα χυμού καρπού (οξύτητα %, pH, και διαλυτά στερεά συστατικά) και χρώματος φλοιού καρπού (L, a και b). Μ=μάρτυρας, Λ=λίπασμα, Ζ=ζεόλιθος, Κ=κοπριά, και οι αύξοντες αριθμοί 1-4 είναι οι 4 επαναλήψεις ανά μεταχείριση.

	Οξύτητα χυμού %	pH χυμού	Διαλυτά στερεά συστατικά χυμού g L <sup>-1</sup>	L	a	b
M-1	0.1088	4.1	4.95	43	27.6	35.7
M-2	0.0704	4.55	5.65	41.5	27.9	35
M-3	0.1024	4.3	5.25	41.4	26.8	32.7
M-4	0.0832	4.23	5.05	43.7	25.3	37.3
Λ-1	0.1024	4.06	4.9	41.5	28.9	30.5
Λ-2	0.1088	4.25	4.85	44.4	25.9	32
Λ-3	0.1088	4.1	5.3	40.1	27	31.1
Λ-4	0.1216	4.17	5.3	42.2	26.8	36.1
Z-1	0.1344	3.95	5	42.5	28.6	38.1
Z-2	0.0768	4.38	5.25	41.5	29.4	32.8
Z-3	0.1024	4.09	5.65	38	28.8	32
Z-4	0.0896	3.47	5.2	41.3	25.2	33.8
K-1	0.1152	4.07	5.65	40.3	28.6	35
K-2	0.1152	4.27	4.55	40.8	27	33.8
K-3	0.0768	4.5	5.6	41.1	27.6	29.8
K-4	0.0896	4.11	5.3	43.4	27	33

Πίνακας Α6. Χημική σύσταση φυτού (φύλλων ενδιάμεσης δειγματοληψίας, βλαστού τελικής δειγματοληψίας και καρπών τελικής δειγματοληψίας τελικής δειγματοληψίας). Μονάδες σε mg kg<sup>-1</sup>. Μ=μάρτυρας, Λ=λίπασμα, Ζ=ζεόλιθος, Κ=κοπριά, και οι αύξοντες αριθμοί 1-4 είναι οι 4 επαναλήψεις ανά μεταχείριση.

	Κ			Mg			Ca			Zn		
	Φύλλα	Βλαστός	Καρπός	Φύλλα	Βλαστός	Καρπός	Φύλλα	Βλαστός	Καρπός	Φύλλα	Βλαστός	Καρπός
M-1	27343	26989	45385	4317	5737	1132	34960	58332	803	64.16	32.60	33.23
M-2	26865	18313	49602	4897	6142	1689	30881	65310	5163	28.38	41.30	45.55
M-3	30652	21459	42013	4749	5825	980	33214	61284	398	20.07	49.79	33.05
M-4	24097	13251	60294	4911	6382	1431	33214	63670	2123	16.24	24.53	59.59
Λ-1	25101	15145	46269	3833	6665	1168	27694	71270	770	48.82	67.71	16.94
Λ-2	32319	7516	43762	6038	7925	1055	37351	74031		31.62	69.48	33.99
Λ-3	29310	17608	45786	4747	6654	1436	29265	66823	1893	21.54	43.39	42.29
Λ-4	30459	16770	37074	6159	6078	2183	37750	68798	12146	21.11	25.98	28.67
Z-1	29942	17458	44860	4966	7155	967	38675	67208	70	44.67	48.48	38.37
Z-2	34032	15260	53981	4499	6500	1525	27485	57492	770	30.07	76.37	26.33
Z-3	40967	8125	44726	6046	6514	1379	39652	63003	1468	33.02	32.64	29.81
Z-4	30996	18698	51860	4910	5413	5041	34615	57286	15423	25.47	42.34	28.77
K-1	32254	19879	64665	5984	6061	1622	34621	59673	76	25.65	23.44	25.25
K-2	23460	22868	50087	8300	7547	1098	47132	71553	413	21.89	44.24	42.87
K-3	23057	10008	40130	4783	8212	961	33931	76215	786	24.79	70.49	40.01
K-4	37465	28314	71493	4205	4829	2787	26398	54222	5163	22.54	51.72	38.30

Πίνακας Α7. Χημική σύσταση φυτού (φύλλων ενδιάμεσης δειγματοληψίας, βλαστού τελικής δειγματοληψίας και καρπών τελικής δειγματοληψίας). Μονάδες για τον Fe, το Mn και τον P σε mg kg<sup>-1</sup>. Μονάδες για το N σε ποσοστό %. Μ=μάρτυρας, Λ=λίπασμα, Ζ=ζεόλιθος, Κ=κοπριά, και οι αύξοντες αριθμοί 1-4 είναι οι 4 επαναλήψεις ανά μεταχείριση.

	Fe			Mn			P			N		
	Φύλλα	Βλαστός	Καρπός	Φύλλα	Βλαστός	Καρπός	Φύλλα	Βλαστός	Καρπός	Φύλλα	Βλαστός	Καρπός
M-1	79.91	133.74		29.61	63.90	1.46	2794	1870	5856	3.93	2.47	2.12
M-2	152.11	193.80	148.94	37.05	56.63	9.03	2964	2544	3152	3.55	2.38	2.21
M-3	82.93	269.99		39.19	72.63	2.69	2509	3248	4656		2.14	2.04
M-4	45.97	495.41	45.07	50.82	98.36	5.65	3639	3492	4129			
Λ-1	129.69	296.75	9.02	37.80	72.62	5.76	3275	4309	3331	4.25	2.33	2.46
Λ-2	67.72	309.29	55.21	41.27	81.35	7.21	2552	8121	4051	3.74	1.71	1.95
Λ-3	37.48	310.72	9.39	37.02	71.23	4.48	4820	10834	3442			
Λ-4	64.45	507.93		46.46	100.24	4.14	2688	3010	2995	3.74	1.76	1.85
Z-1	98.05	261.28	44.20	33.96	71.26	9.73	2697	4329	3149	4.05	2.50	2.43
Z-2	292.03	288.49	18.25	57.79	81.71	7.21	3082	1920	2889	4.00	2.88	2.43
Z-3	101.95	393.81	41.35	47.47	62.65	7.21	2037	4384	4517			
Z-4	72.25	313.91	18.25	39.85	79.89	2.85	2622	2220	7152	3.46	2.24	2.50
K-1	124.16	129.69	115.26	40.48	58.99	9.03	4295	2786	21277	4.14	2.53	3.00
K-2	169.76	126.59	54.13	52.06	62.65	4.22	6660	3874	2135	3.21	2.73	2.30
K-3	108.48	328.49	94.05	39.85	64.24	2.91	2671	12106	10911	3.54	1.55	1.59
K-4	82.59	201.87	62.32	36.97	68.08	7.51	2012	3353	3798			

Πίνακας Α8. Απορρόφηση αζώτου (ως kg N ha<sup>-1</sup>), φωσφόρου (ως kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>) και καλίου (ως kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>) από επιμέρους τμήματα του φυτού (καρπό και βλαστό) και από το σύνολο της υπέργειας βιομάζας. Μ=μάρτυρας, Λ=λίπασμα, Ζ=ζεόλιθος, Κ=κοπριά, και οι αύξοντες αριθμοί 1-4 είναι οι 4 επαναλήψεις ανά μεταχείριση.

	N			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			K <sub>2</sub> O		
	Καρπός	Βλαστός	Σύνολο	Καρπός	Βλαστός	Σύνολο	Καρπός	Βλαστός	Σύνολο
M-1	56.5	184.4	240.9	35.8	32.0	67.8	146.0		146.0
M-2	49.9	253.0	302.9	16.3	62.0	78.3	134.9	234.7	369.6
M-3	57.0	163.3	220.3	29.7	56.7	86.5	141.2	197.2	338.4
M-4				31.1	68.9	100.0	239.1	137.6	376.7
Λ-1	47.4	289.6	337.0	14.7	122.5	137.2	107.3	226.6	333.8
Λ-2	52.3	178.6	230.9	24.9	194.4	219.2	141.3	94.7	235.9
Λ-3				26.6	292.7	319.2	186.0	250.3	436.3
Λ-4	66.1	192.4	258.6	24.5	75.5	100.0	159.4	221.3	380.7
Z-1	65.6	316.9	382.5	19.5	125.5	145.0	145.8	266.3	412.2
Z-2	73.5	423.1	496.6	20.1		20.1	197.2	270.3	467.5
Z-3				30.4	84.9	115.3	158.4	82.8	241.2
Z-4	88.4	214.3	302.7	57.9	48.6	106.5	221.0	215.3	436.3
K-1	77.0	339.7	416.7		85.8	85.8	200.0	322.2	522.2
K-2	60.9	214.6	275.5	12.9	69.7	82.6	159.6	216.4	376.0
K-3	56.6	197.6	254.2	88.9	354.5	443.4	172.0	154.2	326.2
K-4				24.3	75.0	99.3	240.2		240.2

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

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

	EC mS cm <sup>-1</sup>	Olsen-P mg kg <sup>-1</sup>	Exch. K cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	Exch. Ca cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	Exch. Mg cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	Zn-DTPA mg kg <sup>-1</sup>	Fe-DTPA mg kg <sup>-1</sup>	Mn-DTPA mg kg <sup>-1</sup>	OC %
Μάρτυρας	1.412 a	29.39 a	1.445 b	20.64 a	12.12 a	1.81 a	6.07 ab	39.06	1.27 ab
Λίπασμα	2.399 ab	32.88 a	1.329 ab	22.90 ab	12.95 ab	1.78 a	5.62 ab	48.34	1.18 a
Ζεόλιθος	2.320 ab	30.33 a	1.327 a	23.70 ab	14.42 ab	1.70 a	5.47 a	42.43	1.29 ab
Κοπριά	2.607 b	70.03 b	1.936 b	24.73 b	14.99 b	2.28 b	6.14 b	49.23	1.82 b
LSD <sub>0.05</sub>	535	6.97	153	213	142	0.109	0.219	3.44	0.19
<i>p</i> -value	0.115	0.003	0.101	0.069	0.158	0.011	0.124	0.169	0.114
<i>F</i> -ratio	2.43	7.92	2.60	3.07	2.06	5.85	2.34	1.99	2.45

Πίνακας Β2. Μέσοι όροι και στατιστικές παράμετροι δεδομένων ύψους σε 5 δειγματοληψίες (σε cm) και βάρους καρπού σε 3 συγκομιδές (σε kg ανά 8 φυτά στο plot). Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

	Ύψος-1	Ύψος-2	Ύψος-3	Ύψος-4	Ύψος-5	Καρπός-1	Καρπός-2	Καρπός-3
Μάρτυρας	20.5	56.4	57.0 a	63.6	26.2	4.71	9.20	18.40 a
Λίπασμα	20.8	55.3	58.8 ab	63.1	26.6	6.32	10.62	24.89 b
Ζεόλιθος	20.3	55.3	61.4 b	66.8	26.3	6.18	7.02	22.25 ab
Κοπριά	20.6	56.5	61.9 b	66.2	27.3	6.32	8.93	20.40 ab
LSD <sub>0.05</sub>	0.52	0.85	1.29	1.54	1.33	1.04	1.67	2.08
<i>p</i> -value	0.889	0.626	0.064	0.278	0.932	0.644	0.529	0.209
<i>F</i> -ratio	0.21	0.60	3.15	1.45	0.14	0.57	0.78	1.75



Πίνακας Β3. Μέσοι όροι και στατιστικές παράμετροι των χημικών αναλύσεων του φυτού σε K, Mg, Ca και Zn.

	K (%)			Mg (%)			Ca (%)			Zn (mg kg <sup>-1</sup> )		
	Φύλλα	Βλαστός	Καρπός	Φύλλα	Βλαστός	Καρπός	Φύλλα	Βλαστός	Καρπός	Φύλλα	Βλαστός	Καρπός
Μάρτυρας	2.724	2.000	4.932	0.472	0.602	0.131	3.307	6.215	0.212	32.21	37.05	42.86
Λίπασμα	2.668	1.704	4.954	0.460	0.625	0.132	3.125	6.538	0.211	30.77	51.64	30.47
Ζεόλιθος	2.804	1.434	4.808	0.488	0.670	0.116	3.287	6.756	0.110	33.31	49.96	30.82
Κοπριά	2.771	1.338	4.903	0.488	0.691	0.127	3.188	6.895	0.160	23.72	47.47	36.61
LSD <sub>0.05</sub>	0.238	0.291	0.435	0.0103	0.046	0.053	0.290	0.302	0.246	6.67	8.95	4.74
<i>p</i> -value	0.275	0.343	0.245	0.426	0.648	0.695	0.889	0.199	0.837	0.745	0.667	0.261
<i>F</i> -ratio	1.46	1.23	1.58	1.00	0.57	0.56	0.21	1.81	0.28	0.42	0.53	1.51

Πίνακας Β4. Μέσοι όροι και στατιστικές παράμετροι των χημικών αναλύσεων του φυτού σε Fe, Mn, P και N. Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )			Mn (mg kg <sup>-1</sup> )			P (%)			N (%)		
	Φύλλα	Βλαστός	Καρπός	Φύλλα	Βλαστός	Καρπός	Φύλλα	Βλαστός	Καρπός	Φύλλα	Βλαστός	Καρπός
Μάρτυρας	90.23	27.32	97.01 b	39.17	72.88	4.70	0.298	0.279	0.445	3.74	2.33	2.12
Λίπασμα	74.84	31.40	24.54 a	40.64	81.36	5.40	0.310	0.340	0.382	3.91	1.93	2.09
Ζεόλιθος	141.07	34.29	30.52 a	44.77	73.88	6.75	0.299	0.479	0.404	3.84	2.54	2.45
Κοπριά	121.25	35.30	81.44 ab	42.34	63.49	5.92	0.357	0.669	0.374	3.63	2.27	2.30
LSD <sub>0.05</sub>	30.77	54.49	16.52	3.92	6.12	1.35	0.060	0.146	0.225	0.25	0.23	0.22
<i>p</i> -value	0.450	0.251	0.062	0.771	0.282	0.753	0.493	0.256	0.266	0.801	0.380	0.660
<i>F</i> -ratio	0.92	1.56	3.51	0.38	1.43	0.40	0.85	1.53	1.49	0.33	1.17	0.55

Πίνακας Β5. Μέσοι όροι και στατιστικές παράμετροι του pH και του NO<sub>3</sub>-N (σε mg kg<sup>-1</sup>) σε 2 διαφορετικές χρονικές στιγμές. Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

	pH	NO <sub>3</sub> -N
Μάρτυρας-1	7.96 b	9.13 a
Λίπασμα-1	7.80 b	26.09 c
Ζεόλιθος-1	7.85 b	23.11 bc
Κοπριά-1	7.90 b	10.51 a
Μάρτυρας-2	7.82 b	7.10 a
Λίπασμα-2	7.59 a	13.15 ab
Ζεόλιθος-2	7.58 a	10.82 a
Κοπριά-2	7.81 b	9.12 a
LSD <sub>0.05</sub>	0.065	3.63
<i>p</i> -value	0.002	0.007
<i>F</i> -ratio	4.43	3.72

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΓΡΟ



Εικόνα Γ1:Αγρόκτημα



Εικόνα Γ2:Αγρόκτημα



Εικόνα Γ3: Τελική συγκομιδή καρπών