

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Σχολή Γεωπονικών
Επιστημών

Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής
Παραγωγής & Αγροτικού
Περιβάλλοντος

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ
ΣΠΟΥΔΩΝ

Αειφόρος Αγροτική
Παραγωγή και Διαχείριση
Περιβάλλοντος

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ Γεωργικών
Κατασκευών και Ελέγχου
Περιβάλλοντος

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ
ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

Επίδραση της εφαρμογής
βιοδιεργετικών οργανισμών
στη ρίζα πεπονιού
καλλιέργομένου σε
υδροπονικό σύστημα

ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΜΠΕΗΣ

ΒΟΛΟΣ 2017

**Επίδραση της εφαρμογής βιοδιεργετικών οργανισμών στη ρίζα πεπτονιού
καλλιεργούμενου σε υδροπονικό σύστημα**

Βασίλειος Μπέης

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή:

- 1. Καθηγητής Κωνσταντίνος Κίπτας (Γεωργικές Κατασκευές)
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας**
- 2. Αναπληρωτής Καθηγητής Νικόλαος Κατσούλας (Γεωργικές Κατασκευές
με έμφαση στα θερμοκήπια)
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας**
- 3. Καθηγητής Δημήτριος Σάββας (Κηπευτικών Καλλιεργειών)
Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών**

Copyright © Βασίλειος Μπέης, 2017

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved

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

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

Πρόλογος

Από τις αρχές της δεκαετίας του 90' η ανάγκη για παραγωγή ασφαλών και ποιοτικών προϊόντων υιοθετήθηκε από τις κυβερνήσεις, τους παραγωγούς, τους διανομείς και τους καταναλωτές στην Ευρώπη και στον υπόλοιπο κόσμο. Παράλληλα με το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής και τη μείωση των φυσικών πόρων τις τελευταίες δεκαετίες η ακαδημαϊκή κοινότητα, η βιομηχανία και τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης συνεργάστηκαν για αξιοποίηση της τεχνολογίας και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με στόχο την αειφόρο παραγωγή αγροτικών προϊόντων και την προστασία του περιβάλλοντος.

Στην ενεργοβόρο αγροτική βιομηχανία ένας από τους σημαντικότερους φυσικούς πόρους, το νερό, σπαταλήθηκε και αξιοποιήθηκε με λάθος τρόπο τα προηγούμενα χρόνια. Ωστόσο υπήρξαν προσπάθειες από μερίδα καινοτόμων ερευνητών για αειφορική αξιοποίηση του νερού, του αέρα, της ηλιακής ακτινοβολίας και άλλων πόρων που σε συνδυασμό με την εξέλιξη της γενετικής και της βιοτεχνολογίας συντέλεσαν στην βελτιστοποίηση του παραγόμενου προϊόντος ως προς την ποιότητα, την ασφάλεια και την οικονομική του αξία.

Στο κλίμα της Μεσογείου οι θερμοκηπιακές καλλιέργειες αποτέλεσαν από τα πρώτα χρόνια του διαφωτισμού καινοτομική διεύρυνση της τροφικής αλυσίδας. Ο τομέας της υδροπονίας αποτέλεσε υβρίδιο της γεωργικής εκβιομηχάνισης και της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης. Οι εμβολιασμοί των φρούτων και λαχανικών αποτέλεσαν υβρίδιο αξιοποίησης της γνώσης της φυσιολογίας της φύσης και της ανθρώπινης ικανοποίησης για γευστικούς καρπούς. Επιπλέον οι αυτοματισμοί και τα μοντέλα ελέγχου του περιβάλλοντος θερμοκηπίου αποτέλεσαν με τη σειρά τους απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχία της ολοκληρωμένης διαχείρισης αγροτικών εκμεταλλεύσεων και εφαρμογής της αποκαλούμενης γεωργίας ακριβείας.

Το πεπόνι (*Cucumis melo* L.) αποτελεί μία από τις σημαντικότερες καλλιέργειες σε πολλά μέρη του κόσμου λόγω της ευρείας προσαρμοστικότητάς του σε εδάφη και κλίματα. Στη Μεσόγειο αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα καλοκαιρινά φρούτα υψηλής διατροφικής αξίας και ζήτησης.

Η υπόθεση της παρούσας έρευνας είναι ότι η εφαρμογή των *Bacillus amyloliquefaciens* και *Trichoderma harzianum* σε εμβολιασμένα φυτά πεπονιού (*Cucumis melo* L. 'Galia') καλλιεργούμενα με υδροπονικό σύστημα ανοιχτού τύπου σε περιβάλλον θερμοκηπίου, επηρεάζουν την απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων από τη ρίζα.

Περίληψη

Ο σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να καθοριστεί αν η εφαρμογή βιοδιεργετών (*Bacillus amyloliquefaciens* και *Trichoderma harzianum* T-22) στη ρίζα εμβολιασμένων (Αυτοεμβολιασμένα, Ferro, Sphinx) φυτών πεππονιού (*Cucumis melo* L. var. inodorus 'Galia') επηρεάζουν τη συνολική παραγωγή μέσω απορρόφησης θρεπτικών στοιχείων. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε από το Μάρτιο μέχρι τον Ιούνιο του 2015 σε θερμοκήπιο του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών (ΓΠΑ) με υδροπονικό σύστημα. Μετρήθηκαν η απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων (Na, K, Ca, Mg, Mn, Zn, Fe) από τη ρίζα, τα χαρακτηριστικά των καρπών (συνεκτικότητα, χρώμα, διάμετρος, pH, οξύτητα, ολικά διαλυτά στερεά), τα νωπά και ξηρά βάρη καρπών, φύλλων, ρίζας, οι συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων στα φύλλα και τους καρπούς και η συνολική παραγωγή. Τα φυτά καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα περλίτη και χρησιμοποιήθηκε σύστημα υδρολίπανσης με δύο τύπους διαλύματος (έναρξης και τροφοδοσίας στο βλαστικό στάδιο) με τιμές pH 5,60 και ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) 2,45 dsm^{-1} και 2,26 dsm^{-1} αντίστοιχα. Η μέση θερμοκρασία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου για τους μήνες Μάρτιο-Ιούνιο ήτανε 22,84°C, 25,74°C, 29,32°C, 31,36°C αντίστοιχα. Από τα αποτελέσματα δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές για τη συνολική παραγωγή καρπών. Ο συνδυασμός *T.harzianum* και 'Sphinx' έδωσε το μεγαλύτερο αριθμό 2,5a καρπών/φυτό και ολικών διαλυτών στερεών 9,85a ($^{\circ}\text{Brix}$) στο χυμό. Τα 'αυτοεμβολιασμένα' φυτά έδωσαν κατά 12,16% μεγαλύτερα μέσα βάρη καρπών (g) από τα 'Ferro' και κατά 10,87% από τα 'Sphinx'. Αντίθετα το 'Ferro' αύξησε το νωπό βάρος του ριζικού συστήματος σε σχέση με το 'Sphinx' και το αυτοεμβολιασμένο κατά 23,94% και 22,15% αντίστοιχα. Το 'Ferro' και το *T. harzianum* μείωσαν σημαντικά την οξύτητα στον καρπό σε σχέση με τους άλλους δύο γονότυπους και μικροοργανισμούς αντίστοιχα. Το 'Ferro' μείωσε στατιστικώς σημαντικά τη συγκέντρωση Na στα φύλλα και τους καρπούς σε σχέση με τους άλλους δύο γονότυπους ενώ αντίθετα αύξησε σημαντικά τη συγκέντρωσή του στις ρίζες. Επίσης το 'Ferro' με την εφαρμογή *T.harzianum* έδωσε τη μεγαλύτερη στατιστικώς συγκέντρωση K 84,67a (mg/g ξ.ο.) στους καρπούς σε σχέση με όλους τους άλλους συνδυασμούς. Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι η υπόθεση της επίδρασης των *B. amyloliquefaciens* και *T. harzianum* στην απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων από τη ρίζα εμβολιασμένων φυτών πεππονιού τύπου 'Galia' ισχύει.

Summary

The aim of this research was to determine the effect of biostimulants (*Bacillus amyloliquefaciens* and *Trichoderma harzianum* T-22) application on nutrient absorption by roots of grafted (Self-grafted, Ferro, Sphinx) hydroponically grown melons (*Cucumis melo* L. var. inodorus 'Galia') and their total effect on yield. The experiment was conducted under glasshouse environment in Agricultural University of Athens from March to June 2015. Nutrients (Na, K, Ca, Mg, Zn, Mn, Fe) absorption by roots, fruit characteristics (firmness, colour, diameter, pH, acidity, total soluble solids), fresh and dry weights of fruits, leaves and roots, nutrients concentration in leaves and fruits and total yield were measured. Soilless culture system of perlite was used as substrate mean and fertigation system with two different types of nutrient solution was applied to the crop. The pH value was 5,60 and the electric conductivity values were 2,45 dsm^{-1} and 2,26 dsm^{-1} for start-up solution and growth-development solution respectively. The mean temperatures inside the glasshouse from March to June were 22,84°C, 25,74°C, 29,32°C, 31,36°C respectively. The results showed not statistical differences for the total yield of melon crop. The combination of *T. harzianum* and 'Sphinx' gave the greater number of fruits/plant 2,5a and total soluble solids ($^{\circ}$ Brix) 9,85a. Self-grafted melons mean fruits weight were 12,16% and 10,87% greater comparing to 'Ferro' and 'Sphinx' respectively. Root fresh weight was greater by 23,94% and 22,15% for 'Ferro' comparing to 'Sphinx' and 'Self-grafted' respectively. Fruit acidity was significantly lower with application of *T. harzianum* on 'Ferro' plants comparing to other grafting and biostimulant combinations. Na concentration on leaves and fruits was significantly lower on 'Ferro' plants comparing to the other two grafting. On the other hand, the use of 'Ferro' reduced significantly the Na absorption by roots. *T. harzianum* application on 'Ferro' plants recorded the significantly higher K concentration 84,67a (mg/g d.w.) in melon fruits compared to any other combination. From results derives that the hypothesis of biostimulant effect on nutrient absorption by roots of hydroponically grown grafted 'Galia' type melons is valid.

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

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

Πίνακας Περιεχομένων		Σελίδες
1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1-15
1.1	Η εξάπλωση και η σημασία του πεπτονιού (<i>Cucumis melo</i> L.)	1-4
1.2	Η αγορά πεπτονιού και οι τάσεις εμπορίου	5-7
1.3	Οι εμβολιασμοί του πεπτονιού	7-8
1.4	Η σημασία των μικροοργανισμών <i>Bacillus amiloliquefaciens</i> και <i>Trichoderma harzianun</i> T-22	8-10
1.5	Έλεγχος του περιβάλλοντος της ρίζας και του υποστρώματος	10-11
1.6	Προγραμματισμός και έλεγχος άρδευσης και λίπανσης σε υδροπονικές καλλιέργειες	12-13
1.7	Καινοτομίες στον έλεγχο περιβάλλοντος θερμοκηπίου σε υδροπονικές καλλιέργειες	14-15
2	ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	16-37
2.1	Το θερμοκήπιο και η καλλιέργεια πεπτονιού	16-22
2.2	Άρδευση – Λίπανση	23-30
2.3	Αναλυτική Μεθοδολογία	30-35
2.4	Στατιστική Ανάλυση	35
2.5	Περιβάλλον Θερμοκηπίου – Κλιματικά Δεδομένα	35-37
3	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	38-71
3.1	Ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών	41-49
3.1.1	Εξωτερικά χαρακτηριστικά καρπών	41-43
3.1.2	Εσωτερικά χαρακτηριστικά καρπών	44-49
3.2	Νωπά και ξηρά βάρη	49-53
3.3	Θρεπτικά στοιχεία στα φύλλα, τους καρπούς και τις ρίζες	54-69
3.3.1	Θρεπτικά στοιχεία στα φύλλα	54-61
3.3.2	Θρεπτικά στοιχεία στις ρίζες	62-66
3.3.3	Θρεπτικά στοιχεία στους καρπούς	66-69
3.4	Ενεργειακές ανάγκες του θερμοκηπίου	70-71
3.4.1	Θέρμανση θερμοκηπίου	70
3.4.2	Αερισμός θερμοκηπίου	70-71
4	ΣΥΖΗΤΗΣΗ	72-78
4.1	Μικροοργανισμοί	72-74
4.2	Γονότυπος ρίζας	74-78
5	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	79-93

Κατάλογος Πινάκων

	Σελίδες
1.1 % ημερήσιας προσλαμβανόμενης ποσότητας αναφοράς (RDA) ανά 236 g νωπού βάρους	1
1.2 Εκτάσεις καλλιέργειας και παραγωγής πεπониού στη Ελλάδα	2
1.3 Οι 10 σημαντικότερες χώρες καλλιέργειας πεπониού στον κόσμο	3
1.4 Οι 12 σημαντικότερες χώρες παραγωγής πεπониού στην Ευρώπη	4
1.5 Οι σημαντικότερες χώρες παραγωγής πεπониού στη Μέση Ανατολή	4
1.6 Οι σημαντικότερες χώρες παραγωγής πεπониού στη βόρεια Αφρική	4
1.7 Οι εισαγωγές-εξαγωγές της Ελλάδας σε ποσότητα και αξία για το 2015	6
2.1 Λίστα υλικών αυτόματου αρδευτικού συστήματος υδροπονίας	18
2.2 Χρονολόγιο εργασιών της υδροπονικής καλλιέργειας πεπониού	21
2.3 Ημερολόγιο εργασιών φυτοπροστασίας	22
2.4 Διάλυμα έναρξης υδροπονικής καλλιέργειας πεπониού	24-25
2.5 Διάλυμα τροφοδοσίας στο βλαστικό στάδιο υδροπονικής καλλιέργειας πεπониού	26-27
2.6 Στοιχεία άρδευσης-λίπανσης (Μάρτιος 2015)	28
2.7 Στοιχεία άρδευσης-λίπανσης (Απρίλιος 2015 – αυτόματο πότισμα 1' σε τρεις δόσεις 09:30, 13:00 και 19:00)	28
2.8 Στοιχεία άρδευσης-λίπανσης (Μάιος 2015 – αυτόματο πότισμα 1' σε έξι δόσεις 09:00, 11:00, 13:00, 15:00, 17:00 και 19:00)	29
2.9 Στοιχεία άρδευσης-λίπανσης (Ιούνιος 2015 – αυτόματο πότισμα 1' σε έξι δόσεις 08:00, 11:00, 13:00, 15:00, 17:00 και 19:00)	30
2.10 Κλιματικά δεδομένα του εσωτερικού χώρου του θερμοκηπίου	36
2.11 Κλιματικά δεδομένα του εξωτερικού χώρου του θερμοκηπίου	36
3.1 Συνολική παραγωγή φυτών πεπониού	38
3.2 Εξωτερικά χαρακτηριστικά καρπών πεπониού	42
3.3 Εσωτερικά χαρακτηριστικά καρπών πεπониού	45
3.4 Εσωτερικά χαρακτηριστικά καρπών πεπониού	49
3.5 Νωπά και ξηρά βάρη καρπών και νωπά βάρη ριζικού συστήματος	50
3.6 Νωπά και ξηρά βάρη φύλλων	51
3.7 Μακροστοιχεία στα φύλλα 36 ημέρες από τη φύτευση	54
3.8 Ιχνοστοιχεία στα φύλλα 36 ημέρες από τη φύτευση	56

3.9	Μακροστοιχεία στα φύλλα 87 ημέρες από τη φύτευση	58
3.10	Ιχνοστοιχεία στα φύλλα 87 ημέρες από τη φύτευση	61
3.11	Μακροστοιχεία στις ρίζες	62
3.12	Ιχνοστοιχεία στις ρίζες	65
3.13	Μακροστοιχεία στους καρπούς	67
3.14	Ιχνοστοιχεία στους καρπούς	69
3.15	Διαφορές θερμοκρασίας ΔT (εσωτερική θερμοκρασία θερμοκηπίου T_i – εξωτερική θερμοκρασία αέρα T_o) σε $^{\circ}C$ για τη διάρκεια του πειράματος	71

Κατάλογος Εικόνων – Γραφημάτων Στήλης

	Σελίδες	
1.1	Το μερίδιο % παραγωγής πεπτονίου ανά ήπειρο για το μέσο όρο των ετών 2010-2014	3
1.2	Μερίδιο ανά χώρα του όγκου εξαγωγών νωπού πεπτονίου προς αγορές εντός και εκτός ΕΕ για το έτος 2015	6
2.1	Θερμοκήπιο πειράματος στο ΓΠΑ	16
2.2	Δυτική πλαϊνή πλευρά αερισμού θερμοκηπίου ΓΠΑ	17
2.3	Δεξαμενή, αντλία νερού, σωληνώσεις πολυαιθυλενίου, σταλάκτες	18
2.4	Υπόστρωμα περλίτη	19
2.5	Φύτευση φυτών πεπτονίου στο θερμοκήπιο	20
2.6	Υλικό σκίασης γυάλινου θερμοκηπίου	20
2.7	Κυψέλη μελισσών στη ΝΔ πλευρά του θερμοκηπίου	22
2.8	Ωριμος καρπός πεπτονίου έτοιμος για συγκομιδή	31
2.9	Κάτοψη σχεδίου φύτευσης πεπτονίου σε ανοιχτό υδροπονικό σύστημα	37
3.1	Συνολική παραγωγή καρπών (Kg/φυτό)	39
3.2	Μέσο βάρος καρπού σε γραμμάρια (g)	39
3.3	Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονότυπου ρίζας (Γ) στο μέσο βάρος (g) του νωπού καρπού	40
3.4	Στατιστικά σημαντική διαφορά της αλληλεπίδρασης του γονότυπου ρίζας (Γ) και των μικροοργανισμών (Μ) στον αριθμό καρπών ανά φυτό	40
3.5	Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης των μικροοργανισμών	41

	(M) στον αριθμό καρπών ανά φυτό	
3.6	Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονοτύπου ρίζας (Γ) στη συνεκτικότητα του καρπού πεπονιού	42
3.7	Στατιστικά σημαντική διαφορά της αλληλεπίδρασης του γονοτύπου της ρίζας (Γ) και των μικροοργανισμών (M) στο χρώμα του καρπού πεπονιού	43
3.8	Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονοτύπου της ρίζας (Γ) στο χρώμα του καρπού πεπονιού	43
3.9	Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονοτύπου ρίζας (Γ) στο pH του χυμού πεπονιού	45
3.10	Στατιστικά σημαντική διαφορά της αλληλεπίδρασης των μικροοργανισμών (M) και του γονοτύπου ρίζας (Γ) στα ολικά διαλυτά στερεά του χυμού πεπονιού	46
3.11	Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονοτύπου ρίζας (Γ) στην οξύτητα του καρπού πεπονιού	46
3.12	Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης των μικροοργανισμών (M) στην οξύτητα του καρπού πεπονιού	47
3.13	Στατιστικά σημαντική διαφορά της αλληλεπίδρασης των μικροοργανισμών (M) και του γονοτύπου ρίζας (Γ) στη συνεκτικότητα της σάρκας πεπονιού	47
3.14	Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονοτύπου ρίζας (Γ) στη συνεκτικότητα της σάρκας πεπονιού	48
3.15	Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης των μικροοργανισμών (M) στη συνεκτικότητα του καρπού του πεπονιού	48
3.16	Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονοτύπου ρίζας (Γ) στο νωπό βάρος (g) φύλλων	51
3.17	Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονοτύπου ρίζας (Γ) στο ξηρό βάρος (g) φύλλων	52
3.18	Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης των μικροοργανισμών (M) στη ξηρά ουσία (%) των φύλλων	52
3.19	Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονοτύπου ρίζας (Γ) στο νωπό βάρος του ριζικού συστήματος του πεπονιού	53
3.20	Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης των μικροοργανισμών (M) στο νωπό βάρος του ριζικού συστήματος του πεπονιού	53

3.21	Συγκεντρώσεις Na (mg/g ξ.ο.) στα φύλλα (36 ημέρες από τη φύτευση) σε σχέση με τους μικροοργανισμούς (M) και το γονότυπο ρίζας (Γ)	55
3.22	Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονότυπου ρίζας (Γ) στη συγκέντρωση Na (mg/g ξ.ο.) στα φύλλα 36 ημέρες από τη φύτευση	55
3.23	Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονότυπου ρίζας (Γ) στη συγκέντρωση Zn (mg/Kg ξ.ο.) στα φύλλα 36 ημέρες από τη φύτευση	56
3.24	Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονότυπου ρίζας (Γ) στη συγκέντρωση Fe (mg/Kg ξ.ο.) στα φύλλα 36 ημέρες από τη φύτευση	57
3.25	Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονότυπου ρίζας (Γ) στη συγκέντρωση Na (mg/g ξ.ο.) στα φύλλα 87 ημέρες από τη φύτευση	58
3.26	Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονότυπου ρίζας (Γ) στη συγκέντρωση K (mg/g ξ.ο.) στα φύλλα 87 ημέρες από τη φύτευση	59
3.27	Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονότυπου ρίζας (Γ) στη συγκέντρωση Mg (mg/g ξ.ο.) στα φύλλα 87 ημέρες από τη φύτευση	59
3.28	Στατιστικά σημαντική διαφορά της αλληλεπίδρασης των μικροοργανισμών (M) και του γονότυπου ρίζας (Γ) στη συγκέντρωση Mg (mg/g ξ.ο.) στα φύλλα 87 ημέρες από τη φύτευση	60
3.29	Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονότυπου ρίζας (Γ) στη συγκέντρωση Zn (mg/Kg ξ.ο.) στα φύλλα 87 ημέρες από τη φύτευση	60
3.30	Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονότυπου ρίζας (γ) στη συγκέντρωση Na (mg/g ξ.ο.) στις ρίζες	63
3.31	Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης των μικροοργανισμών (M) στη συγκέντρωση Na (mg/g ξ.ο.) στις ρίζες	63
3.32	Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης των μικροοργανισμών στη συγκέντρωση Ca (mg/g ξ.ο.) στις ρίζες	64
3.33	Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονότυπου ρίζας	64

	(Γ) στη συγκέντρωση Mg (mg/g ξ.ο.) στις ρίζες	
3.34	Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης των μικροοργανισμών (M) στη συγκέντρωση Mg (mg/g ξ.ο.) στις ρίζες	65
3.35	Στατιστικά σημαντική διαφορά της αλληλεπίδρασης των μικροοργανισμών (M) και του γονότυπου ρίζας (Γ) στη συγκέντρωση Mn (mg/Kg ξ.ο.) στις ρίζες	66
3.36	Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονότυπου ρίζας (Γ) στη συγκέντρωση Na (mg/g ξ.ο.) στους καρπούς	67
3.37	Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης των μικροοργανισμών (M) στη συγκέντρωση Na (mg/g ξ.ο.) στους καρπούς	68
3.38	Στατιστικά σημαντική διαφορά της αλληλεπίδρασης των μικροοργανισμών (M) και του γονότυπου ρίζας (Γ) στη συγκέντρωση K (mg/g ξ.ο.) στους καρπούς	68
3.39	Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονότυπου ρίζας (Γ) στη συγκέντρωση K (mg/g ξ.ο.) στους καρπούς	69
3.40	Μηνιαίες μεταβολές του ΔΤ	71

Ευχαριστίες

Στα πλαίσια ολοκλήρωσης της μεταπτυχιακής ειδίκευσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους αξιότιμους καθηγητές της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής για την ανάληψη παρακολούθησης της διατριβής μου.

Ειδικότερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Αναπληρωτή Καθηγητή Νικόλαο Κατσούλα του Εργαστηρίου Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και ιδιαίτερα τον επιβλέποντα Καθηγητή μου Κωνσταντίνο Κίττα για τις πολύτιμες συμβουλές του, τη διακριτική του επιτήρηση, την αδιάκοπη ενημέρωση και την εμπιστοσύνη του προς το πρόσωπό μου σε όλη τη διάρκεια της μεταπτυχιακής μου διατριβής.

Παράλληλα, δε θα μπορούσα να παραλείψω την ευγνωμοσύνη μου προς τον Καθηγητή Δημήτριο Σάββα, τη μεταδιδακτορική ερευνήτρια Δρ. Γεωργία Ντάτση και τους συνεργάτες του Εργαστηρίου Κηπευτικών Καλλιεργειών του ΓΠΑ για την παροχή των εγκαταστάσεων, της υλικοτεχνικής υποδομής, της απρόσκοπτης λειτουργίας του πειράματος και της ανταλλαγής τεχνογνωσίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω το ανθρώπινο δυναμικό της Γραμματείας του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για την αδιάκοπη ενημέρωση και πληροφοριακή υποστήριξη.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για τη στήριξη και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε σε όλη τη διάρκεια του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών.

Στο νησί του ήλιου...

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Η εξάπλωση και η σημασία του πεπονιού (*Cucumis melo* L.)

Το πεπόνι ανήκει στην οικογένεια των Cucurbitaceae και στο γένος *Cucumis melo* L. Το πεπόνι κατάγεται από την Αίγυπτο και την Περσία και καλλιεργείται από την 3η χιλιετία π.Χ. στην Αίγυπτο, στο Ιράν και στη βορειοδυτική Ινδία.

Τα πεπόνια ανάλογα με το είδος, την ποικιλία, το περιβάλλον και τις τεχνικές καλλιέργειας διαφέρουν μεταξύ τους ως προς το χρώμα, τη γεύση, το μέγεθος, την υφή, το ρυθμό ανάπτυξης και ωρίμανσης (90-120 ημέρες), το βάρος (300-2500 g) και φυσικά το ποσοστό των βιταμινών [β-καροτίνη (βιταμίνη Α), ασκορβικό οξύ (βιταμίνη C), φολικό οξύ (βιταμίνη Β9)] και θρεπτικών στοιχείων (Κ, Ca, Mg, Fe) που περιέχουν στη σάρκα τους. Η υψηλή διατροφική αξία του πεπονιού αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες αύξησης της ζήτησής του στις ΗΠΑ τα τελευταία 35 χρόνια (Lester and Crosby, 2002). Τα υψηλά ποσοστά βιταμινών και θρεπτικών στοιχείων που περιέχονται στη σάρκα του (Πίνακας 1.1) έχει βρεθεί ότι είναι πιθανό να προσφέρουν σημαντική προστασία και ενίσχυση του ανοσοποιητικού συστήματος του ανθρώπινου οργανισμού σε ασθένειες και παθήσεις όπως ο καρκίνος, ο σακχαρώδης διαβήτης, καρδιαγγειακά νοσήματα, κρυολογήματα, αρτηριακή πίεση, δισχιδής ράχη στα νεογέννητα παιδιά και άλλα (Lester, 1997,2006).

Πίνακας 1.1. % ημερήσιας προσλαμβανόμενης ποσότητας αναφοράς (RDA) ανά 236 g νωπού βάρους [online] available at: www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp

Φρούτο	β-καροτίνη	Ασκορβικό οξύ	Φολικό οξύ	Κάλιο
Μήλα	5	16	2	5
Αβοκάντο	2	25	52	26
Μπανάνες	9	39	12	18
Σταφύλια	5	16	1	10
Πεπόνια	160	131	13	13
Πορτοκάλια	9	197	18	7
Ροδάκινα	35	16	2	10
Ανανάς	4	67	9	6
Φράουλες	3	232	14	8

Η εξάπλωση της καλλιέργειας είναι τόσο ευρύτατη ώστε θεωρήθηκε σκόπιμη η αλληλουχία του γονιδιώματός της, η οποία και ολοκληρώθηκε πρόσφατα (Garcia-

Mas, 2012) αποκαλύπτοντας γονιδίωμα μεγέθους 374,77 Mb και σύνολο 12 χρωμοσωμάτων.

Οι ποικιλίες που καλλιεργούνται είναι συνήθως διπλοειδείς και περιλαμβάνουν το *Cucumis melo var. cantalupensis* με ακροχορδονώδη και τραχύ φλοιό, το *Cucumis melo var. inodorus* (Αργείτικο πεπόνι), το *Cucumis melo var. flexucus* (φιδοπέπονο), το *Cucumis melo var. dudaim*, το *Cucumis melo var. chito* (λεμονοπέπονο), το *Cucumis melo var. conomon* ('tsukemono') κυρίως στην Ιαπωνία και το *Cucumis melo var. reticulatus* (Galia) με σχετικά μικρούς καρπούς με αβαθείς αυλακώσεις και ελαφρές δικτυώσεις στην επιφάνεια του φλοιού που αποτελεί και ένα από τα σημαντικότερα καλλιεργούμενα είδη στην Ελλάδα.

Σύμφωνα με το τμήμα Αγροτικής Στατιστικής του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων οι αποδόσεις για τα ξερικά πεπόνια υπαίθρου κυμαίνονται από 10-15 τόνους ανά εκτάριο, για τα ποτιστικά πεπόνια υπαίθρου από 20-30 τόνους ανά εκτάριο ενώ για τα θερμοκηπίου έως 50 τόνους ανά καλλιέργεια.

Οι τιμές πώλησης κυμαίνονται από €0,30 έως €2,50 ανά κιλό (kg) αναλόγως τη χώρα προέλευσης (εισαγόμενα ή ελληνικά), την ποικιλία, τον τρόπο συσκευασίας, την ποιότητα και την εποχή πώλησης.

Οι σημαντικότερες παραδοσιακά περιοχές καλλιέργειας πεποنيού στην Ελλάδα είναι η Κρήτη, η Πελοπόννησος, η Θεσσαλία και η Μακεδονία. Στην Ελλάδα η καλλιεργούμενη έκταση και παραγωγή πεποنيού τα τελευταία χρόνια συνεχώς μειώνεται (Πίνακας 1.2).

Πίνακας 1.2. Εκτάσεις καλλιέργειας και παραγωγής πεποنيού στη Ελλάδα

[online] available at: www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SPG06/

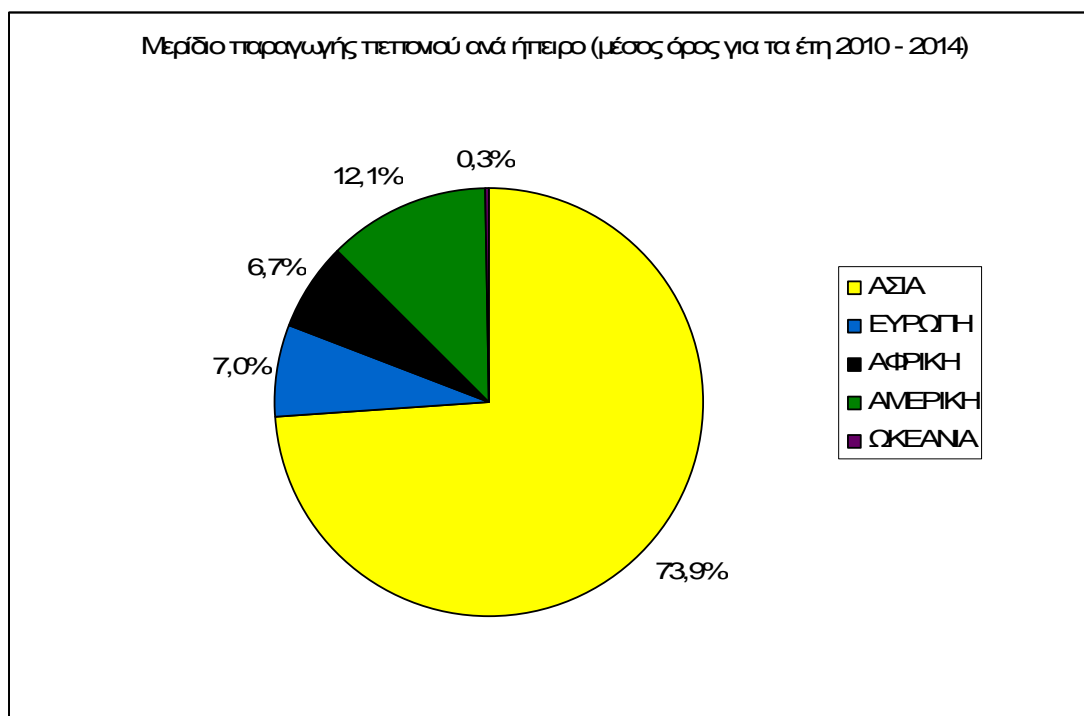
Έτος	2012	2013	2014
Έκταση (χιλιάδες στρέμματα)	78,1	77,3	53,8
Παραγωγή (χιλιάδες τόνους)	170,9	169,1	122,2

Σήμερα οι σημαντικότερες χώρες παραγωγής πεποنيού στον κόσμο είναι η Κίνα, η Τουρκία, το Ιράν, η Αίγυπτος και η Ινδία (Πίνακας 1.3) και οι σημαντικότερες χώρες κατανάλωσης η Κίνα και οι ΗΠΑ.

Πίνακας 1.3 Οι 10 σημαντικότερες χώρες καλλιέργειας πεπονιού στον κόσμο [online] available at: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>

Χώρα	Μέσος όρος παραγωγής σε τόνους (t) για τα έτη 2010 – 2014
Κίνα	15.353.746
Τουρκία	1.674.990
Ιράν	1.415.022,2
Αίγυπτος	1.019.528,8
Ινδία	985.599,4
ΗΠΑ	946.826,2
Ισπανία	857.732
Μαρόκο	699.817,8
Καζακστάν	663.546,3
Ιταλία	580.339,2

Η Ασία παράγει πάνω από το 70% της παγκόσμιας παραγωγής πεπονιού και ακολουθούν η Αμερική και η Ευρώπη (Εικόνα 1.1).



Εικόνα 1.1 Το μερίδιο % παραγωγής πεπονιού ανά ήπειρο για το μέσο όρο των ετών 2010-2014 [online] available at: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>

Στην Ευρώπη, η Ισπανία και η Ιταλία κατέχουν τις πρώτες θέσεις στην παραγωγή πεπονιού και ακολουθούν η Γαλλία, η Ουκρανία, η Ελλάδα και η Ρουμανία (Πίνακας 1.4). Ωστόσο οι χώρες της βόρειας Αφρικής και της Μέσης Ανατολής παρουσιάζουν σημαντικές παραγωγές με αυξητικές τάσεις (Πίνακες 1.5 και 1.6) τα τελευταία χρόνια.

Αν λάβουμε υπόψη και το γεγονός ότι οι χώρες αυτές διέπονται από συνεχείς πολεμικές συρράξεις μπορούμε να κατανοήσουμε τη σημασία της καλλιέργειας πεπτονίου για αυτές αλλά και το περιθώριο ή ακόμα και την ευκαιρία που έχει η χώρα μας για μεταφορά τεχνογνωσίας και τεχνολογίας στις τεχνικές καλλιέργειας πεπτονίου και στην εξοικονόμηση ενέργειας.

Πίνακας 1.4 Οι 12 σημαντικότερες χώρες παραγωγής πεπτονίου στην Ευρώπη [online] available at: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>

Χώρα	Μέσος όρος παραγωγής σε τόνους (t) για τα έτη 2010 – 2014
Ισπανία	857.732
Ιταλία	580.339,2
Γαλλία	275.652
Ουκρανία	134.602
Ελλάδα	110.246
Ρουμανία	56.960
Αλβανία	43.442,4
Πορτογαλία	22.321,2
Ουγγαρία	12.778,6
Κύπρος	10.883,4
Μολδαβία	2.300
Ολλανδία	2.072,2

Πίνακας 1.5 Οι σημαντικότερες χώρες παραγωγής πεπτονίου στη Μέση Ανατολή [online] available at: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>

Χώρα	Μέσος όρος παραγωγής σε τόνους (t) για τα έτη 2010 – 2014
Συρία	66.300,6
Ιορδανία	40.419,2
Ισραήλ	38.046,6
Λίβανος	17.234,8

Πίνακας 1.6 Οι σημαντικότερες χώρες παραγωγής πεπτονίου στη βόρεια Αφρική [online] available at: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>

Χώρα	Μέσος όρος παραγωγής σε τόνους (t) για τα έτη 2010 – 2014
Αίγυπτος	1.019.528,8
Μαρόκο	699.817,8
Τυνησία	98.623,8
Λιβύη	26.028,6

1.2 Η αγορά πεπονιού και οι τάσεις εμπορίου

Για την εμπορία νωπών πεπονιών στην ΕΕ απαιτείται η εφαρμογή της οδηγίας 2011/543/EC. Ο κωδικός του προϊόντος (Combined Nomenclature code) είναι ο CN 0807 1900.

Τα πεπόνια κατηγοριοποιούνται σε κλάσεις I και II ανάλογα με την ποιότητα της γεύσης τους και το μέγεθός τους. Το ελάχιστο αποδεκτό βάρος για εμπορία είναι 300g ή 8cm διάμετρο και ειδικότερα για τα Galia, Ogen και Charentais 250g/7,5cm. Περίπου 3 έως 5 πεπόνια ανά κιβώτιο των 10 kg είναι η συνήθης συσκευασία (UNECE Marketing standards for melons; FAO Recommended International Code of Practice for Packaging and Transport of Tropical Fresh Fruits and Vegetables CAC/RPC 44-1995). Επιπλέον για την επικέτα και τη σήμανση του προϊόντος εφαρμόζεται η οδηγία 1169/2011/EU και οι προσταγές του κώδικα CODEX STAN 1-1985.

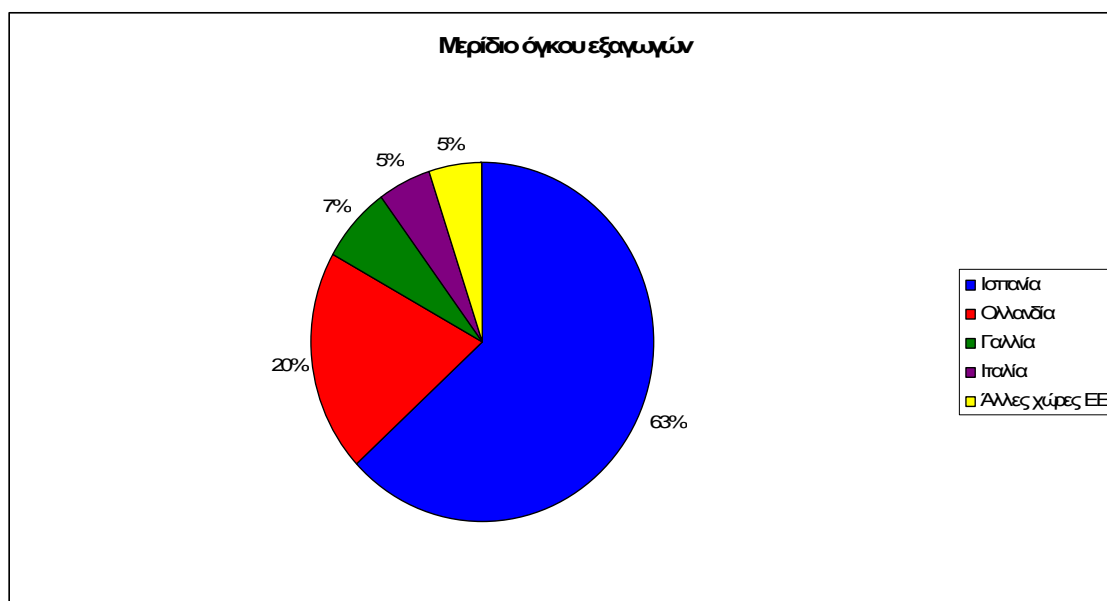
Οι εισαγωγές πεπονιών από τρίτες χώρες εκτός ΕΕ για το 2015 σύμφωνα με την European Statistics Eurostat (<http://epp.eurostat.ec.europa.eu>) έφτασαν τις 376.000 τόνους με αυξητικές τάσεις από το 2013.

Οι κύριοι προμηθευτές υπήρξαν η Βραζιλία (207.000 τόνους) κυρίως την περίοδο από Σεπτέμβριο έως Ιανουάριο, η Κόστα Ρίκα (57.000 τόνους) την περίοδο από Φεβρουάριο έως Μάιο, το Μαρόκο (43.000 τόνους) κυρίως τύπου galia και cantaloupe) και η Ονδούρα (36.000 τόνους).

Εντός ΕΕ οι σημαντικότεροι προμηθευτές είναι η Ισπανία (κυρίως Piel de Sapo), η Γαλλία, η Ιταλία και η Ελλάδα τους καλοκαιρινούς κυρίως μήνες. Από την άλλη πλευρά η Γερμανία, η Γαλλία και το Ηνωμένο Βασίλειο είναι από τις χώρες με τη μεγαλύτερη εισαγωγή πεπονιών. Παρόλα αυτά η Ολλανδία λόγω του ανεπτυγμένου δικτύου διανομών και μεταφορών αγροτικών προϊόντων παραμένει και μία από τις σημαντικότερες χώρες εξαγωγής πεπονιού προς την ΕΕ αλλά και προς τρίτες χώρες (Εικόνα 1.2).

Η αξία των εισαγωγών σε € για την ΕΕ των 28 κρατών μελών για το 2015 ήταν 547.375.620 ενώ αντίστοιχα η αξία των εξαγωγών για το ίδιο έτος ήταν 84.994.356. Επίσης η ποσότητα εισαγωγών σε Kg για την ΕΕ των 28 κρατών μελών για το 2015 ήταν 693.826.000 ενώ αντίστοιχα η αξία των εξαγωγών για το ίδιο έτος ήταν 104.086.000. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή αναφέρει ετήσια κατανάλωση πεπονιών 2,2 εκατομμύρια τόνους με κύριες χώρες κατανάλωσης την Ισπανία, τη Γαλλία και την Ιταλία. Όσον αφορά την Ελλάδα οι κύριες χώρες εξαγωγής πέραν της ΕΕ είναι η

Σερβία, η Βοσνία Ερζεγοβίνη, η Νορβηγία, η FYROM και η Ελβετία ενώ κύριες χώρες εισαγωγής το Ισραήλ, η Αλβανία και η Σερβία. (Πίνακας 1.7).



Εικόνα 1.2 Μερίδιο ανά χώρα του όγκου εξαγωγών νωπού πεπτονίου προς αγορές εντός και εκτός ΕΕ για το έτος 2015 [online] available at: http://madb.europa.eu/madb/statistical_form.htm

Πίνακας 1.7 Οι εισαγωγές-εξαγωγές της Ελλάδας σε ποσότητα και αξία για το 2015 [online] available at: http://madb.europa.eu/madb/statistical_form.htm

Χώρα	Αξία εισαγωγών σε €	Ποσότητα εισαγωγών (Kg)	Αξία εξαγωγών σε €	Ποσότητα εξαγωγών (Kg)
Αλβανία	1.016	2.000	6.523	8.000
Βοσνία Ερζεγοβίνη	-	-	502.502	2.626.000
Ισραήλ	4.777	4.000	-	-
Κόσσοβο	-	-	3.398	23.000
FYROM	-	-	261.218	1.322.000
Μολδαβία	-	-	4.730	42.000
Μαυροβούνιο	-	-	53.461	252.000
Νορβηγία	-	-	488.227	1.099.000
Σερβία	27.011	72.000	1.724.980	6.028.000
Ελβετία	-	-	271.628	842.000
ΕΕ-28	32.804	78.000	3.316.667	12.242.000

Οι σύγχρονες τάσεις στην εμπορία πεπτονίου απαιτούν εφαρμογή διεθνών κανόνων και πρωτοκόλλων όπως για παράδειγμα το Global Social Compliance Program

(GSCP), το CBI Market Intelligence platform for fresh fruit and vegetables, Codex Alimentarius (www.codexalimentarius.org), η οδηγία 2000/29/EC Plant Health Directive μαζί με τα απαιτούμενα φυτοϋγειονομικά πιστοποιητικά, ο Κανονισμός 2006/1881/EC σχετικά με τα όρια των απαγορευμένων ουσιών στα φρέσκα φρούτα, τα πιστοποιητικά διασφάλισης ποιότητας όπως τα GLOBALG.A.P (www.globalgap.org.uk_en/), BRC (www.brcglobalstandards.com/), IFS, FSSC22000, SQF και άλλα.

Για να μπορέσει η χώρα μας να γίνει ανταγωνιστική στην παραγωγή και εμπορία πεπονιών θα πρέπει να στοχεύσει στην προώθηση μεθόδων που είναι αειφορικές και φιλικές προς το περιβάλλον, εξοικονομώντας ενέργεια και προσφέροντας την βέλτιστη ποιότητα στον καταναλωτή. Επίσης η υιοθέτηση προγραμμάτων όπως το Fairtrade (www.fairtrade.net), το Fair for Life, το Rainforest Alliance Certification Scheme (www.rainforest-alliance.org), το Ethical Trading Initiative (ETI) και το Business Social Compliance Initiative (BSCI, www.bsci-intl.org) μπορούν να αποτελέσουν ισχυρά όπλα στη διείδυση των ευρωπαϊκών και διεθνών αγορών.

1.3 Οι εμβολιασμοί του πεπονιού

Η παραγωγή φρούτων και λαχανικών με εμβολιασμένα σπορόφυτα αποτέλεσαν πεδίο εφαρμογής ήδη από το 1920 στην Ιαπωνία και την Κορέα (Lee, 1994; Salehi *et al.*, 2014). Ο εμβολιασμός του πεπονιού γίνεται κυρίως σε υποκείμενα *Cucurbita spp.* και ειδικότερα *Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata* (Lee, 1994; Crinò *et al.*, 2007; Davis *et al.*, 2008; San Bautista *et al.*, 2011; Condurso *et al.*, 2012; Rouphael *et al.*, 2012; Verzera *et al.*, 2014) και ειδικότερα στα τύπου Galia εφαρμόζεται και ο λεγόμενος διπλός εμβολιασμός (υποκείμενο-εμβόλιο A-εμβόλιο B ή υποκείμενο A-υποκείμενο B-εμβόλιο).

Η επίδραση των εμβολιασμών στην ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος, στο κόστος παραγωγής και στην εξοικονόμηση ενέργειας έχει μελετηθεί από πολλούς ερευνητές (Rouphael *et al.*, 2010; Colla *et al.*, 2010; Savvas *et al.*, 2010; Savvas *et al.*, 2011; Chávez-Mendoza *et al.*, 2013; Petropoulos *et al.*, 2014) καθώς επίσης και οι σύγχρονες τεχνικές τους (Lee *et al.*, 2010; Comba *et al.*, 2016) και σύμφωνα με αυτές τις έρευνες μπορούμε να συμφωνήσουμε ότι τα εμβολιασμένα φυτά πεπονιού παρουσιάζουν αυξημένα επίπεδα αντοχής σε παθογόνους μύκητες εδάφους όπως για παράδειγμα το *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* (FOM) και το *Didymella bryoniae*, έχουν αυξημένο ρυθμό ανάπτυξης και απορρόφησης θρεπτικών στοιχείων

από το έδαφος ή το θρεπτικό διάλυμα, παράγουν καρπούς με καλύτερη γεύση, χρώμα, άρωμα, συνεκτικότητα και μετασυλλεκτική αντοχή, εμφανίζουν αντοχή σε απότομες μεταβολές του κλίματος και του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου (θερμοκρασία, υγρασία, ακτινοβολία) και είναι ανθεκτικά σε υφάλμυρα νερά και σε νερά υψηλής περιεκτικότητας βαρέων μετάλλων.

Ωστόσο προϋπόθεση για να συμβούν τα παραπάνω είναι η συμβατότητα του υποκειμένου και του εμβολίου να είναι η βέλτιστη, ο χρόνος εφαρμογής της επιλεγμένης τεχνικής να είναι σύμφωνος με τη φυσιολογία υποκειμένων και εμβολίων και οι αλληλεπιδράσεις υποκειμένων, εμβολίων, καλλιεργητικών τεχνικών και περιβάλλοντος θερμοκηπίου να έχουν μελετηθεί επαρκώς ως προς την ωφελιμότητά τους σε σχέση με την ποιότητα, ασφάλεια και κόστος του παραγόμενου προϊόντος.

1.4 Η σημασία των μικροοργανισμών *Bacillus amiloliquefaciens* και *Trichoderma harzianun* T-22

Οι επιδράσεις των βιοδιεργετών (van Loon, 2007; Lugtenberg and Kamilova, 2009; Raaijmakers *et al.*, 2009) ή όπως έχει επικρατήσει να ονομάζονται Plant Growth-Promoting Bacteria (PGPB) σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες έχουν μελετηθεί από αρκετούς ερευνητές (Martínez-Medina *et al.*, 2009; Compant *et al.*, 2010; Huang *et al.*, 2011; Rouphael *et al.*, 2015; López-Bucio *et al.*, 2015). Οι Calvo *et al.* (2014) υποστηρίζουν ότι η παγκόσμια ζήτηση της αγοράς για χρήση βιοδιεργετών θα παρουσιάσει αύξηση της τάξης του 12,5% για κάθε έτος από το 2013 μέχρι και το 2018 αγγίζοντας σε αξία το ποσό των \$2.241 εκατομμυρίων. Σύμφωνα με το European Biostimulant Industry Council (EBIC) (www.biostimulants.eu) η Ευρώπη αποτελεί σημαντική αγορά για χρήση βιοδιεργετών καλύπτοντας έκταση 6,2 εκατομμυρίων εκταρίων το 2012.

Ο ορισμός (Bower *et al.*, 2015; Du Jardin, 2015) για τους βιοδιεργέτες είναι ότι πρόκειται για ουσίες (Van der Ent *et al.*, 2009; Ghoname *et al.*, 2010; Sharma *et al.*, 2012; Naidu *et al.*, 2013; Cavaiuolo and Ferrante 2014; Disciglio *et al.*, 2014; Battacharyya *et al.*, 2015; Canellas *et al.*, 2015; Colla *et al.*, 2015; Gómez-Merino and Trejo-Téllez 2015; Pichyangkura and Chadchawan 2015; Savvas and Ntatsi 2015) ή/και μικροοργανισμούς (Kloepper *et al.*, 2004; Bashan and de-Bashan 2005; Artursson *et al.*, 2006; Hardoim *et al.*, 2008; Van Wees *et al.*, 2008; Patakioutas *et al.*, 2015; Ruzzi and Aroca 2015) των οποίων η λειτουργία τους (αποικισμός, βιοδιαθεσιμότητα αζώτου, διαλυτοποίηση φωσφόρου και σιδήρου, παραγωγή

ορμονών όπως αυξίνη, γιββερελλίνη, κυτοκίνη, αιθυλένιο, σύνθεση αμινοξέων, πρωτεϊνών και βιταμίνης B1) όταν εφαρμόζονται στα φυτά ή τη ριζόσφαιρα τους είναι: να τονώνουν τις φυσικές διεργασίες, ενισχύοντας την κινητικότητα, απορρόφηση και αποτελεσματικότητα των θρεπτικών στοιχείων για την ανάπτυξη των φυτών, να αυξάνουν την ανοχή των φυτών ξενιστών σε αβιοτικά (Grover *et al.*, 2011; Landgraf *et al.*, 2012) στρες (καύσιμα, ξηρασία, παγετό, υψηλή αλατότητα, τοξικότητα βαρέων μετάλλων), φυτοπαθογόνα (*Pythium* spp., *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* spp., *Verticillium* spp., *Phytophthora*), έντομα (*Aphis gossypii*, *Myzus persicae*) και να βελτιώνουν την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων. Επιπλέον αποτελούν αειφορική και ασφαλή επιλογή εφόσον δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον και δεν αποτελούν κίνδυνο για τον άνθρωπο (Berg, 2009) και τα ζώα ενώ ταυτόχρονα συμβάλλουν στη μείωση της χρήσης φτοπροστατευτικών σκευασμάτων (Rifat *et al.*, 2010).

Στην υδροπονική καλλιέργεια πεπονιού χρησιμοποιήθηκαν οι μικροοργανισμοί *Bacillus amyloliquefaciens* και *Trichoderma harzianum* T-22 οι οποίοι συμβάλλουν στην καλύτερη απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων από το φυτό και στην αύξηση της αντοχής των φυτών πεπονιού σε παθογόνα. Το πλούσιο σε θρεπτικά διάλυμα σε υδροπονικές καλλιέργειες δημιουργεί τις κατάλληλες συνθήκες για εγκατάσταση και ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών (Xu and Warriner 2005).

Ο *Bacillus amyloliquefaciens* είναι ένα θετικό κατά gram βακτήριο εδάφους, μη παθογόνο, που οφείλει την ονομασία του στην ικανότητά του να υδρολύει το άμυλο (Priest *et al.*, 1987) και να παρουσιάζει αντιμυκητιακές ιδιότητες με τη βοήθεια πρωτεϊνών (Wong *et al.*, 2008) όταν βρεθεί σε κατάλληλο περιβάλλον ακόμα και μετασυλλεκτικά (Arebolla *et al.*, 2010). Επιπλέον έχει αποδειχθεί ευεργετική η συνεισφορά του στην ανάπτυξη του φυτού μέσω αύξησης της απορρόφησης θρεπτικών στοιχείων και στην προστασία ενάντια άλλων μικροοργανισμών εδάφους (Patakioutas *et al.*, 2015). Αυτό το επιτυγχάνει μέσω παραγωγής αντιβιοτικών ουσιών (Nihorimbere *et al.*, 2012; Ruzzi and Aroca 2015).

Από την άλλη πλευρά ο *Trichoderma harzianum* T-22 είναι ένας μύκητας με εκτεταμένη χρήση (López-Bucio *et al.*, 2015) στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες τα τελευταία χρόνια. Η μυκητοκτόνος δράση του σε παθογόνα εδάφους (Rifai, 1969; Papavizas *et al.*, 1982; Ruppel *et al.*, 1983; Harman *et al.*, 2004) η οποία οφείλεται σε δευτερογενείς μεταβολίτες (Kubicek *et al.*, 2001) είναι πλέον γνωστή. Επίσης έρευνα από τους Windham *et al.* (1986) έδειξε ότι ο *Trichoderma harzianum* βοηθά τη βλαστικότητα των σπόρων τομάτας και καπνού ενώ ταυτόχρονα ενισχύει την

ανάπτυξή τους. Επιπλέον οι Martínez-Medina *et al.* (2009) έδειξαν ότι ο *Trichoderma harzianum* συμβάλλει σημαντικά στην ανάπτυξη πολλαπλασιαστικού υλικού φυτών πεπονιού σε καλλιέργεια θερμοκηπίου καθώς και στην αύξηση της βιομάζας των βλαστών τους. Ακόμα σε πρόσφατες έρευνες ο *Trichoderma harzianum* φάνηκε να αυξάνει την αντίσταση των φυτών ενάντια σε ασθένειες προάγοντας την παραγωγή φυτοπροστατευτικών ορμονών και επανδρώνοντας το κυτταρικό τοίχωμα των φυτών (Khahil and Alsanius, 2009). Η εφαρμογή *Trichoderma harzianum* σε τομάτες και αγγούρια αύξησε το ρυθμό ανάπτυξης, δίνοντας μεταξύ άλλων και μεγαλύτερο βάρος φύλλων (Yedidia *et al.*, 2001). Σε πείραμα τομάτας η χρήση του σε συνδυασμό με άλλους δύο μικροοργανισμούς (*R. solani* και *S. proteamaculans*) αύξησε στατιστικά σημαντικά το νωπό βάρος των ριζών (Youssef *et al.*, 2016).

1.5 Έλεγχος του περιβάλλοντος της ρίζας και του υποστρώματος

Η υδροπονία (Gericke, 1929) είναι μία μέθοδος καλλιέργειας φυτών εκτός εδάφους, σύμφωνα με την οποία οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται είτε σε στερεά πορώδη υποστρώματα (περλίτη, πετροβάμβακα, κοκκοφοίνικα, ελαφρόπετρα, βερμικουλίτη κ.α.) εμποτισμένα με τεχνητό διάλυμα (Olymrios, 1992; Savvas, 2003; Savvas *et al.*, 2007), είτε απευθείας στο θρεπτικό διάλυμα από το οποίο τα φυτά απορροφούν τις απαραίτητες για την ανάπτυξή τους ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων (Tzortzakis, 2009). Διακρίνεται σε υδροπονικά συστήματα κλειστού τύπου όπου γίνεται ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος ύστερα από επεξεργασία και σε ανοικτού τύπου όπου το θρεπτικό διάλυμα ή διάλυμα απορροής χρησιμοποιείται μόνο μια φορά και ύστερα αποβάλλεται από το σύστημα.

Στα ανοικτού τύπου η απορροή ποικίλει από 10-90% του παρεχόμενου θρεπτικού διαλύματος με βέλτιστο ποσοστό απορροής να θεωρείται το 25-35% για να μπορεί να διατηρείται η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) στα επιθυμητά επίπεδα (Lieth, 1996).

Σύμφωνα με τους Papadavid *et al.* (2008) η καλλιέργεια φρούτων και λαχανοκηπευτικών με υδροπονικά συστήματα στις Μεσογειακές χώρες μπορεί να αποτελέσει τη λύση προς μία ολοκληρωμένη αειφόρο διαχείριση των γεωργικών εκμεταλλεύσεων διότι συμβάλλει στη μείωση του κόστους παραγωγής που επιτυγχάνεται με τον ακριβή έλεγχο της θρέψης, τη μείωση της λίπανσης λόγω άριστης χρήσης των ποσοτήτων που χρησιμοποιούνται και τη μείωση των δαπανών για φυτοπροστασία λόγω των ελεγχόμενων συνθηκών του περιβάλλοντος του

θερμοκηπίου που περιορίζουν την εξάπλωση των εχθρών και των μυκητολογικών ασθενειών.

Η απαγόρευση της χρήσης του βρωμιούχου μεθυλίου ως απολυμαντικό εδάφους από την Ευρωπαϊκή Ένωση μέσω της Οδηγίας 3093/94/EC, οδήγησε στην εύρεση λύσεων και στην εντατικοποίηση της χρήσης εναλλακτικών υποστρωμάτων (Gruda, 2009). Συμπληρωματικά ο περλίτης είναι ένα ηφαιστειακό υαλώδες αργιλλοπυριτικό πέτρωμα λευκού χρώματος που περιέχει κρυσταλλικό νερό σε ποσοστό 2-6%. Το πρωτογενές ορυκτό όταν θερμανθεί στους 1200-1300⁰C διογκώνεται και σχηματίζει μια αφρώδη μάζα δεκαπλάσιου έως και εικοσαπλάσιου περίπου όγκου από το αρχικό του με αποτέλεσμα την μεγιστοποίηση συγκράτησης νερού στη δομή του.

Παρουσιάζει χαμηλή ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, 22-24 meq kg⁻¹ για τον ελληνικό περλίτη (Gizas et al., 1999), επομένως θεωρείται χημικά αδρανής. Έχει ουδέτερο pH 7-7,5 και η στερεά του μάζα αποτελείται κατά τα ¾ από διοξείδιο του πυριτίου (SiO₂), ακολουθεί το οξείδιο του αργιλίου (Al₂O₃) σε ποσοστό 14% και σε μικρότερη ποσότητα οξείδια του Na, K, Fe. Ο περλίτης με μέγεθος κόκκων 0-1,5 mm χαρακτηρίζεται από υψηλή περιεκτικότητα σε εύκολα διαθέσιμο νερό, επαρκή αεροπερατότητα, ασήμαντη ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (ΙΑΚ) και απουσία παθογόνων, λόγω του τρόπου παρασκευής του, καθιστώντας τον ένα από τα καλύτερα υποστρώματα για καλλιέργειες εκτός εδάφους.

Ο περλίτης αποτελεί υπόστρωμα εύκολης απολύμανσης (Hanna, 2005) φιλικό προς το περιβάλλον λόγω της φυσικής του προέλευσης. Έρευνα από τους Guler et al., (1995) κατέληξε ότι η χρήση περλίτη σε ανοιχτού τύπου υδροπονική καλλιέργεια πεπονιού έχει παρόμοια επίδραση στην παραγωγή και στην ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος σε σχέση με υποστρώματα άμμου και πετροβάμβακα αλλά με μικρότερο κόστος λόγω χαμηλότερης τιμής πώλησής του σε σχέση με τα άλλα δύο υποστρώματα. Παρόμοια ευρήματα παρουσιάζονται από τους Rodriguez et al., (2006) για υδροπονική καλλιέργεια πεπονιού τύπου Galia. Επίσης οι Rourphael et al., (2004) απέδειξαν ότι σε καλλιέργεια κολοκυθιού (*Cucurbita pepo* L.) οι συγκεντρώσεις υδατανθράκων (γλυκόζη, φρουκτόζη, σουκρόζη, άμυλο) ήταν μεγαλύτερες σε κλειστού τύπου υδροπονικό σύστημα σε σχέση με καλλιέργεια στο έδαφος.

1.6 Προγραμματισμός και έλεγχος άρδευσης και λίπανσης σε υδροπονικές καλλιέργειες

“Υδωρ γάρ αρχή πάντων” δίδασκε ο Θαλής ο Μιλήσιος και σε συνέχεια της φιλοσοφίας του μπορούμε να κατανοήσουμε σήμερα τη σημασία που έχει για την ανθρωπότητα το νερό και οι αρδεύσεις (Podimata and Yannopoulos, 2015) ειδικότερα για την παραγωγή τροφίμων.

Στις υδροπονικές καλλιέργειες η σημασία της ποσότητας και της ποιότητας του νερού είναι καθοριστικής σημασίας και για το λόγο αυτό κρίνεται απαραίτητη η χημική ανάλυση του νερού πριν από κάθε εφαρμογή άρδευσης. Επίσης θα πρέπει ο κάθε εμπλεκόμενος στην παραγωγή υδροπονικών προϊόντων να γνωρίζει και να κατανοεί την εκάστοτε περιφερειακή, εθνική και κοινοτική νομοθεσία σχετικά με τη χρήση και εκμετάλλευση του νερού.

Για την παραγωγή των θρεπτικών διαλυμάτων αυτό που έχει σημασία είναι να περιέχουν όλα τα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία που είναι απαραίτητα για τη βέλτιστη ανάπτυξη του φυτού. Η σύσταση (Long *et al.*, 2004) και η συχνότητα εφαρμογής (Katsoulas *et al.*, 2006) του θρεπτικού διαλύματος θα πρέπει να προσαρμόζεται χρονικά σε σχέση με τα στάδια ανάπτυξης του φυτού λαμβάνοντας υπόψη όλες τις παραμέτρους όπως το περιβάλλον θερμοκηπίου (θερμοκρασία, υγρασία, αερισμός, ακτινοβολία, CO₂), το περιβάλλον του φυτού (υποκείμενο, εμβόλιο), το περιβάλλον της ρίζας του φυτού (υπόστρωμα, μικροοργανισμοί, οξυγόνο) τον μηχανολογικό εξοπλισμό (αυτοματισμοί, δεξαμενές, αντλίες, σωλήνες, σταλάκτες), τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά (μήκος, πλάτος, ύψος κ.α.) του θερμοκηπίου, τα υλικά κατασκευής του θερμοκηπίου (μπετό, χάλυβας, γυαλί, PVC κ.α.), έτσι ώστε το κόστος παραγωγής και εγκατάστασης να αποσβένεται από την αξία του παραγόμενου προϊόντος.

Το pH είναι δείκτης της περιεκτικότητας ενός υδατικού διαλύματος σε ελεύθερα ιόντα υδρογόνου. Στα υποστρώματα το pH υπολογίζεται στα υδατικά εκχυλίσματα. Το pH επηρεάζει τη συγκέντρωση των ανιόντων και κατιόντων που σχηματίζουν ασθενή οξέα και βάσεις αντίστοιχα κατά τη μερική διάστασή τους. Οι τιμές του καθορίζουν τη χημική μορφή που βρίσκονται τα στοιχεία και συνεπώς τη διαθεσιμότητά τους στα φυτά. Αύξηση ή μείωση του pH σε τιμές ανώτερες ή κατώτερες των επιθυμητών μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα τροφοπενιών ή τοξικότητας.

Οι μεταβολές στο pH επηρεάζονται από το είδος του φυτού, το στάδιο ανάπτυξης, την πηγή προέλευσης του αζώτου (NO₃⁻ έναντι NH₄⁺) ή ελλείψεις σε θρεπτικά

στοιχεία. Η διατήρηση του pH στις καλλιέργειες εκτός εδάφους στα επιθυμητά επίπεδα, όπως έχουν προσδιοριστεί για κάθε καλλιέργεια (Savvas and Adamidis, 1999), γίνεται με τη ρύθμιση του θρεπτικού διαλύματος τροφοδοσίας με προσθήκη οξέων ή βάσεων. Γενικά το pH του διαλύματος, όταν φτάσει στο περιβάλλον των ριζών, τείνει να ανέβει επειδή ο λόγος απορρόφησης ανιόντων προς κατιόντα υπερβαίνει τη μονάδα και επομένως το φυτό εξισορροπεί το ηλεκτροχημικό δυναμικό εντός των κυττάρων του με απελευθέρωση H^+ . Η απορρόφηση περισσότερων ανιόντων σε σχέση με τα κατιόντα συμβαίνει γιατί κάτω από συνθήκες κανονικής ανάπτυξης τα φυτά έχουν υψηλές ανάγκες σε άζωτο τις οποίες καλύπτουν μέσω έντονης απορρόφησης νιτρικών ιόντων.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC – Electrical Conductivity), είναι δείκτης της περιεκτικότητας του υποστρώματος σε ανόργανα άλατα και εκφράζεται σε dS/m. Γενικά ισχύει η αρχή ότι όσο χαμηλότερη είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα ενός υποστρώματος τόσο πιο κατάλληλο για καλλιέργεια φυτών. Υψηλή τιμή ηλεκτρικής αγωγιμότητας σημαίνει ότι το υπόστρωμα περιέχει αυξημένες ποσότητες υδατοδιαλυτών αλάτων (NaCl και άλατα ασβεστίου). Τα άλατα αυτά βρίσκονται διάσπαρτα κατανεμημένα σε στερεά μορφή μέσα στο υπόστρωμα όταν αυτό βρίσκεται σε ξηρή κατάσταση, αλλά διαλύονται και μετατρέπονται σε ιόντα μόλις το υπόστρωμα διαβρεχτεί. Αν η EC ενός υποστρώματος είναι υπερβολικά υψηλή, τα άλατα μπορούν να απομακρυνθούν μέσω έκπλυσής του με νερό χαμηλής αλατότητας πριν αυτό χρησιμοποιηθεί για καλλιέργεια φυτών.

Πολλοί ερευνητές συμφωνούν ότι η σωστή διαχείριση του θρεπτικού διαλύματος υδροπονικών καλλιεργειών μπορεί να έχει θετικές επιδράσεις στην ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος (De Pascale *et al.*, 2001; Dorais *et al.*, 2001; Krauss *et al.*, 2006; Lykas *et al.*, 2006; Roupheal *et al.*, 2006; Asao *et al.*, 2013; Katsoulas *et al.*, 2015; Kitta *et al.*, 2015; Liopa-Tsakalidi *et al.*, 2015; Neocleous and Savvas, 2016). Για παράδειγμα οι αυτοματισμοί και η ρομποτική αποτελούν την αιχμή του δόρατος για τη μετάβαση σε μια νέα εποχή, την επανομαζόμενη γεωργία ακριβείας (de Jager and Vogt, 2015; Ruiz-Canales and Ferrández-Villena, 2015; Suhl *et al.*, 2016; Chekli *et al.*, 2017).

1.7 Καινοτομίες στον έλεγχο περιβάλλοντος θερμοκηπίου σε υδροπονικές καλλιέργειες

Με αφορμή την κλιματική αλλαγή και την έλλειψη φυσικών πόρων η βιομηχανία σε συνεργασία με την ερευνητική-ακαδημαϊκή κοινότητα αναπτύσσουν μεθόδους ελέγχου του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου (Kittas *et al.*, 1996; Baille *et al.*, 2001; Kittas *et al.*, 2003; Katsoulas *et al.*, 2007; Kittas and Bartzanas, 2007; Kittas *et al.*, 2012a; Kittas *et al.*, 2012b) με σκοπό την αειφορική διαχείριση των φυσικών πόρων και την αξιοποίηση της τεχνολογίας και της γεωργίας ακριβείας (Bartzanas *et al.*, 2013) προς όφελος της διατροφικής επάρκειας και της προστασίας του περιβάλλοντος.

Η γεύση και η διατροφική αξία των φρούτων και των λαχανοκηπευτικών προϊόντων έχουν ήδη αποτελέσει τα σημαντικότερα κριτήρια για την επιλογή τους από τους καταναλωτές (Ho, 2004). Οι μεταβολές στο περιβάλλον θερμοκηπίου μπορεί να προκαλέσουν μεταβολές στις συγκεντρώσεις σακχάρων, οξέων και βιταμινών στους καρπούς (Gruda, 2005). Έρευνα από τους Falah *et al.*, (2013) απέδειξε τη δυνατότητα υδροπονικής καλλιέργειας ($EC = 2-3 \text{ dSm}^{-1}$, $pH = 5-6$) πεπονιού (*Cucumis melo*, cv. Sakata) με χρήση τεχνητού φωτισμού χρησιμοποιώντας αισθητήρες για ένταση φωτός (LX-103, Lurton, Taiwan), για θερμοκρασία αέρα (TR-7iu, T and D, Japan), για σχετική υγρασία (TN-12, Tanita, Japan), για ηλεκτρική αγωγιμότητα θρεπτικού διαλύματος (DEC-1, Atago, Japan), για συγκέντρωση οξυγόνου στο νερό του θρεπτικού διαλύματος (DO-5510, Lutron, Taiwan) και για pH (PH-208, Lurton, Taiwan).

Σε χώρες της μεσογειακής λεκάνης με έλλειψη αρδευτικού νερού οι μονάδες αφαλάτωσης μέσω λειτουργίας μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αποτελούν λύση αερισμού των θερμοκηπίων (Kalogirou, 2005; Mahmoudi *et al.*, 2009; Jacobson and Delucchi, 2011) ενώ τα φωτοβολταϊκά θερμοκήπια αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια για θέρμανση του εσωτερικού περιβάλλοντος του θερμοκηπίου κατά τη διάρκεια της νύχτας (Esen and Yuksel, 2013).

Η μελέτη κλιματογραφικών χαρτών για καλλιέργειες θερμοκηπίου (Kittas, 1996) μας δίνει τη δυνατότητα επιλογής των κατάλληλων φυτών σε συνδυασμό με την περιοχή και το σύστημα καλλιέργειας υπό κάλυψη.

Επίσης η επιλογή των υλικών κάλυψης του θερμοκηπίου (Kittas *et al.*, 1999), η επιλογή των υλικών κατασκευής, οι αυτοματισμοί (αυτόματο σύστημα υδρολίπανσης, τηλεματικά συστήματα παρακολούθησης του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου), το

εργατικό δυναμικό (εξειδικευμένο προσωπικό) και οι ενεργειακές εισροές-εκροές θα πρέπει πάντα να επιλέγονται με γνώμονα την οικονομική βιωσιμότητα της επένδυσης. Οι καλλιέργειες σε υδροπονικά συστήματα αποτελούν επενδύσεις με υψηλό κόστος αρχικής εγκατάστασης και μεγάλο χρόνο απόσβεσης, για το λόγο αυτό, οι οικονομοτεχνικές μελέτες (αναλύσεις κόστους-οφέλους κ.α.) και οι συνεργασίες με άλλους κλάδους του παραγωγικού ιστού μπορούν να συμβάλλουν στη λήψη στρατηγικών αποφάσεων (Shaw *et al.*, 2004).

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Το θερμοκήπιο και η καλλιέργεια πεπονιού

Οι μετρήσεις έγιναν στο πλαίσιο πειράματος συγκριτικής μελέτης διαφορετικών υποκειμένων πεπονιάς και συμβιωτικών μυκήτων και βακτηρίων σε περιβάλλον θερμοκηπίου υδροπονικής (ανοιχτού τύπου) καλλιέργειας πεπονιού (*Cucumis melo* L.) cv. Alpes τύπου Galia.

Το πείραμα διεξήχθη την περίοδο από 16 Μαρτίου 2015 έως 25 Ιουνίου 2015 στην Αθήνα στο γυάλινο θερμοκήπιο του τμήματος Κηπευτικών καλλιεργειών του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών (37⁰59'2" N, 23⁰42'19" E) και υψόμετρο 30m.

Το θερμοκήπιο (Εικόνα 2.1) είναι αμφίρρικτο πολλαπλό, με προσανατολισμό κορυφιά ΒΑ-ΝΔ. Η κάλυψη είναι από υαλοπίνακες (1,6x0,55m) μαρτελέ, πάχους 4mm. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του θερμοκηπίου είναι: πλάτος=9m, μήκος=7,5m, ύψος υδροροής=2,70m, ύψος κορυφιά=3,5m, αριθμός κεκλιμένων επιπέδων της οροφής=2, πλάτος κεκλιμένου επιπέδου της οροφής=4,5m, εμβαδόν=67,5m², όγκος=209,25m³, συνολική επιφάνεια καλύμματος=163,8m². Το πάτωμα είναι στρωμένο με σκυρόδεμα.



Εικόνα 2.1 Θερμοκήπιο πειράματος στο ΓΠΑ



Εικόνα 2.2 Δυτική πλαϊνή πλευρά αερισμού θερμοκηπίου ΓΠΑ

Το θερμοκήπιο διαθέτει πλευρικά παράθυρα καθώς και παράθυρα οροφής συνδεδεμένα με μηχανικό σύστημα ελέγχου για βέλτιστο έλεγχο εξαερισμού και διακύμανσης της θερμοκρασίας (Εικόνα 2.2). Ο φυσικός αερισμός έγινε από την πλαϊνή δυτική πλευρά του θερμοκηπίου σε ύψος 1,10m από το δάπεδο.

Το θερμοκήπιο διαθέτει σύστημα κεντρικής θέρμανσης με 6 σωληνώσεις 2" από χάλυβα ζεστού νερού σε οριζόντια διάταξη περιμετρικά και εντός του θερμοκηπίου (Εικόνα 2.2).

Για τη στάγδην άρδευση χρησιμοποιήθηκε δεξαμενή συνολικού όγκου 550L (Εικόνα 2.3) εντός του θερμοκηπίου και αντλία νερού EBARA (1,2 hp, 20-70 l/min, Italy). Ο προγραμματισμός του αυτόματου αρδευτικού συστήματος έγινε με ηλεκτρικό-ηλεκτρονικό προγραμματιστή IHP Schneider (CCT 15421GR, Germany). Για το αυτόματο αρδευτικό σύστημα χρησιμοποιήθηκαν τα υλικά που αναφέρονται στον Πίνακα 2.1.



Εικόνα 2.3 Δεξαμενή, αντλία νερού, σωληνώσεις πολυαιθυλενίου, σταλάκτες

Πίνακας 2.1 Λίστα υλικών αυτόματου αρδευτικού συστήματος υδροπονίας

Α/Α	ΥΛΙΚΟ	ΜΕΤΡΑ	ΤΕΜΑΧΙΑ	ΙΣΤΟΤΟΠΟΣ
1	Σωλήνας πολυαιθυλενίου 6bars EuroPipe Φ25 mm	60		www.eurodrip.gr
2	Σωλήνας πολυαιθυλενίου 6bars EuroPipe Φ20mm	60		www.eurodrip.gr
3	Σωληνάκι PVC υδροπονίας Φ6 mm	70		www.eurodrip.gr
4	Λήψεις Φ6		108	www.eurodrip.gr
5	Λόγχη σταλάκτες γωνιακή 70 ⁰ 4L/h		108	www.eurodrip.gr
6	ΤΑΦ LOCK Φ25xΦ25xΦ25		5	www.eurodrip.gr
7	ΤΑΦ LOCK Φ25xΦ20xΦ25		10	www.eurodrip.gr
8	Βάνα πλαστική 1"		5	www.eurodrip.gr
9	Βανάκι lock Φ25xΦ25		5	www.eurodrip.gr
10	Πλαστικός διάδρομος απορροής νερού		9	www.plastikakritis.com
11	Σάκος περλίτη 95% πορώδες Perloflor Hydro 33L		54	www.isocon.gr



Εικόνα 2.4 Υπόστρωμα περλίτη

Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 108 φυτά πεπονιού (2 φυτά ανά υπόστρωμα) σε πλήρως τυχαίο σχεδίο (Completely Randomized Design) CRD (Εικόνα 2.9). Ο πρώτος (1) παράγοντας περιελάμβανε το γονότυπο (Γ) της ρίζας δηλαδή αυτοεμβολιασμένα φυτά και εμβολιασμένα στα υποκείμενα 'Ferro' (*Curcubita maxima* x *Curcubita moschata*) και 'Sphinx' (*Cucumis melo*) και ο δεύτερος (2) παράγοντας τους μικροοργανισμούς (Μ) δηλαδή *Control* (μάρτυρας – χωρίς την χρήση κάποιου μικροοργανισμού), *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42 (εμπορικό σκεύασμα Greener) και *Trichoderma harzianum* T-22 (εμπορικό σκεύασμα *Triatum-P*). Υπήρχαν δηλαδή 6 επαναλήψεις ανά μεταχείριση και 9 μεταχειρίσεις (3Γ x 3Μ) στο σύνολο.

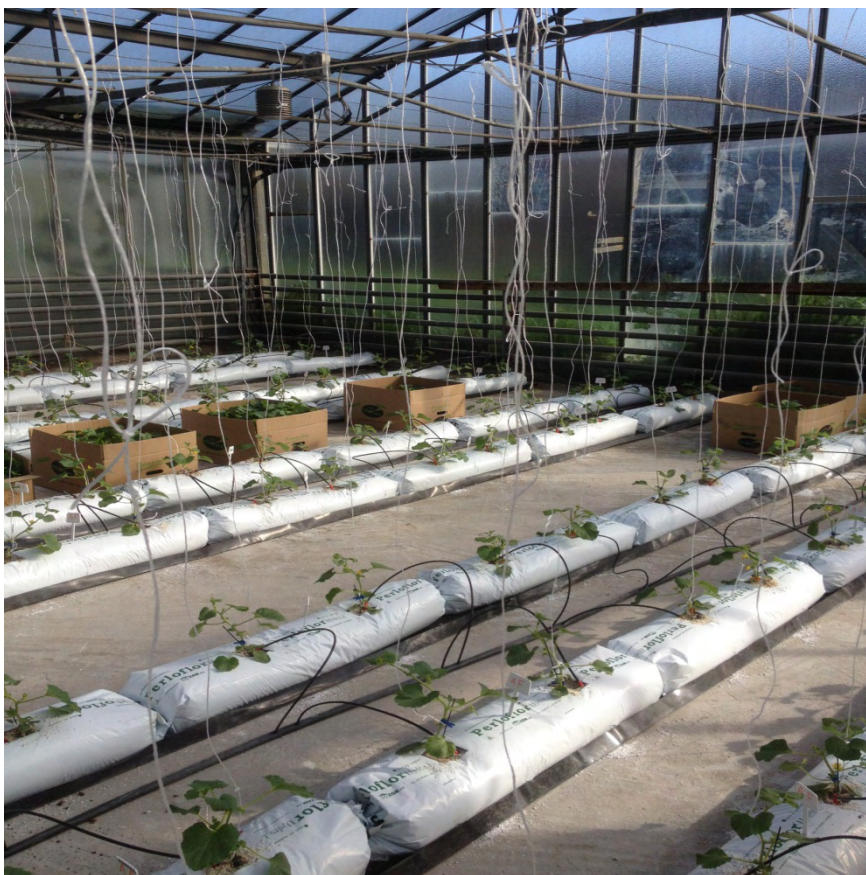
Η φύτευση έγινε στις 23 Μαρτίου 2015 και η μόλυνση με τους μικροοργανισμούς στις 24 Μαρτίου 2015 (Εικόνα 2.5).

Οι σάκοι περλίτη (Εικόνα 2.4) τοποθετήθηκαν πάνω σε πλαστικούς διαδρόμους απορροής μήκους 6m. Κάθε διάδρομος περιελάμβανε 6 σάκους περλίτη και υπήρχαν συνολικά 9 διάδρομοι. Οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών ήταν 40cm και 80cm σύμφωνα με το σχεδίο φύτευσης (Εικόνα 2.9). Οι αποστάσεις μεταξύ των φυτών σε κάθε σάκο περλίτη ήταν 40cm. Η πυκνότητα φύτευσης ήταν 2 φυτά/m². Τα φυτά ήταν από την εταιρεία Φυτώρια Κρόνος-Ιεράπετρα Κρήτης.

Οι καλλιεργητικές τεχνικές περιελάμβαναν αφαίρεση πλάγιων βλαστών, ανθέων, φύλλων, κορφολόγημα και δέσιμο (Πίνακας 2.2). Τα φυτά υποστυλώθηκαν από τον κεντρικό βλαστό τους με νάιλον σπάγκους οι οποίοι στερεώνονταν στα σύρματα του θερμοκηπίου. Μόλις οι βλαστοί έφτασαν το ύψος των συρμάτων κορφολογήθηκαν για να σταματήσει η περαιτέρω σε ύψος ανάπτυξή τους. Επιπλέον η αφαίρεση των πλάγιων βλαστών ανά τρεις κρίθηκε απαραίτητη για την καλύτερη ευρωστία των καρπών ενώ η ίδια τεχνική ακολουθήθηκε και με την αφαίρεση ανθέων. Τέλος

πραγματοποιήθηκε και αφαίρεση φύλλων για τον καλύτερο αερισμό των φυτών αλλά και για την απομάκρυνση παλαιών μη παραγωγικών φύλλων.

Οι φυτοπροστατευτικοί ψεκασμοί (Πίνακας 2.3) έγιναν σύμφωνα με τις οδηγίες που ορίζει η ισχύουσα εθνική και κοινοτική νομοθεσία. Οι εφαρμογές έγιναν για την αντιμετώπιση προσβολής από τετράνυχο (*Tetranychus urticae*), θρίπτα (*Frankliniella occidentalis*) και ωίδιο (*Erysiphe cichooacearum*).



Εικόνα 2.5 Φύτευση φυτών πεποنيού στο θερμοκήπιο

Η σκίαση του θερμοκηπίου έγινε με το υλικό Suldac Optifuse IR (Εικόνα 2.6) που είναι μία επίστρωση διάχυτη που σκορπίζει το φως σε υψηλό βαθμό (86%), σε συνδυασμό με την αποτελεσματική προστασία από τη θερμότητα.

Για την γονιμοποίηση και αύξηση της καρπόδεσης τοποθετήθηκε μία κυψέλη μελισσών στη ΝΔ πλευρά του θερμοκηπίου (Εικόνα 2.7).



Εικόνα 2.6: Υλικό σκίασης γυάλινου θερμοκηπίου

Πίνακας 2.2 Χρονολόγιο εργασιών της υδροπονικής καλλιέργειας πεπονιού

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΕΡΓΑΣΙΑ					ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
	A	K	O	Δ	E	
2.4.2015				x	x	
7.4.2015	x					
8.4.2015	x					
10.4.2015	x					
13.4.2015	x					
16.4.2015						Τοποθέτηση μίας (1) κυψέλης μελισσών στη ΝΔ πλευρά του θερμοκηπίου
21.4.2015	x		x			Αφαίρεση όλων των φύλλων από τη βάση του φυτού μέχρι το 1 ^ο μεσογονάτιο που σχηματίζει καρπό, αφήνουμε διάστημα 4 μεσογονατίων και πλάγιο με καρπό. Αφαιρούμε φύλλα και τμήμα βλαστού μετά τον καρπό στο βλαστό που έχουμε αφήσει. Όχι περισσότερο από 30% αφαίρεση φυλλικής επιφάνειας/φυτό σε μία επέμβαση.
22.4.2015	x		x			
23.4.2015	x		x			
24.4.2015	x					
27.4.2015	x	x				Αφαίρεση πλάγιων βλαστών μετά τον καρπό. Κορφολόγημα Control GC στην πρώτη γραμμή από αριστερά
28.4.2015	x		x	x	x	Αφαίρεση 4 ^{ου} φύλλου από κορυφή για μέτρηση νωπού και ξηρού βάρους και θρεπτικά
4.5.2015	x	x				
7.5.2015						Σκίαση με Suldac Optifuse IR
11.5.2015	x	x		x		
13.5.2015	x	x		x		Διατήρηση 3 καρπών ανά φυτό
16.5.2015				x		
21.5.2015	x					
25.5.2015	x					Οι πρώτοι ώριμοι καρποί (σχεδόν έτοιμοι για κόψιμο) στις γραμμές 5 και 6 στον 1 ^ο και 5 ^ο σάκο (βλέπε πειραματικό σχέδιο)
27.5.2015						Πρώτη κοπή καρπών
29.5.2015						Δεύτερη κοπή καρπών
1.6.2015						Τρίτη κοπή καρπών
3.6.2015						Τέταρτη κοπή καρπών
5.6.2015						Πέμπτη κοπή καρπών
8.6.2015						Έκτη κοπή καρπών
9.6.2015						Έβδομη κοπή καρπών
10.6.2015						Όγδοη κοπή καρπών
12.6.2015						Ένατη κοπή καρπών
18.6.2015						Δέκατη κοπή καρπών
A: Αφαίρεση πλάγιων βλαστών, K: Κορφολόγημα, O: Αφαίρεση φύλλων, Δ: Δέσιμο, E: Αφαίρεση ανθέων						

Πίνακας 2.3 Ημερολόγιο εργασιών φυτοπροστασίας

Α/Α	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΔΡΑΣΤΙΚΗ ΟΥΣΙΑ - ΩΦΕΛΙΜΟΙ	ΔΟΣΟΛΟΓΙΑ	ΟΓΚΟΣ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ (λίτρα) ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΕ ΓΙΑ 108 ΦΥΤΑ
1	3.4.2015	Laser 480 SC	Spinosad	2 ml / 8 l νερό	4,5
2	3.4.2015	Agricolle	-	24 ml / 8 l νερό	
3	8.4.2015	Vertimec 1,8EC	abamectin	6,4 ml / 8 l νερό	8
4	22.4.2015	Bioinsecta	Amblyseius swirskii (αρπακτικό θρίπα)	50000 άτομα / 400-1000 m ²	1 τεμάχιο
5	28.4.2015	ORTIVA 25 SC (fungicide)	Azoxystrobin 96,5%	6,4 ml / 8 l νερό	16
6	7.5.2015	ORTIVA 25 SC (fungicide)	Azoxystrobin 96,5%	6,4 ml / 8 l νερό	22
7	9.5.2015	Agricolle	-	24 ml / 8 l νερό	22
8	16.5.2015	KUMULUS S 80 WG	Sulphur 80%	24 g / 8 l νερό	24
9	26.5.2015	KUMULUS S 80 WG	Sulphur 80%	24 g / 8 l νερό	24



Εικόνα 2.7 Κυψέλη μελισσών στη ΝΔ πλευρά του θερμοκηπίου

2.2. Άρδευση – Λίπανση

Για την άρδευση χρησιμοποιήθηκε νερό του δικτύου του ΓΠΑ. Για την παρασκευή των διαλυμάτων χρησιμοποιήθηκαν πλαστικά βαρέλια ογκομετρημένα και στη συνέχεια η αντλία πίεσεως για μετάγγιση των διαλυμάτων στη δεξαμενή ποτίσματος. Τα λιπάσματα τα διέθεσε το Εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιεργειών του ΓΠΑ. Για το ζύγισμα των στερεών λιπασμάτων χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρονικός ζυγός και για την ογκομέτρηση του νιτρικού οξέως γυάλινος ογκομετρητής. Για τη μέτρηση του pH χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρονικό αδιάβροχο φορητό πεχάμετρο AD 131 και για τη μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) φορητό όργανο Hanna HI98312.

Σε κάθε παρασκευή διαλυμάτων έγιναν μετρήσεις για να διατηρηθούν οι τιμές του στόχου (Πίνακες 2.4 & 2.5). Μετά από κάθε μετάγγιση στη δεξαμενή ποτίσματος τα βαρέλια ξεπλένονταν με νερό δικτύου πριν επαναχρησιμοποιηθούν για το επόμενο διάλυμα. Ο υπολογισμός των ποσοτήτων του κάθε στοιχείου έγινε σε υπολογιστικά φύλλα Microsoft Office Excel (Savvas and Adamidis, 1999).

Το πρώτο πότισμα έγινε στις 20 Μαρτίου 2015 πριν τη φύτευση χειρονακτικά με γυάλινο ογκομετρικό σωλήνα για διαβροχή και εμπλουτισμό των σάκων περλίτη με διάλυμα ανάπτυξης (Πίνακας 2.6) και στη συνέχεια τα επόμενα ποτίσματα από 1 Απριλίου 2015 μέχρι το τέλος του πειράματος με αυτόματο σύστημα σταγδής άρδευσης (Πίνακες 2.7, 2.8, 2.9).

Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 18.716,4 λίτρα διαλύματος (11.923,2 λίτρα διαλύματος τροφοδοσίας και 6.793,2 λίτρα διαλύματος έναρξης) για την ανοικτού τύπου υδροπονική καλλιέργεια πεπονιού.

Σε κάθε φυτό δηλαδή τροφοδοτήθηκαν κατά μέσο όρο 173,3 λίτρα διαλύματος για διάστημα 91 ημερών από την ημερομηνία φύτευσης χωρίς να υπολογίζεται το ποσοστό απορροής.

Για την μόλυνση των φυτών με τους μικροοργανισμούς χρησιμοποιήθηκε γυάλινος δοσομετρημένος ογκομετρικός σωλήνας.

Πίνακας 2.4 Διάλυμα έναρξης υδροπονικής καλλιέργειας πεττονιού

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ									
Πυκνά διαλύματα	V, m ³	A	Επιθυμητά χαρακτηριστικά Θ.Δ.			Χημική σύσταση νερού			
Πυκνό διάλυμα Α	0,02	100	E_u *	2,45	dS/m	E_w	0,32	dS/m	
Πυκνό διάλυμα Β	0,02	100	pH opt.	5,6		pH	7,3		
Πυκνό διάλυμα οξέως	0,05	100	[K]	5,700	mmol/l	Ca ²⁺	0,90	mmol/l	
Επιλογή λιπάσματος φωσφόρου: Επιλέξτε 1 για φωσφορικό μονοκάλιο ή 2 για φωσφορικό οξύ	1		[Ca]	5,500	mmol/l	Mg ²⁺	0,30	mmol/l	
Επιλογή λιπάσματος βορίου: Επιλέξτε 1 για βορικό οξύ, 2 για τετραβορικό νάτριο (βόρακας) ή 3 για οκταβορικό νάτριο (solubor)	2		[Mg]	2,200	mmol/l	K ⁺	0,00	mmol/l	
Επιλογή λιπάσματος μολυβδαινίου: Επιλέξτε 1 για επταμολυβδαινικό αμμώνιο ή 2 για μολυβδαινικό νάτριο	2		[NO ₃]	15,650	mmol/l	NH ₄ ⁺	0,00	mmol/l	
Επιλογή λιπάσματος μολυβδαινίου: Επιλέξτε 1 για επταμολυβδαινικό αμμώνιο ή 2 για μολυβδαινικό νάτριο	2		[NH ₄]	0,900	mmol/l	Na ⁺	0,60	mmol/l	
Επιλογή λιπάσματος μολυβδαινίου: Επιλέξτε 1 για επταμολυβδαινικό αμμώνιο ή 2 για μολυβδαινικό νάτριο	2		[H ₂ PO ₄ ⁻]	1,250	mmol/l	SO ₄ ²⁻	0,20	mmol/l	
Επιθυμητές τιμές K, Ca, Mg: Επιλέξτε 1 για αναλογία K:Ca:Mg (mmol/mmol) ή 2 για συγκεντρώσεις (mmol/L)	2		[Fe] _t	15,00	μmol/l	NO ₃ ⁻	0,00	mmol/l	
Επιλέξτε 1 για εισαγωγή επιθυμητής τιμής N/K (mmol/mmol) ή 2 για επιθυμητή συγκέντρωση NO ₃ (mmol/L)	2		[Mn] _t	8,00	μmol/l	H ₂ PO ₄ ⁻	0,00	mmol/l	
Επιλέξτε 1 για εισαγωγή επιθυμητής τιμής NH ₄ /(NH ₄ +NO ₃) (mmol/mmol) ή 2 για επιθυμητή συγκέντρωση NH ₄ (mmol/L)	2		[Zn] _t	6,00	μmol/l	HCO ₃ ⁻	2,20	mmol/l	
Όταν η κεφαλή υδρολίπανσης προηγείται του μείκτη της απορροής εισάγετε 1, στην αντίθετη περίπτωση εισάγετε 2	1		[Cu] _t	0,80	μmol/l	Cl ⁻	0,40	mmol/l	
			[B] _t	40,00	μmol/l	Fe	0,00	μmol/l	
			[Mo] _t	0,50	μmol/l	Mn ⁺⁺	0,00	μmol/l	
			[Si]	0,00	mmol/l	Zn ⁺⁺	2,15	μmol/l	
			% καθαρό λίπασμα			Cu ⁺⁺	0,00	μmol/l	
			καθαρό HNO ₃	58	(% w/w)	B	0,00	μmol/l	
			καθαρό H ₃ PO ₄	85	(% w/w)	Mo	0,00	μmol/l	
			Fe σε χηλικό Fe	6,5	(% w/w)	Si	0,00	mmol/l	
			α	0,00		E_d	2,60	dS/m	
			E_{au}	2,45	dS/m	Σcat_w	3,00	meq/l	
			λιπάσματα (kg/δοχείο)	2,092		Σan_w	3,00	meq/l	
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ									
Κατιόντα/ανιόντα	C.C.S	C.C.W.	C.A.F.	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Si
C.A.S.	22,60			4,90	15,65	1,25	0,40	0,40	0,00
C.A.W.		3,00		0,40	0,00	0,00	2,20	0,40	0,00
A.A.F.			21,40	4,50	15,65	1,25	0,00	0,00	0,00
Ca ²⁺	11,00	1,80	9,20	0,00	9,20	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg ²⁺	4,40	0,60	3,80	3,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K ⁺	5,70	0,00	5,70	0,70	3,75	1,25	0,00	0,00	0,00
NH ₄ ⁺	0,90	0,00	0,90	0,00	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00
Na ⁺	0,60	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H ⁺	0,00	0,00	1,80	0,00	1,80	0,00	0,00	0,00	0,00
* Σημαντική παρατήρηση: Επιθυμητή τιμή ηλεκτρικής αγωγιμότητας (E_u) εισάγεται μόνο όταν καθορίζονται επιθυμητές αναλογίες για τα μακροκατιόντα (K:Ca:Mg). Όταν εισάγονται επιθυμητές συγκεντρώσεις K, Ca, Mg, τότε το πρόγραμμα θα υπολογίσει αυτόματα την EC που αντιστοιχεί σε αυτές τις συγκεντρώσεις.									

Καλλιεργητής:	ΓΠΑ - ΠΘ ΒΑΣΙΛΗΣ ΜΠΕΗΣ	
Καλλιέργεια:	Melon	
Τύπος σχήματος θρέψης:	Αρχικό Θ.Δ.	
Ημερομηνία:	από 20/3/2015 έως 6/5/2015	
ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΜΑΖΕΣ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ		
EC-στόχος για Θ.Δ. συμπλήρωσης	2,45	dS/m
pH	5,60	
Πυκνό διάλυμα Α		
	20	ΛΙΤΡΑ
1 Νιτρικό ασβέστιο	1,988	Kg
2 Νιτρικό κάλιο	0,078	Kg
3 Νιτρικό αμμώνιο	0,000	Kg
4 Χηλικός σίδηρος	0,026	Kg
Πυκνό διάλυμα Β		
	20	ΛΙΤΡΑ
1 Νιτρικό κάλιο	0,681	Kg
2 Θεικό μαγνήσιο	0,936	Kg
3 Νιτρικό μαγνήσιο	0,000	Kg
4 Φωσφορικό μονοκάλιο	0,340	Kg
5 Θεικό κάλιο	0,122	Kg
6 Φωσφορικό οξύ	0,000	λίτρα
7 Θεικό μαγγάνιο	2,704	g
8 Θεικός ψευδάργυρος	2,214	g
9 Θεικός χαλκός	0,400	g
10 Βορικό οξύ	0,000	g
11 Βόρακας	7,624	g
12 Solubor	0,000	g
13 Επταμολυβδαινικό αμμώνιο	0,000	g
14 Μολυβδαινικό νάτριο	0,242	g
Πυκνό διάλυμα οξέως		
	50	ΛΙΤΡΑ
1 Νιτρικό οξύ	0,687	λίτρα
Υπολογισμοί (C_b) για προσθήκη οξέως		
$[H_3O^+]_w$	5,01187E-08	
B_w	11,01	
$[CO_3^{2-}] + [HCO_3^-] + [H_2CO_3]$	0,0024222	
$[H_3O^+]_{(n.s.)}$	2,51189E-06	
$B_{(n.s.)}$	1,199530213	
[K]	-32,11	$\Sigma_{cation(n.s.)}$ 22,60
$[NH_4^+]$	80,2845	$\Sigma_{anion(n.s.)}$ 22,60

Πίνακας 2.5 Διάλυμα τροφοδοσίας στο βλαστικό στάδιο υδροπονικής καλλιέργειας πεττονιού

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ									
Πυκνά διαλύματα	V, m ³	A	Επιθυμητά χαρακτηριστικά Θ.Δ.			Χημική σύσταση νερού			
Πυκνό διάλυμα A	0,02	100	E_u *	2,30	dS/m	E_w	0,32	dS/m	
Πυκνό διάλυμα B	0,02	100	pH opt.	5,6		pH	7,3		
Πυκνό διάλυμα οξέως	0,05	100	[K]	5,500	mmol/l	Ca ²⁺	0,90	mmol/l	
Επιλογή λιπάσματος φωσφόρου: Επιλέξτε 1 για φωσφορικό μονοκάλιο ή 2 για φωσφορικό οξύ	1		[Ca]	4,800	mmol/l	Mg ²⁺	0,30	mmol/l	
Επιλογή λιπάσματος βορίου: Επιλέξτε 1 για βορικό οξύ, 2 για τετραβορικό νάτριο (βόρακας) ή 3 για οκταβορικό νάτριο (solubor)	2		[Mg]	1,800	mmol/l	K ⁺	0,00	mmol/l	
Επιλογή λιπάσματος μολυβδαινίου: Επιλέξτε 1 για επταμολυβδαινικό αμμώνιο ή 2 για μολυβδαινικό νάτριο	2		[NO ₃]	14,550	mmol/l	NH ₄ ⁺	0,00	mmol/l	
Επιθυμητές τιμές K, Ca, Mg: Επιλέξτε 1 για αναλογία K:Ca:Mg (mmol/mmol) ή 2 για συγκεντρώσεις (mmol/L)	2		[NH ₄]	1,400	mmol/l	Na ⁺	0,60	mmol/l	
Επιλέξτε 1 για εισαγωγή επιθυμητής τιμής N/K (mmol/mmol) ή 2 για επιθυμητή συγκέντρωση NO ₃ (mmol/L)	2		[H ₂ PO ₄ ⁻]	1,250	mmol/l	SO ₄ ²⁻	0,20	mmol/l	
Επιλέξτε 1 για εισαγωγή επιθυμητής τιμής NH ₄ /(NH ₄ +NO ₃) (mmol/mmol) ή 2 για επιθυμητή συγκέντρωση NH ₄ (mmol/L)	2		[Fe] _t	10,00	μmol/l	NO ₃ ⁻	0,00	mmol/l	
Όταν η κεφαλή υδρολίπανσης προηγείται του μείκτη της απορροής εισάγετε 1, στην αντίθετη περίπτωση εισάγετε 2	1		[Mn] _t	10,00	μmol/l	H ₂ PO ₄ ⁻	0,00	mmol/l	
			[Zn] _t	5,00	μmol/l	HCO ₃ ⁻	2,20	mmol/l	
			[Cu] _t	0,80	μmol/l	Cl ⁻	0,40	mmol/l	
			[B] _t	25,00	μmol/l	Fe	0,00	μmol/l	
			[Mo] _t	0,50	μmol/l	Mn ⁺⁺	0,00	μmol/l	
			[Si]	0,00	mmol/l	Zn ⁺⁺	2,15	μmol/l	
			% καθαρό λίπασμα			Cu ⁺⁺	0,00	μmol/l	
			καθαρό HNO ₃	58	(% w/w)	B	0,00	μmol/l	
			καθαρό H ₃ PO ₄	85	(% w/w)	Mo	0,00	μmol/l	
			Fe σε χηλικό Fe	6,5	(% w/w)	Si	0,00	mmol/l	
			α	0,00		E_d	2,60	dS/m	
			E_{au}	2,26	dS/m	Σcat_w	3,00	meq/l	
			λιπάσματα (kg/δοχείο)	1,866		Σan_w	3,00	meq/l	
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ									
Κατιόντα/ανιόντα	C.C.S	C.C.W.	C.A.F.	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Si
C.A.S.	20,70			4,10	14,55	1,25	0,40	0,40	0,00
C.A.W.		3,00		0,40	0,00	0,00	2,20	0,40	0,00
A.A.F.			19,50	3,70	14,55	1,25	0,00	0,00	0,00
Ca ²⁺	9,60	1,80	7,80	0,00	7,80	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg ²⁺	3,60	0,60	3,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K ⁺	5,50	0,00	5,50	0,70	3,55	1,25	0,00	0,00	0,00
NH ₄ ⁺	1,40	0,00	1,40	0,00	1,40	0,00	0,00	0,00	0,00
Na ⁺	0,60	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H ⁺	0,00	0,00	1,80	0,00	1,80	0,00	0,00	0,00	0,00
* Σημαντική παρατήρηση: Επιθυμητή τιμή ηλεκτρικής αγωγιμότητας (E_u) εισάγεται μόνο όταν καθορίζονται επιθυμητές αναλογίες για τα μακροκατιόντα (K:Ca:Mg). Όταν εισάγονται επιθυμητές συγκεντρώσεις K, Ca, Mg, τότε το πρόγραμμα θα υπολογίσει αυτόματα την EC που αντιστοιχεί σε αυτές τις συγκεντρώσεις.									

Καλλιεργητής:	ΓΠΑ-ΠΘ ΒΑΣΙΛΗΣ ΜΠΕΗΣ	
Καλλιέργεια:	Melon	
Τύπος σχήματος θρέψης:	Βλαστικό στάδιο	
Ημερομηνία:	από 7/5/2015 έως 21/6/2015	
ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΜΑΖΕΣ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ		
EC-στόχος για Θ.Δ. συμπλήρωσης	2,26	dS/m
pH	5,60	
Πυκνό διάλυμα Α		
	20	ΛΙΤΡΑ
1 Νιτρικό ασβέστιο	1,686	Kg
2 Νιτρικό κάλιο	0,064	Kg
3 Νιτρικό αμμώνιο	0,099	Kg
4 Χηλικός σίδηρος	0,017	Kg
Πυκνό διάλυμα Β		
	20	ΛΙΤΡΑ
1 Νιτρικό κάλιο	0,655	Kg
2 Θειικό μαγνήσιο	0,739	Kg
3 Νιτρικό μαγνήσιο	0,000	Kg
4 Φωσφορικό μονοκάλιο	0,340	Kg
5 Θειικό κάλιο	0,122	Kg
6 Φωσφορικό οξύ	0,000	λίτρα
7 Θειικό μαγγάνιο	3,380	g
8 Θειικός ψευδάργυρος	1,639	g
9 Θειικός χαλκός	0,400	g
10 Βορικό οξύ	0,000	g
11 Βόρακας	4,765	g
12 Solubor	0,000	g
Επταμολυβδαινικό		
αμμώνιο	0,000	g
13 Μολυβδαινικό νάτριο	0,242	g
Πυκνό διάλυμα οξέως		
	50	ΛΙΤΡΑ
1 Νιτρικό οξύ	0,687	λίτρα
Υπολογισμοί (C_b) για προσθήκη οξέως		
$[H_3O^+]_w$	5,01187E-08	
B_w	11,01	
$[CO_3^{2-}] + [HCO_3^-] + [H_2CO_3]$	0,0024222	
$[H_3O^+]_{(n.s.)}$	2,51189E-06	
$B_{(n.s.)}$	1,199530213	
[K]	20,89	$\Sigma_{cation(n.s.)}$ 20,70
$[NH_4^+]$	112,035	$\Sigma_{anion(n.s.)}$ 20,70

Πίνακας 2.6 Στοιχεία άρδευσης-λίπανσης (Μάρτιος 2015)

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΔΙΑΛΥΜΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ (ml/plant)	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΟΓΚΟΣ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ (l)
20/3/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	10500	1134
27/3/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	43,2
28/3/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	43,2
29/3/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	43,2
30/3/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	43,2
31/3/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	43,2
ΣΥΝΟΛΟ 1350 l			

Πίνακας 2.7 Στοιχεία άρδευσης-λίπανσης (Απρίλιος 2015 – αυτόματο πότισμα 1' σε τρεις δόσεις 09:30, 13:00 και 19:00)

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΔΙΑΛΥΜΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ (ml/plant)	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΟΓΚΟΣ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ (l)
1/4/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	129,6
2/4/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	129,6
3/4/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	129,6
4/4/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	129,6
5/4/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	129,6
6/4/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	129,6
7/4/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	129,6
8/4/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	129,6
9/4/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	129,6
10/4/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	129,6
11/4/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	129,6
12/4/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	129,6
13/4/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	129,6
14/4/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	129,6
15/4/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	129,6
16/4/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	129,6
17/4/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	129,6
18/4/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	129,6
19/4/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	129,6
20/4/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	129,6
21/4/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	129,6
22/4/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	129,6
23/4/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	129,6
24/4/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	129,6
25/4/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	129,6
26/4/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	129,6
27/4/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	129,6
28/4/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	129,6
29/4/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	129,6
30/4/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	129,6
ΣΥΝΟΛΟ 3888 l			

Πίνακας 2.8 Στοιχεία άρδευσης-λίπανσης (Μάιος 2015 – αυτόματο πότισμα 1' σε έξι δόσεις 09:00, 11:00, 13:00, 15:00, 17:00 και 19:00)

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΔΙΑΛΥΜΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ (ml/plant)	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΟΓΚΟΣ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ(l)
1/5/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	259,2
2/5/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	259,2
3/5/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	259,2
4/5/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	259,2
5/5/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	259,2
6/5/2015	ΕΝΑΡΞΗΣ	400	259,2
7/5/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
8/5/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
9/5/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
10/5/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
11/5/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
12/5/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
13/5/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
14/5/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
15/5/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
16/5/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
17/5/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
18/5/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
19/5/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
20/5/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
21/5/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
22/5/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
23/5/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
24/5/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
25/5/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
26/5/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
27/5/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
28/5/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
29/5/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
30/5/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
31/5/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
ΣΥΝΟΛΟ			8035,2 l

Πίνακας 2.9 Στοιχεία άρδευσης-λίπανσης (Ιούνιος 2015 – αυτόματο πότισμα 1' σε έξι δόσεις 08:00, 11:00, 13:00, 15:00, 17:00 και 19:00)

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΔΙΑΛΥΜΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ (ml/plant)	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΟΓΚΟΣ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ (lt)
1/6/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
2/6/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
3/6/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
4/6/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
5/6/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
6/6/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
7/6/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
8/6/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
9/6/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
10/6/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
11/6/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
12/6/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
13/6/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
14/6/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
15/6/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
16/6/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
17/6/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
18/6/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
19/6/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
20/6/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
21/6/2015	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	400	259,2
ΣΥΝΟΛΟ			5443,2 l

2.3. Αναλυτική Μεθοδολογία

Για τις εργαστηριακές μετρήσεις χρησιμοποιήθηκαν τα εργαστήρια και οι βοηθητικοί χώροι του Εργαστηρίου Κηπευτικών Καλλιεργειών του ΓΠΑ.

Στις 28 Απριλίου 2015 έγινε αφαίρεση φύλλων (4^{ου} φύλλου από κορυφή προς βάση) σε σύνολο 27 (3Γ x 3Μ x 3) δειγμάτων για μέτρηση νωπού και ξηρού βάρους καθώς και συγκεντρώσεων θρεπτικών στοιχείων.

Τα φύλλα κωδικοποιήθηκαν, μετρήθηκε το νωπό τους βάρος και στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε χάρτινες σακούλες. Τα δείγματα στέγνωσαν σε ειδικό θάλαμο ξήρανσης του θερμοκηπίου στους 70°C για 7 ημέρες.

Στη συνέχεια στις 4 Μαΐου 2015 μετρήθηκε το ξηρό βάρος των φύλλων. Έπειτα τα δείγματα των φύλλων πεπτονιού αλέσθηκαν σε μύλο MF-10 (0,5mm κόσκινο), ζυγίστηκε 0,5g αλεσμένου δείγματος και αφού τα δείγματα στέγνωσαν σε φούρνο εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα στους 72°C για 2 ώρες, τοποθετήθηκαν σε κάψες πορσελάνης (ξηρά αποτέφρωση) μέσα στο πυραντήριο για 8 ώρες στους 550°C.

Στη συνέχεια στις 6 Μαΐου 2015 τα δείγματα (τέφρα) εκχυλίστηκαν με 1 N HCl (10ml HCl σε κάθε κάψα) και μεταφέρθηκαν σε ογκομετρικές φλάσκες των 100 ml αφού πρώτα έγινε διήθηση από (ash less) διηθητικό χαρτί.

Στις 6 Μαΐου 2015 έγινε προσδιορισμός των συγκεντρώσεων Na^+ (mg/g) και K^+ (mg/g) με χρήση φλογοφωτόμετρου (φασματοφωτομετρία ατομικής εκπομπής AES Sherwood Μοντέλο 410, Cambridge, UK).

Στις 15 Μαΐου 2015 έγινε προσδιορισμός των συγκεντρώσεων Ca^{2+} (mg/g), Mg^{2+} (mg/g), Fe^{2+} (mg/Kg), Mn^{2+} (mg/Kg) και Zn^{2+} (mg/Kg) με φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης (Perkin Elmer 1100b, Waltham, MA).

Η συλλογή καρπών ξεκίνησε στις 27 Μαΐου 2015 και ολοκληρώθηκε στις 18 Ιουνίου 2015. Οι καρποί συλλέχθηκαν στο στάδιο της ωρίμανσης, κιτρινωπό χρώμα και καλοσχηματισμένο δίκτυ (Εικόνα 2.8), σύμφωνα με τις προδιαγραφές της αγοράς. Κατά τη διάρκεια της συγκομιδής οι παραμορφωμένοι καρποί απορρίπτονταν. Συνολικά συγκομίστηκαν 200 εμπορεύσιμοι καρποί σε σύνολο 108 φυτών πεπονιού. Το βάρος νωπού φρεσκοκομμένου καρπού μετρήθηκε για κάθε καρπό και η συνολική παραγωγή ήταν 166,25Kg με μέσο βάρος καρπών 831,25g.



Εικόνα 2.8 Ωριμος καρπός πεπονιού έτοιμος για συγκομιδή

Έξι καρποί από κάθε μεταχείριση ($6 \times 3\Gamma \times 3M = 54$) επιλέχθηκαν τυχαία για τις μετασυλλεκτικές μετρήσεις στο εργαστήριο οι οποίες περιελάμβαναν διάμετρο καρπού (εσωτερική και εξωτερική), εξωτερικό και εσωτερικό χρώμα καρπού και σάρκας, συνεκτικότητα καρπών (εσωτερικά και εξωτερικά), διάμετρο εσωτερικής

κοιλότητας, συνολικό βάρος σπόρων κοιλότητας, όγκο κοιλότητας, pH, αγωγιμότητα, τιτλοδοτούμενη οξύτητα και ολικά διαλυτά στερεά.

Η διάμετρος καρπού μετρήθηκε με τιτλοδοτούμενο χάρακα ακριβείας και οι μετρήσεις περιελάμβαναν τη μέτρηση της διαμέτρου της εσωτερικής κοιλότητας και τη μέτρηση της διαμέτρου του καρπού κατόπιν εγκάρσιας τομής του.

Το συνολικό βάρος σπόρων υπολογίστηκε σε ζυγό ακριβείας και οι σπόροι καθαρίστηκαν με ανοξειδωτο κουτάλι με προσοχή χωρίς να αφαιρεθεί σάρκα. Ο όγκος κοιλότητας μετρήθηκε μετά την αφαίρεση των σπόρων αφού γεμίστηκε με νερό και στη συνέχεια το νερό αυτό το αδειάσαμε σε τιτλοδοτούμενο ογκομετρικό σωλήνα.

Το εξωτερικό χρώμα (χρώμα περικαρπίου) μετρήθηκε με χρωματόμετρο Minolta CR 300 Chromatometer (Minolta, New Jersey, USA), που δίνει αριθμητικές τιμές για 3 παραμέτρους μέτρησης του φωτός L^* , a^* , b^* που αποτελούν καλές προσεγγίσεις των τιμών x , y , z του διεθνούς συστήματος CIE. Η παράμετρος L^* μετρά την φωτεινότητα σε μια κλίμακα από 0 (μαύρο) ως 100 (λευκό), η a^* δηλώνει πράσινο χρώμα όταν έχει αρνητικές τιμές και κόκκινο για θετικές, ενώ η b^* όταν έχει αρνητικές τιμές υποδηλώνει μπλε χρώμα ενώ με θετικές τιμές εκφράζεται το κίτρινο. Το όργανο βαθμονομήθηκε με μια λευκή πλάκα ($x=93,9$, $z=0,313$, $y=0,321$). Σε κάθε καρπό γινόταν μια μέτρηση στο κέντρο του καρπού. Για ακρίβεια στον προσδιορισμό της μεταβολής του χρώματος κατά την αποθήκευση, έγινε σήμανση κάθε καρπού και η μέτρηση πριν και μετά την αποθήκευση λήφθηκε στο ίδιο σημείο. Προσδιορίστηκε το ποσοστό μεταβολής της φωτεινότητας (L) ή του κόκκινου χρώματος (a) κατά την αποθήκευση, σύμφωνα με τους τύπους $[(\text{αρχική τιμή } L - \text{τελική τιμή } L) / \text{αρχική τιμή } L] \times 100$ και $[(\text{τελική τιμή } a - \text{αρχική τιμή } a) / \text{αρχική τιμή } a] \times 100$, αντίστοιχα, έτσι ώστε και στις δύο περιπτώσεις οι μεταβολές να έχουν θετικές τιμές (μείωση τιμής L αύξηση τιμής a κατά την αποθήκευση).

Η συνεκτικότητα των καρπών μετρήθηκε με επιτραπέζιο πενετρόμετρο Chatillon DFIS 10 προσαρμοσμένο στη βάση Chatillon TCM 201 (John Chatillon and Sons, Greensboro, NC), που είναι εφοδιασμένο με κωνική ακίδα διαμέτρου 6,3mm, με ταχύτητα καθόδου της ακίδας 200 mm/min, και μετρά συμπίεση έως 50 N με ακρίβεια 0,1 N. Σε κάθε καρπό γίνονταν δύο μετρήσεις σε αντιδιαμετρικά σημεία του, με την ακίδα να εισέρχεται πλήρως εντός του καρπού, κρατώντας τον από το σημείο πρόσφυσης του κάλυκα και το σημείο έκπτυξης του στύλου. Όλες οι μετρήσεις έγιναν με τον ίδιο τρόπο με σκοπό να ελαχιστοποιηθούν τα πειραματικά λάθη που μπορεί να προκύψουν λόγω διαφορετικών χειρισμών του οργάνου. Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν ως δύναμη (σε μονάδες N) που απαιτείται για τη διάτρηση του καρπού.

Εκτός από το χρώμα της επιδερμίδας, η υφή αποτελεί το άλλο ποιοτικό χαρακτηριστικό που είναι πολύ σημαντικό για τους καταναλωτές (Tijsskens and Evelo, 1994). Η υφή καθορίζεται από τη συνεκτικότητα της σάρκας και της επιδερμίδας (Kader *et al.*, 1978). Ο βαθμός της συνεκτικότητας του καρπού έχει χρησιμοποιηθεί σαν δείκτης της ποιότητας του (Burton, 1982) και μπορεί να είναι ο καθοριστικός παράγοντας για την επιλογή του καρπού από τον καταναλωτή (Gormley and Egan, 1978). Η μείωση της συνεκτικότητας (μαλάκωμα) του καρπού κατά την ωρίμανση προκύπτει από την υδρολυτική διάσπαση των πολυμερών του κυτταρικού τοιχώματος (σελλουλόζες, ημισελλουλόζες, πηκτίνες κ.λ.π.), από τις υδρολάσες (πολυγαλακτουρονάση [PG], μεθυλεστεράση της πηκτίνης [PME], λύαση του πηκτικού οξέος, παμνογαλακτουρονάση, σελλουλάση, β-γαλακτοσιδάση κ.λ.π.). Το μαλάκωμα ενισχύεται από τις εξπανσίνες, οι οποίες είναι πρωτεΐνες του κυτταρικού τοιχώματος χωρίς ενζυμική υδρολυτική δράση (Cosgrove, 2000) και διασπών τα πολλαπλά δίκτυα των πολυσακχαριτών, αυξάνοντας, έτσι, την προσβασιμότητα των υδρολασών στα πολυμερή του κυτταρικού τοιχώματος (Payasi *et al.*, 2009).

Στη συνέχεια ο προσδιορισμός των διαλυτών στερεών ($^{\circ}\text{Brix}$) έγινε με διαθλασίμετρο χειρός μοντέλο Schmidt & Haensch HR32B (Berlin, Germany). Οι 6 καρποί κάθε επανάληψης τεμαχίζονταν στη μέση με ανοξείδωτο μαχαίρι και ακολούθως περίπου 150g σάρκας αφαιρούνταν και πολτοποιούνταν με οικιακό blender και με μεταλλική, καθαρή και στεγνή σπάτουλα μεταφερόταν μία σταγόνα χυμού στην ειδική υποδοχή του οργάνου και ακολουθούσε η ανάγνωση με ακρίβεια 0,2Brix. Σε κάθε δείγμα-πολλά λαμβάνονταν δύο μετρήσεις και υπολογίστηκε ο μέσος όρος τους. Λόγω της επίδρασης της θερμοκρασίας στις μετρήσεις των ολικών διαλυτών στερεών με το διαθλασίμετρο, οι μετρήσεις πραγματοποιούνταν σε συγκεκριμένη θερμοκρασία δωματίου 22°C.

Από τον πολτό μετρήθηκαν το pH και η αγωγιμότητα με φορητό πεχάμετρο τύπου Crison pH 25 και φορητό αγωγιμόμετρο τύπου Crison Cm25 αντίστοιχα.

Ο προσδιορισμός της οξύτητας πραγματοποιήθηκε με τιτλοδότηση σε 10 ml πολτού με ποτενσιομετρική ογκομέτρηση με 0,02 M NaOH σε pH 8,1. Για την αντίδραση εξουδετέρωσης χρησιμοποιήθηκε διάλυμα NaOH N/50 (0,8 g NaOH σε 1 l αποσταγμένου νερού) και για δείκτης φαινολοφθαλεΐνη 1% (με διάλυση 1 g φαινολοφθαλεΐνης σε 100 ml αιθυλικής αλκοόλης 95%). Η μέθοδος που ακολουθήθηκε είναι η εξής: ζυγίστηκαν με ακρίβεια στη ζυγαριά 10 g πολτού και μεταφέρθηκαν σε ογκομετρικό κύλινδρο. Ο ογκομετρικός κύλινδρος πληρώθηκε μέχρι τα 200 ml με αποσταγμένο νερό. Μετά από καλή αναταραχή ακολούθησε

διήθηση με τη χρήση πτυχωτού ηθμού (Macherey-Nagel MN 617we). Από το διήθημα λαμβάνονταν με ακρίβεια 2 δείγματα 50 ml με τη βοήθεια ογκομετρικού κυλίνδρου, τα οποία τοποθετούνταν σε ευρύλαιμες κωνικές φιάλες. Ακολούθως προσθέτονταν 1-2 σταγόνες φαινολοφθαλεΐνης 1% και γινόταν τιτλοδότηση με διάλυμα NaOH N/50, μέχρι να εμφανιστεί ροδόχρους χροιά που διαρκούσε 30 δευτερόλεπτα. Τα ml του NaOH που απαιτούνται για την εξουδετέρωση (a ml) με βάση την ποσότητα του πολτού που χρησιμοποιήθηκε (10 g) για τον όγκο του διαλύτη (νερό – 200 ml), εκφράστηκαν σε γραμμάρια κιτρικού οξέος ανά 100 g νωπού βάρους καρπού, σύμφωνα με τη σχέση: $g \text{ κιτρικού οξέος} / 100 g \text{ καρπού} = ml \text{ NaOH} \times 0,0512$.

Ένα μέρος της σάρκας περίπου 100-150g αφού τεμαχίστηκε σε μικρά κομμάτια (5x5cm) αποθηκεύτηκε σε πλαστικές σακούλες και κωδικοποιήθηκε για να γίνουν οι μετρήσεις των θρεπτικών στοιχείων. Τα δείγματα (27) τοποθετήθηκαν σε ψυγείο στους 4°C μέχρι τις 17 Ιουλίου 2015 όποτε και βγήκαν τοποθετήθηκαν σε αλουμινόχαρτο και σε φούρνο εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα στους 70°C για 72 ώρες. Στη συνέχεια αφού αλέσθηκαν σε μύλο ακολουθήθηκε η διαδικασία που προαναφέρθηκε για τη μέτρηση θρεπτικών στοιχείων των πρώτων φύλλων. Οι μετρήσεις Na και K έγιναν στις 20 Ιουλίου 2015, οι μετρήσεις Mn, Zn, Fe στις 26 Ιανουαρίου 2016 (Εργαστήριο Οικολογίας ΓΠΑ) και οι μετρήσεις Ca, Mg στις 27 Ιανουαρίου 2016 (Εργαστήριο Οικολογίας ΓΠΑ).

Μετά την ολοκλήρωση της συγκομιδής των καρπών και συγκεκριμένα στις 18 Ιουνίου 2015 έγινε και δεύτερη συλλογή φύλλων (4-6 φύλλα από την κορυφή προς τη βάση) από 27 τυχαία δείγματα (3 φυτά x 3M x 3Γ). Το βάρος (g) των φρέσκων φύλλων υπολογίστηκε και στη συνέχεια τα φύλλα τοποθετήθηκαν σε ειδικό θάλαμο ξήρανσης του θερμοκηπίου για 4 ημέρες στους 72°C.

Στις 23 Ιουνίου 2015 υπολογίστηκε το βάρος (g) των ξηρών φύλλων αφού πρώτα τα φύλλα αλέσθηκαν σε μύλο (0,5mm κόσκινο) και στη συνέχεια ζυγίστηκε 0,5 g αλεσμένου δείγματος και ακολουθήθηκε η διαδικασία που προαναφέρθηκε για τον υπολογισμό των θρεπτικών στοιχείων

Κατόπιν στις 22 Ιουνίου 2015 αφαιρέθηκαν τα φυτά πεπονιού αφού κόπηκαν 7cm πάνω από τη βάση του εμβολίου και τα φυτικά υπολείμματα απορρίφθηκαν σε ειδικό κάδο στο χώρο ΓΠΑ.

Την ίδια ημέρα επιλέχθηκαν 27 (3 φυτά x 3M x 3Γ) τυχαία δείγματα ρίζας πεπονιού και τοποθετήθηκαν κωδικοποιημένα σε διάφανες πλαστικές σακούλες με το μείγμα περλίτη στο ψυγείο του θερμοκηπίου για περαιτέρω ανάλυση θρεπτικών στοιχείων.

Στο σύνολο συγκεντρώθηκαν 81 ρίζες πεπονιού. Οι ρίζες πρώτα καθαρίστηκαν από τον περλίτη με νερό βρύσης και στη συνέχεια με αποσταγμένο νερό. Το νωπό βάρος (g) των ριζών μετρήθηκε στις 24 Ιουνίου 2015 και το ξηρό βάρος (g) στις 29 Ιουνίου 2015 αφού πρώτα στέγνωσαν και τοποθετηθήκαν σε θάλαμο ξήρανσης του θερμοκηπίου στους 72°C για 4 ημέρες.

Επίσης στις 22 Ιουνίου 2015 έγινε και η συγκέντρωση των 54 τυχαίων δειγμάτων (6 φυτά x 3Γ x 3M) διαλύματος απορροής της ρίζας και 4 δειγμάτων replacement. Από κάθε δείγμα συγκεντρώθηκαν 200ml διαλύματος απορροής. Το διάλυμα απορροής συλλέχτηκε κατόπιν εξαγωγής του ριζικού συστήματος του πεπονιού από τη βάση του σάκου περλίτη. Κατόπιν διηθήθηκε με χαρτί διήθησης για να γίνει ο διαχωρισμός των ξένων σωμάτων. Στις 17 Ιουλίου 2015 μετρήθηκε το pH και η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) των διαλυμάτων απορροής της ρίζας πεπονιού με αραιώση δειγμάτων 1/100. Οι μετρήσεις Na και K έγιναν στις 20 Ιουλίου 2015 με αραιώση 1/10, οι μετρήσεις Mn, Zn, Fe στις 26 Ιανουαρίου 2016 (Εργαστήριο Οικολογίας ΓΠΑ) και οι μετρήσεις Ca, Mg στις 27 Ιανουαρίου 2016 (Εργαστήριο Οικολογίας ΓΠΑ).

2.4 Στατιστική Ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του προγράμματος Statistica 9 software package (Dell) και Microsoft Excel 2003 & 2007 (Microsoft Corporation). Τα δεδομένα αξιολογήθηκαν με two-way factorial ANOVA για τους παράγοντες και οι μέσοι όροι συγκρίθηκαν με Least Significance Difference (LSD) test ($P=0.05$). Duncan's multiple range test for unequal replications χρησιμοποιήθηκε.

2.5 Περιβάλλον Θερμοκηπίου – Κλιματικά Δεδομένα

Τα κλιματικά δεδομένα του περιβάλλοντα χώρου του θερμοκηπίου παραχωρήθηκαν από το Εργαστήριο Γενικής και Γεωργικής Μετεωρολογίας του ΓΠΑ (Πίνακας 2.11). Τα κλιματικά δεδομένα του εσωτερικού χώρου του θερμοκηπίου μετρήθηκαν με τη βοήθεια των οργάνων του Εργαστηρίου Κηπευτικών Καλλιεργειών του ΓΠΑ (Πίνακας 2.10)

Πίνακας 2.10 Κλιματικά δεδομένα του εσωτερικού χώρου του θερμοκηπίου

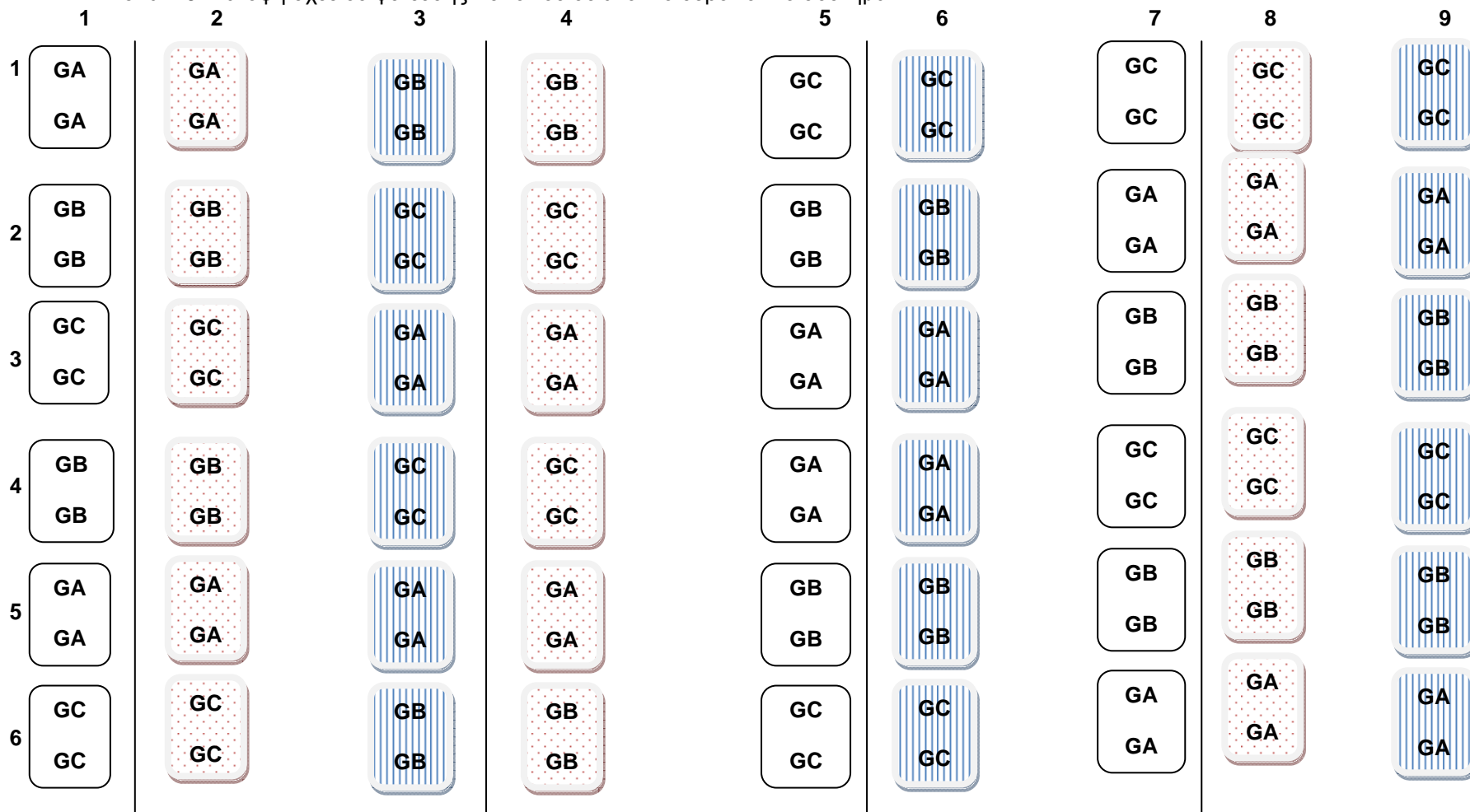
Μήνες 2015	T_{mean} (°C)	RH (%)
Μάρτιος	22,84	54,32
Απρίλιος	25,74	46,41
Μάιος	29,32	62,47
Ιούνιος	31,36	59,15

Πίνακας 2.11 Κλιματικά δεδομένα του εξωτερικού χώρου του θερμοκηπίου

Μήνες 2015	T_{mean} (°C)	T_{max} (°C)	T_{min} (°C)	RH (%) at 1,5m	Radiation (kWhm⁻²)	Wind speed (ms⁻¹) at 3m
Μάρτιος	11,93	20,9	0,9	72,92	136,15	3,1
Απρίλιος	15,15	24,2	2,9	61,83	235,08	2,7
Μάιος	20,52	30,6	11,5	61,92	287,96	2,6
Ιούνιος	24,11	34,6	13,9	57,76	292,67	2,8



Εικόνα 2.9: Κάτοψη σχεδίου φύτευσης πεπτονίου σε ανοικτό υδροπονικό σύστημα

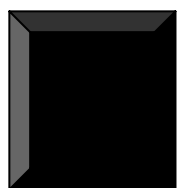


Control

*Bacillus
amyloliquefaciens*
Greener
30 ml / φυτό
(6 ml Greener/1 lit H₂O)

Trichoderma harzianum
T22-Trianum
100 ml / φυτό
(1,2 gr Trianum /4 lit H₂O)

GA: Self-grafted Alpes-Alpes
GB: Alpes-Ferro
GC: Alpes-Sphinx



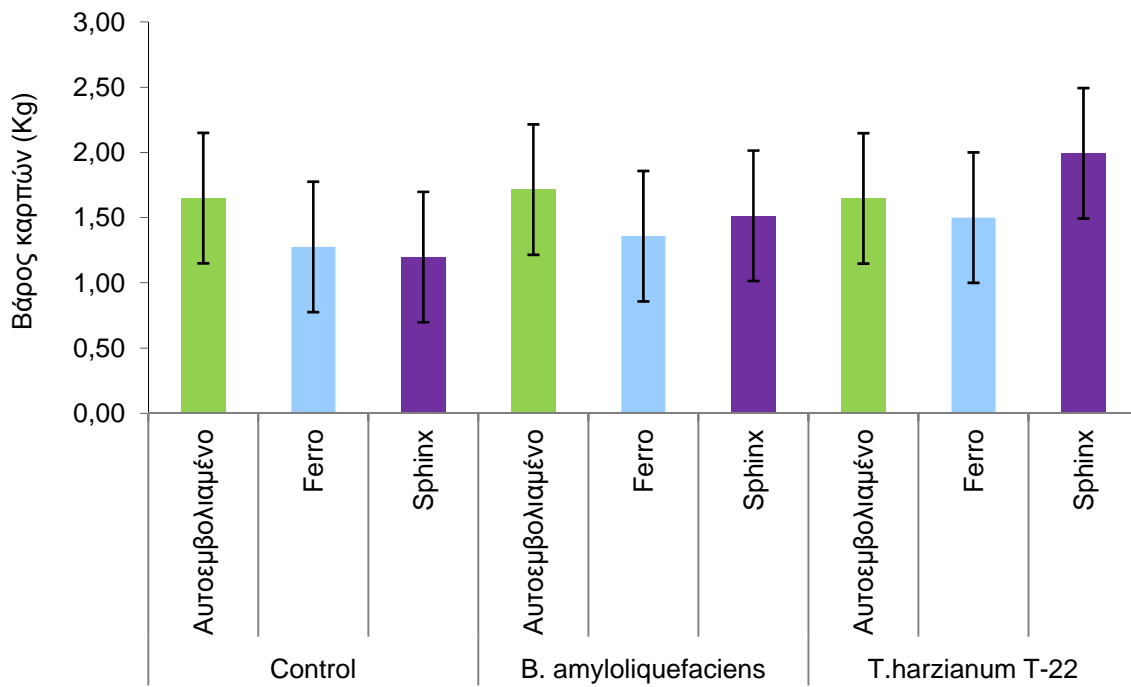
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι η συνολική παραγωγή των φυτών πεπониού δεν επηρεάστηκε ούτε από τη χρήση μικροοργανισμών ούτε από το γονότυπο της ρίζας (Γράφημα 3.1). Ο γονότυπος της ρίζας (Γ) έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά (Γράφημα 3.3) σε επίπεδο σημαντικότητας 5% των αυτοεμβολιασμένων φυτών Alpes-Alpes στο μέσο βάρος καρπού (g/καρπό), ενώ οι μικροοργανισμοί (Μ) και η αλληλεπίδραση αυτών με τον γονότυπο (Γ) στατιστικά σημαντική διαφορά (Γράφημα 3.4, 3.5) στον αριθμό καρπών ανά φυτό σε σχέση με τον μάρτυρα (Πίνακας 3.1).

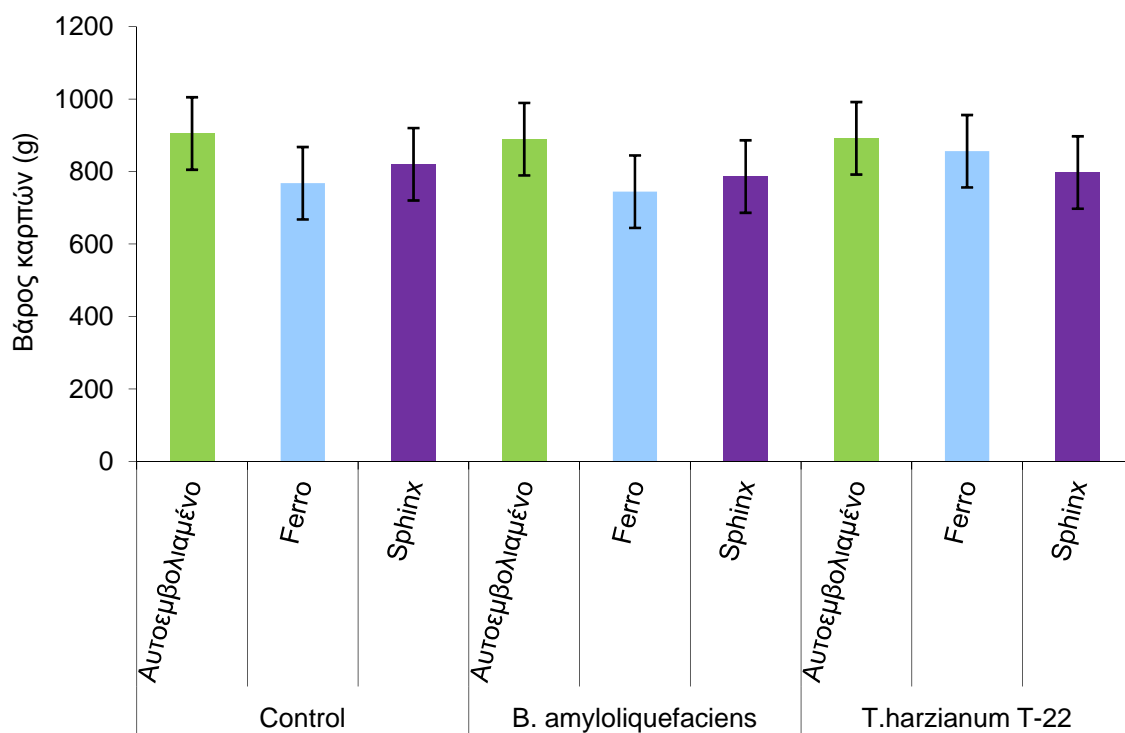
Πίνακας 3.1 Συνολική παραγωγή φυτών πεπониού

Μικροοργανισμοί (Μ)	Γονότυπος ρίζας (Γ)	Μέσο βάρος καρπού (g)	Αριθμός καρπών ανά φυτό	Παραγωγή καρπών (Kg/φυτό)
Μάρτυρας	Ferro	768	1,67 b	1,28
	Sphinx	820	1,50 b	1,23
	Αυτοεμβολιασμένο	905	1,83 b	1,65
<i>Trichoderma</i> <i>harzianum</i> T-22	Ferro	856	1,75 b	1,50
	Sphinx	797	2,50 a	1,99
	Αυτοεμβολιασμένο	892	1,83 b	1,64
<i>Bacillus</i> <i>amyloliquefaciens</i>	Ferro	744	1,83 b	1,36
	Sphinx	786	1,92 b	1,51
	Αυτοεμβολιασμένο	899	1,83 b	1,63
Στατιστική Αξιολόγηση				
Μικροοργανισμοί (Μ)		Μ.Σ	*	Μ.Σ
Γονότυπος ρίζας (Γ)		*	Μ.Σ	Μ.Σ
Μ Χ Γ		Μ.Σ	*	Μ.Σ
Πηγή παραλλακτικότητας			P	
Μικροοργανισμοί (Μ)		0,65	0,04	0,09
Γονότυπος ρίζας (Γ)		0,04	0,28	0,15
Μ Χ Γ		0,79	0,04	0,28

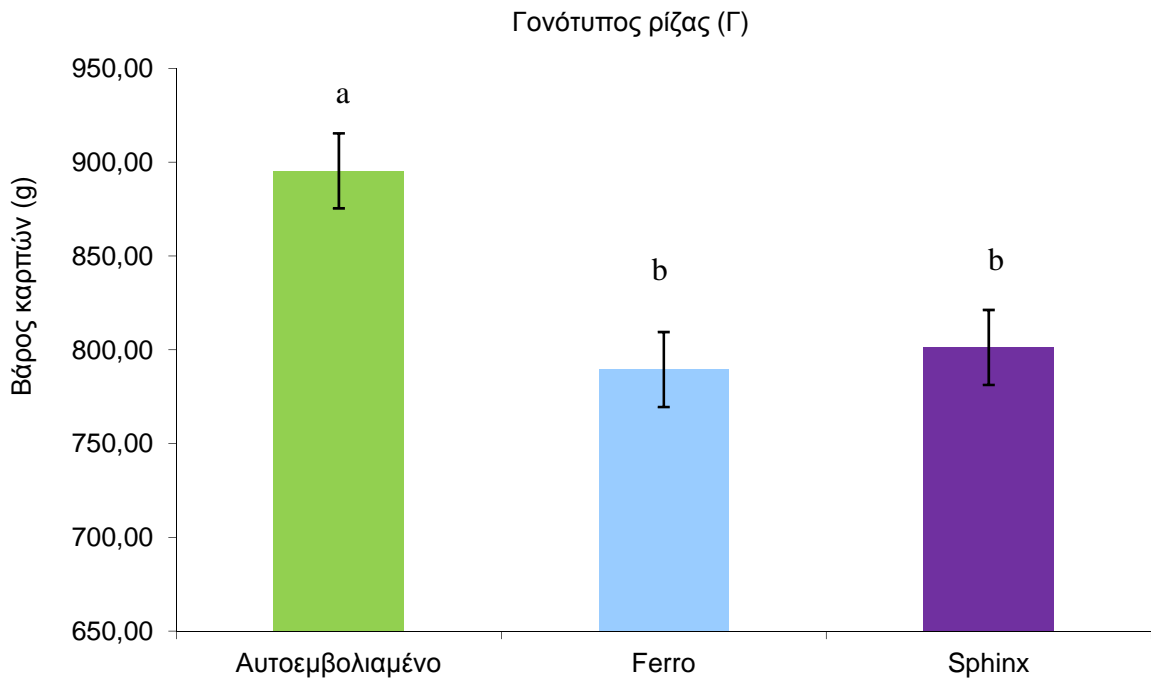
[Μ.Σ., *, **, *** μη στατιστικά σημαντική διαφορά ή σημαντική διαφορά σε P < 0,05, 0,01, 0,001]



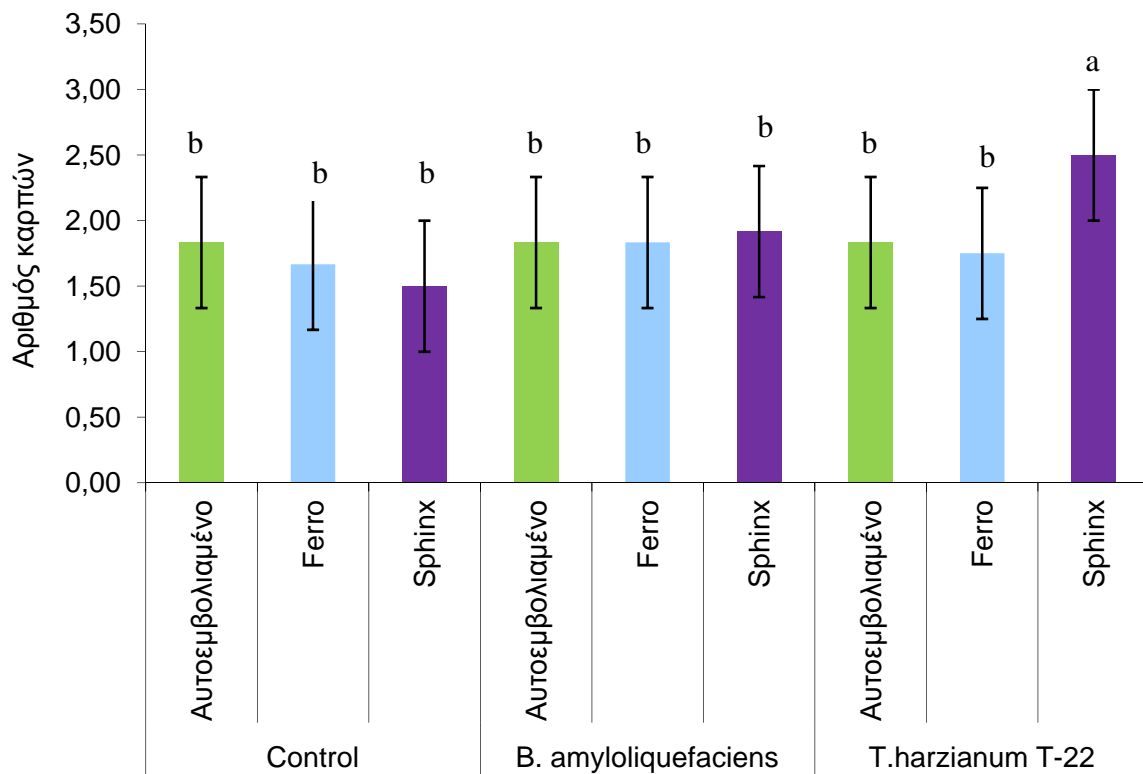
Γράφημα 3.1 Συνολική παραγωγή καρπών (Kg/φυτό)



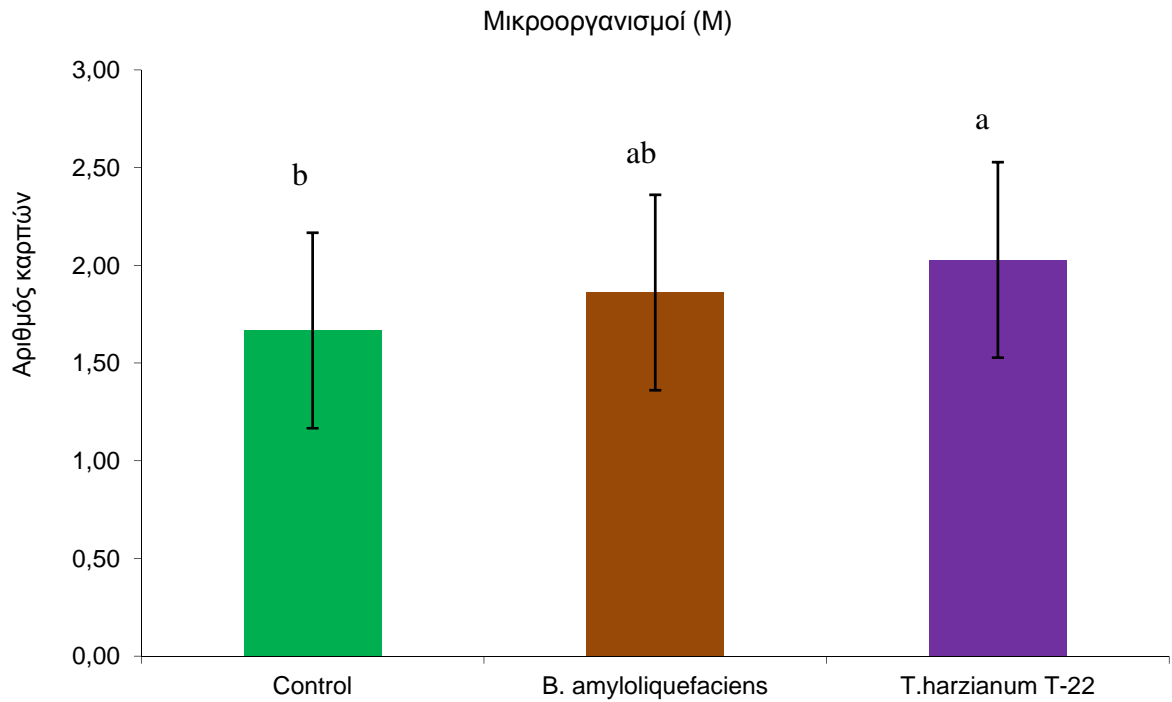
Γράφημα 3.2 Μέσο βάρος καρπού σε γραμμάρια (g)



Γράφημα 3.3 Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονότυπου ρίζας (Γ) στο μέσο βάρος (g) του νωπού καρπού



Γράφημα 3.4 Στατιστικά σημαντική διαφορά της αλληλεπίδρασης του γονότυπου ρίζας (Γ) και των μικροοργανισμών (M) στον αριθμό καρπών ανά φυτό



Γράφημα 3.5 Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης των μικροοργανισμών (M) στον αριθμό καρπών ανά φυτό

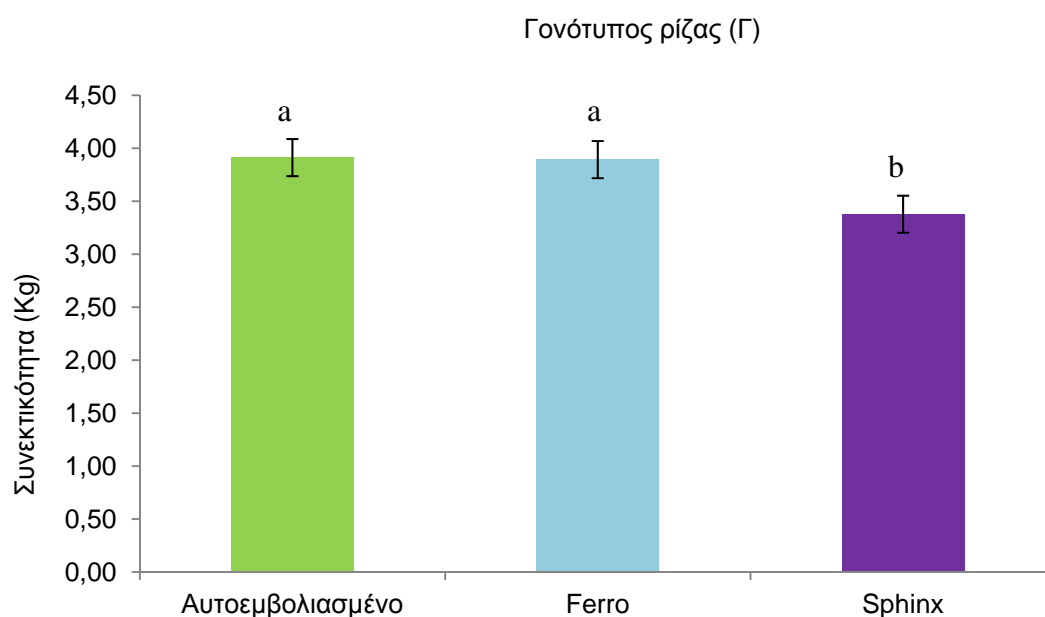
3.1 Ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών

3.1.1 Εξωτερικά χαρακτηριστικά καρπών

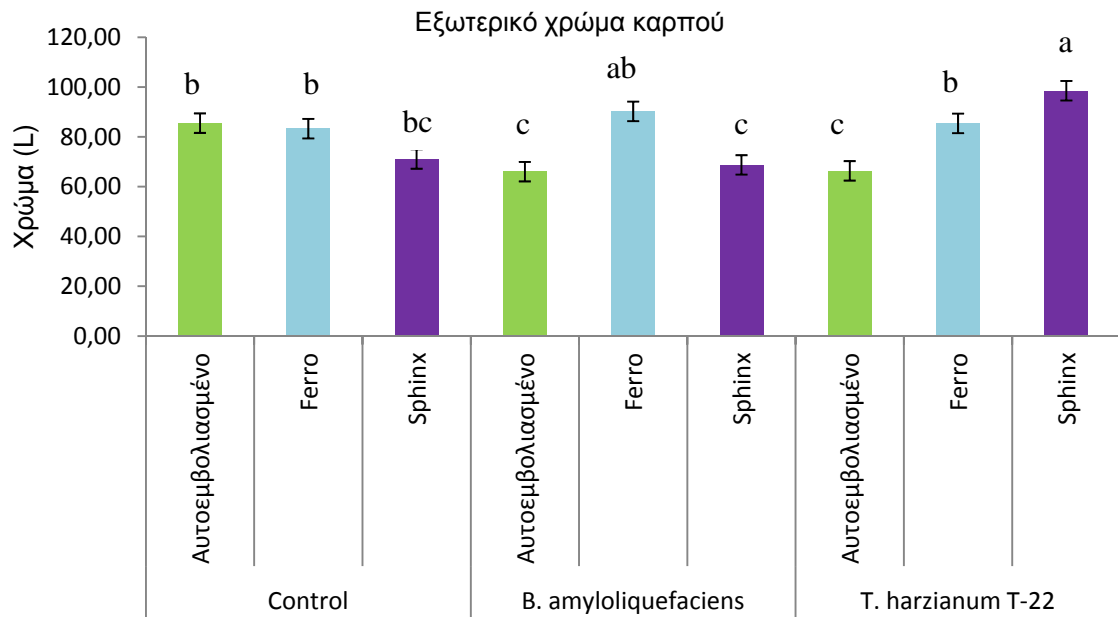
Με εξαίρεση στο χρώμα του καρπού και στη συνεκτικότητά του οι μικροοργανισμοί και ο γονότυπος της ρίζας καμία άλλη επίδραση δεν είχαν στα εξωτερικά χαρακτηριστικά του καρπού (Πίνακας 3.2). Η συνεκτικότητα του καρπού ήταν στατιστικώς μεγαλύτερη για τα αυτοεμβολιασμένα φυτά Alpes-Alpes (Γράφημα 3.6). Όσον αφορά το χρώμα του καρπού το Ferro παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με το Sphinx και τα αυτοεμβολιασμένα φυτά (Γραφήματα 3.7 & 3.8) με το Sphinx-*T.harzianum* να δίνει τις καλύτερες τιμές.

Πίνακας 3.2 Εξωτερικά χαρακτηριστικά καρπών πεπτονιού

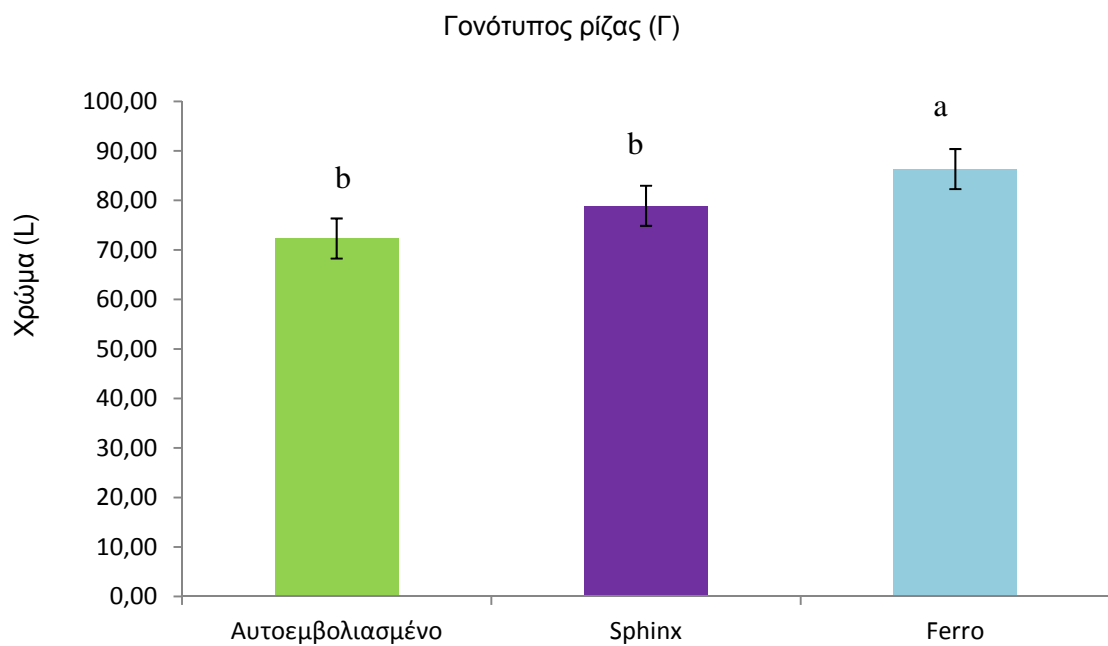
Μικροοργανισμοί (Μ)	Γονότυπος ρίζας (Γ)	Διάμετρος κατά μήκος (cm)	Διάμετρος κατά πλάτος (cm)	Συνεκτικότητα καρπού (Kg)	Χρώμα καρπού
Μάρτυρας	Ferro	10,72	10,12	3,93	83,31
	Sphinx	11,05	10,07	3,70	71,14
	Αυτοεμβολιασμένο	12,63	10,87	4,00	85,52
<i>Trichoderma harzianum</i> T-22	Ferro	10,85	10,43	3,70	85,43
	Sphinx	11,13	9,88	3,47	98,54
	Αυτοεμβολιασμένο	10,91	9,87	3,78	66,37
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Ferro	10,52	9,37	4,05	90,25
	Sphinx	11,44	1,01	3,02	68,76
	Αυτοεμβολιασμένο	11,12	10,00	3,97	66,04
Στατιστική Αξιολόγηση					
Μικροοργανισμοί (Μ)		Μ.Σ	Μ.Σ	Μ.Σ	Μ.Σ
Γονότυπος ρίζας (Γ)		Μ.Σ	Μ.Σ	*	***
Μ Χ Γ		Μ.Σ	Μ.Σ	Μ.Σ	***
Πηγή παραλλακτικότητας			P		
Μικροοργανισμοί (Μ)		0,42	0,72	0,60	0,07
Γονότυπος ρίζας (Γ)		0,12	0,62	0,05	0,00
Μ Χ Γ		0,22	0,08	0,57	0,00



Γράφημα 3.6 Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονοτύπου ρίζας (Γ) στη συνεκτικότητα του καρπού πεπτονιού



Γράφημα 3.7 Στατιστικά σημαντική διαφορά της αλληλεπίδρασης του γονοτύπου της ρίζας (Γ) και των μικροοργανισμών (Μ) στο χρώμα του καρπού πεπτονίου



Γράφημα 3.8 Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονοτύπου της ρίζας (Γ) στο χρώμα του καρπού πεπτονίου

3.1.2 Εσωτερικά χαρακτηριστικά καρπών

Όσον αφορά τα εσωτερικά χαρακτηριστικά των καρπών ούτε ο γονότυπος της ρίζας αλλά ούτε οι μικροοργανισμοί επηρέασαν στατιστικά σημαντικά το χρώμα της σάρκας του καρπού (Πίνακας 3.3).

Αντιθέτως η συνεκτικότητα της σάρκας του καρπού έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές για όλες τις μεταχειρίσεις (Γράφημα 3.14 & 3.15) αλλά και για την αλληλεπίδραση του γονότυπου της ρίζας με τους μικροοργανισμούς (Γράφημα 3.13). Επιπλέον οι μικροοργανισμοί δεν επηρέασαν το pH και τα ολικά διαλυτά στερεά του καρπού αλλά εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην οξύτητα αυτού (Γράφημα 3.12).

Από την άλλη πλευρά ο γονότυπος της ρίζας έδειξε να επηρεάζει στατιστικά σημαντικά το pH (Γράφημα 3.9) και την οξύτητα του καρπού (Γράφημα 3.11) όχι όμως και τα ολικά διαλυτά στερεά.

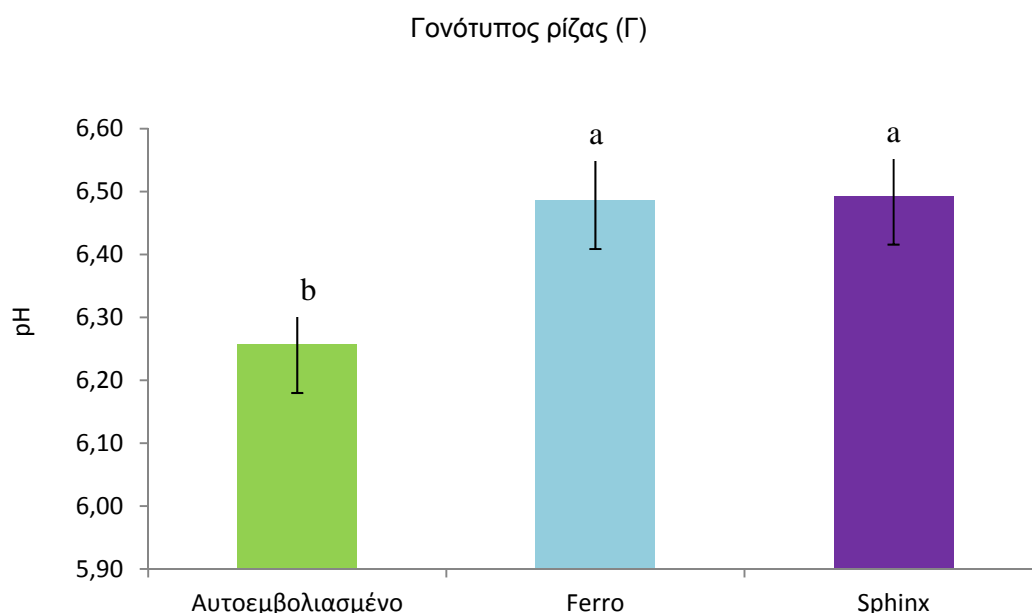
Η αλληλεπίδραση του γονότυπου της ρίζας και των μικροοργανισμών εμφάνισε στατιστικά σημαντικές διαφορές στα ολικά διαλυτά στερεά (Γράφημα 3.10) αλλά δεν είχε καμία απολύτως στατιστικά σημαντική επίδραση στο pH και στην οξύτητα του καρπού πεπονιού.

Τέλος καμία στατιστικά σημαντική διαφορά δε βρέθηκε για την εσωτερική διάμετρο κατά μήκος και πλάτος όσο και για τον όγκο κοιλότητας του καρπού μεταξύ των μεταχειρίσεων (Πίνακας 3.4).

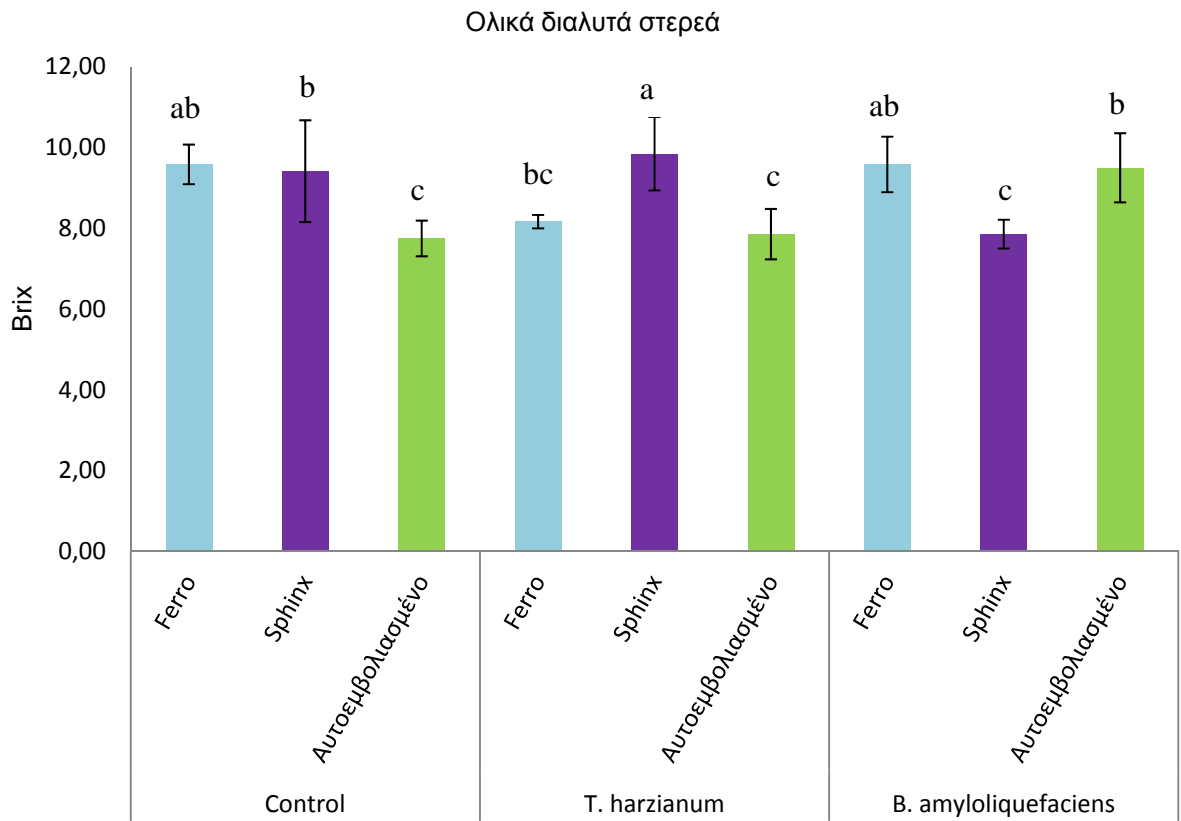
Όσον αφορά το βάρος των σπόρων της κοιλότητας ο γονότυπος της ρίζας και η αλληλεπίδραση του με τους μικροοργανισμούς παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Πίνακας 3.3 Εσωτερικά χαρακτηριστικά καρπών πεπτονιού

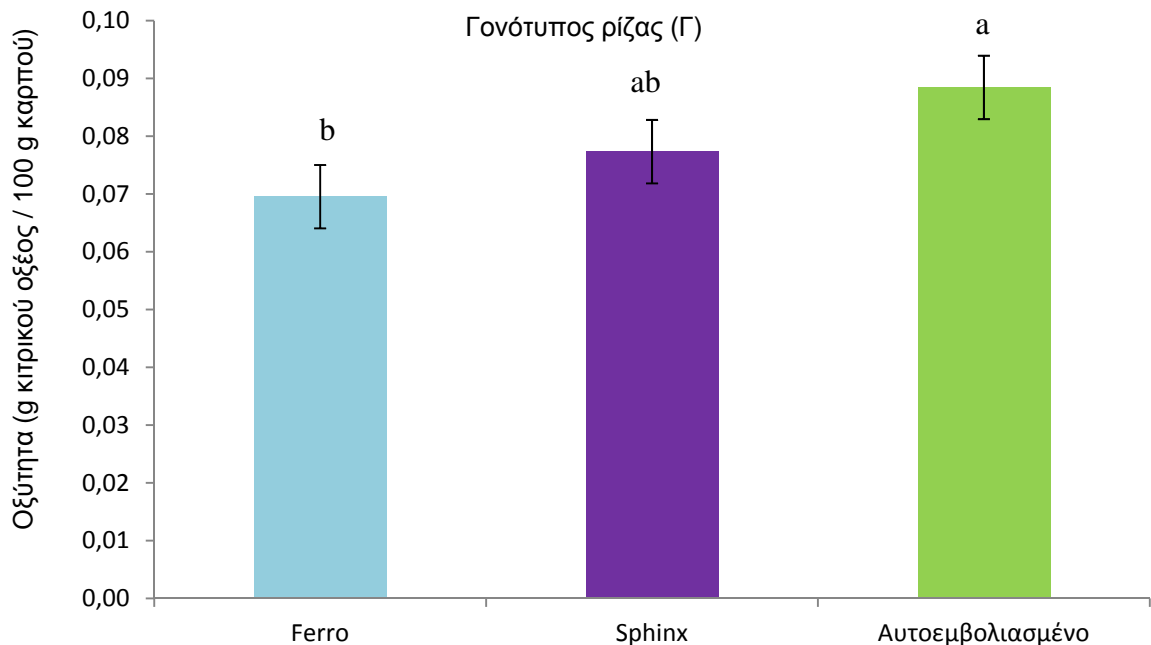
Μικροοργανισμοί (Μ)	Γονότυπος ρίζας (Γ)	pH	Ολικά διαλυτά στερεά (Brix)	Οξύτητα	Συνεκτικότητα σάρκας (Kg)	Χρώμα σάρκας L1	Χρώμα σάρκας L2
Μάρτυρας	Ferro	6,37	9,58	0,06	2,35	76,35	74,55
	Sphinx	6,49	9,42	0,07	1,32	76,60	77,71
	Αυτοεμβολιασμένο	6,44	7,75	0,10	2,37	78,67	77,00
<i>Trichoderma harzianum</i> T-22	Ferro	6,54	8,17	0,07	1,39	69,29	72,79
	Sphinx	6,34	9,85	0,06	1,24	79,93	79,84
	Αυτοεμβολιασμένο	6,13	7,86	0,07	1,06	64,37	66,18
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Ferro	6,55	9,58	0,08	2,85	71,45	77,54
	Sphinx	6,63	7,86	0,10	1,59	84,31	84,96
	Αυτοεμβολιασμένο	6,23	9,50	0,09	1,43	74,08	68,46
Στατιστική Αξιολόγηση							
Μικροοργανισμοί (Μ)		Μ.Σ	Μ.Σ	*	**	Μ.Σ	Μ.Σ
Γονότυπος ρίζας (Γ)		*	Μ.Σ	*	**	Μ.Σ	Μ.Σ
Μ Χ Γ		Μ.Σ	*	Μ.Σ	*	Μ.Σ	Μ.Σ
Πηγή παραλλακτικότητας					P		
Μικροοργανισμοί (Μ)		0,29	0,80	0,03	0,00	0,38	0,65
Γονότυπος ρίζας (Γ)		0,01	0,37	0,06	0,00	0,17	0,10
Μ Χ Γ		0,12	0,04	0,12	0,04	0,58	0,69



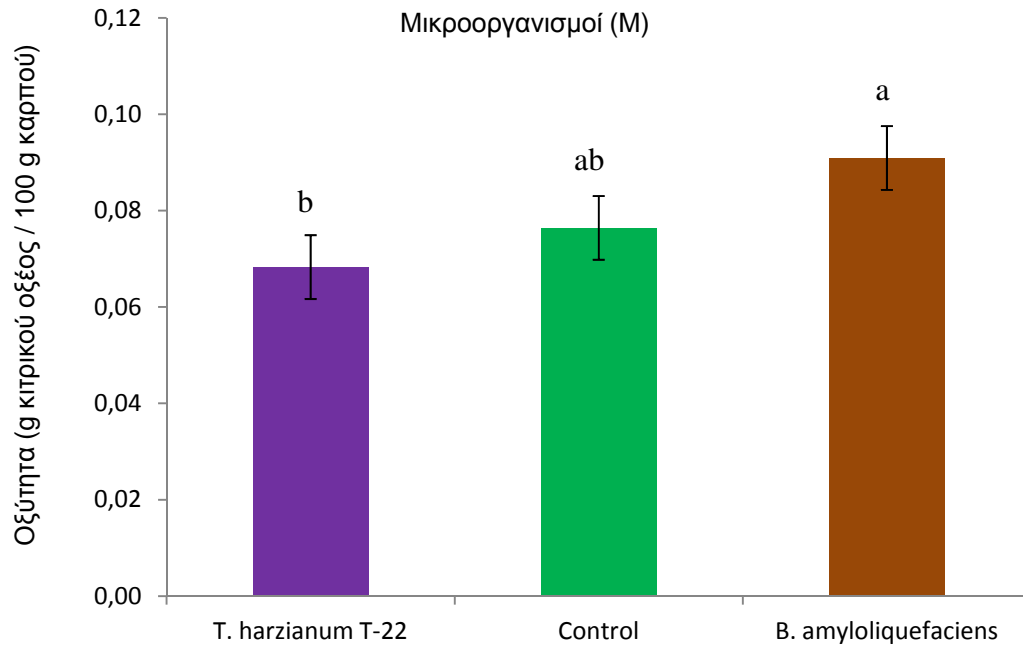
Γράφημα 3.9 Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονοτύπου ρίζας (Γ) στο pH του χυμού πεπτονιού



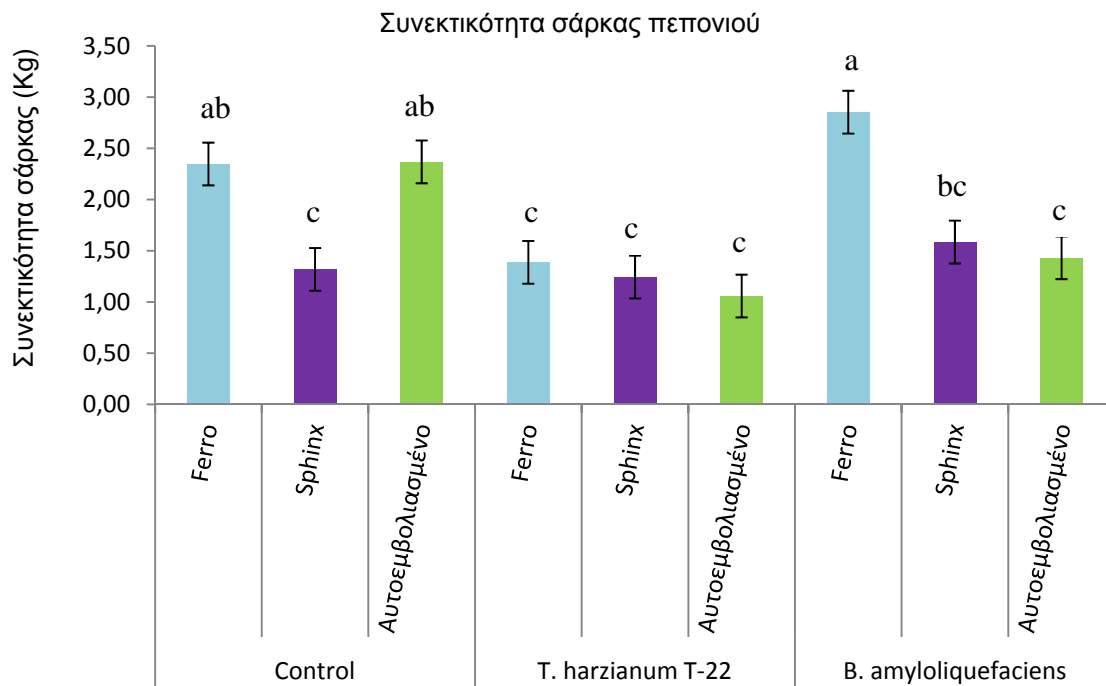
Γράφημα 3.10 Στατιστικά σημαντική διαφορά της αλληλεπίδρασης των μικροοργανισμών (M) και του γονοτύπου ρίζας (Γ) στα ολικά διαλυτά στερεά του χυμού πεπονιού



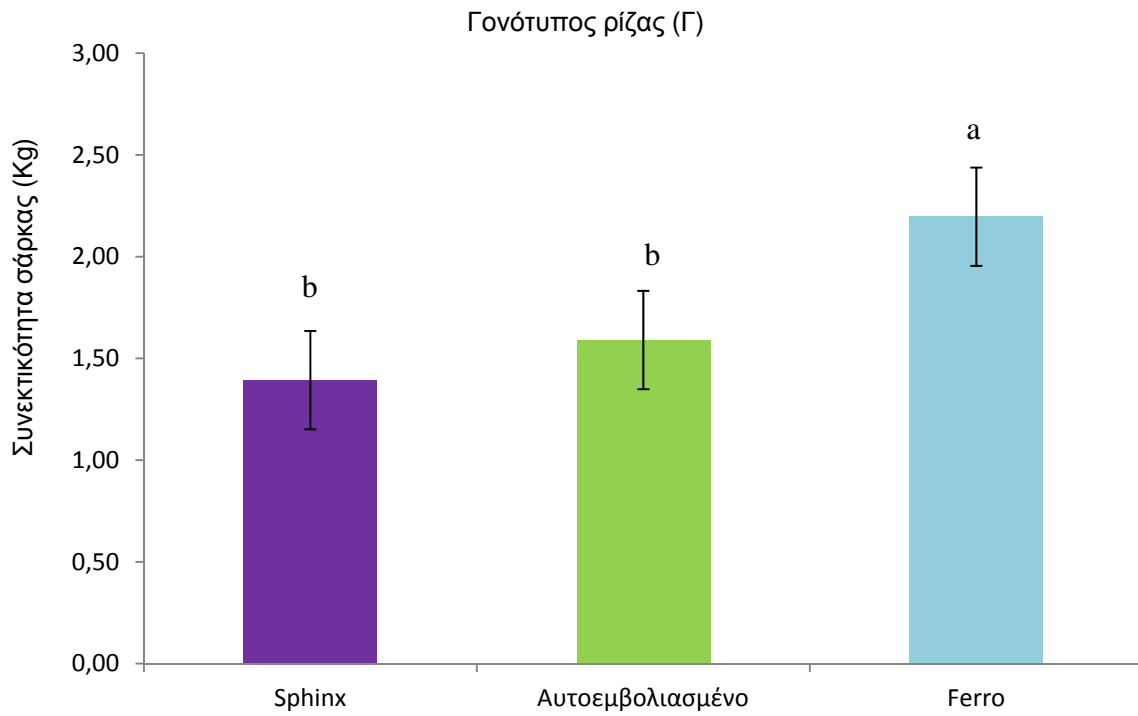
Γράφημα 3.11 Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονοτύπου ρίζας (Γ) στην οξύτητα του καρπού πεπονιού



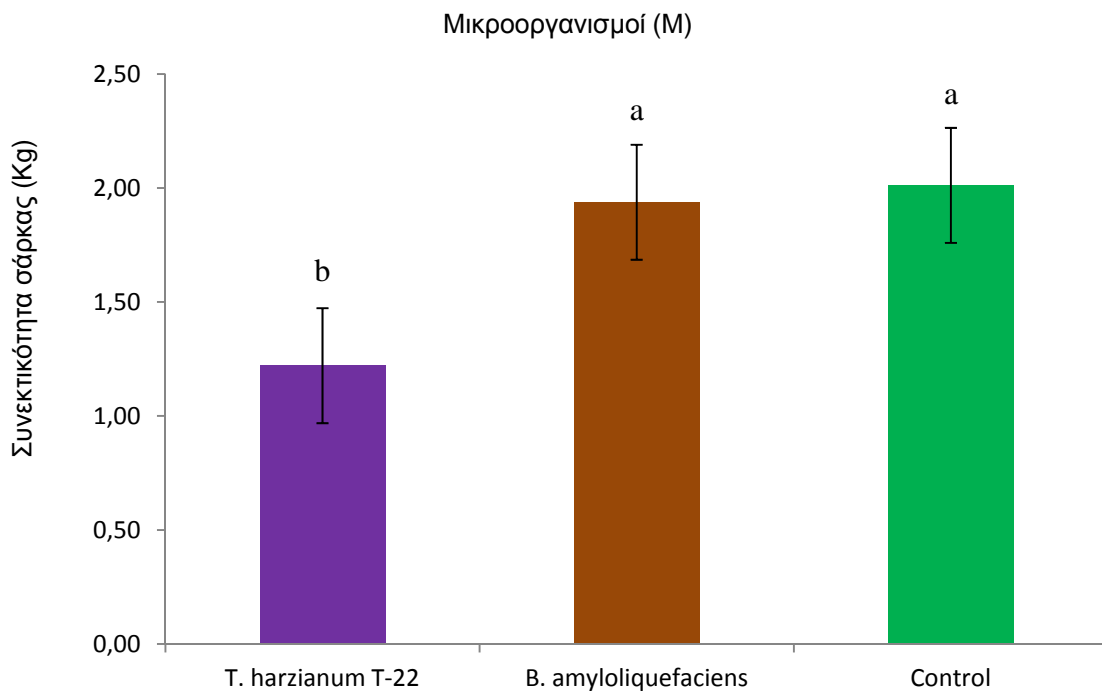
Γράφημα 3.12 Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης των μικροοργανισμών (M) στην οξύτητα του καρπού πεπониού



Γράφημα 3.13 Στατιστικά σημαντική διαφορά της αλληλεπίδρασης των μικροοργανισμών (M) και του γονότυπου ρίζας (Γ) στη συνεκτικότητα της σάρκας πεπониού



Γράφημα 3.14 Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονότυπου ρίζας (Γ) στη συνεκτικότητα της σάρκας πεπτονιού



Γράφημα 3.15 Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης των μικροοργανισμών (Μ) στη συνεκτικότητα του καρπού του πεπτονιού

Πίνακας 3.4 Εσωτερικά χαρακτηριστικά καρπών πεπτονιού

Μικροοργανισμοί (Μ)	Γονότυπος ρίζας (Γ)	Βάρος σπόρων κοιλότητας καρπού (g)	Διάμετρος κοιλότητας κατά μήκος (cm)	Διάμετρος κοιλότητας κατά πλάτος (cm)	Όγκος κοιλότητας (ml)
Μάρτυρας	Ferro	74,59 ac	6,83	5,10	80,00
	Sphinx	70,09 abc	6,38	5,92	73,50
	Αυτοεμβολιασμένο	83,29 a	7,67	5,05	84,83
<i>Trichoderma harzianum</i> T-22	Ferro	63,23 bc	6,53	6,13	86,50
	Sphinx	88,52 a	8,02	5,38	88,83
	Αυτοεμβολιασμένο	85,83 a	7,36	5,16	76,29
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Ferro	55,04 b	6,92	5,20	78,03
	Sphinx	82,23 a	7,04	7,01	74,00
	Αυτοεμβολιασμένο	86,62 a	8,00	5,33	98,50
Στατιστική Αξιολόγηση					
Μικροοργανισμοί (Μ)		M.Σ	M.Σ	M.Σ	M.Σ
Γονότυπος ρίζας (Γ)		***	M.Σ	M.Σ	M.Σ
Μ Χ Γ		*	M.Σ	M.Σ	M.Σ
Πηγή παραλλακτικότητας			P		
Μικροοργανισμοί (Μ)		0,63	0,63	0,63	0,76
Γονότυπος ρίζας (Γ)		0,00	0,10	0,19	0,48
Μ Χ Γ		0,07	0,28	0,38	0,18

3.2 Νωπά και ξηρά βάρη

Στα νωπά και ξηρά βάρη των καρπών (Πίνακας 3.5) ο γονότυπος έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές μόνο στα νωπά βάρη. Τα αυτοεμβολιασμένα φυτά *Alpes Alpes* παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τα *Ferro* και τα *Sphinx*.

Στα νωπά και ξηρά βάρη των φύλλων ο γονότυπος έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές (Γράφημα 3.16 & 3.17) με τα αυτοεμβολιασμένα φυτά να υπερέχουν στατιστικά σημαντικά έναντι των *Ferro* και *Sphinx*. Στη ξηρά ουσία (%) των φύλλων το *Trichoderma harzianum* T-22 αύξησε στατιστικά σημαντικά το ποσοστό (Γράφημα 3.18).

Το ριζικό σύστημα του *Ferro* ήταν στατιστικώς μεγαλύτερο σε σύγκριση με τους άλλους δύο γονότυπους (Γράφημα 3.19) ενώ η χρήση του *Trichoderma harzianum* T-

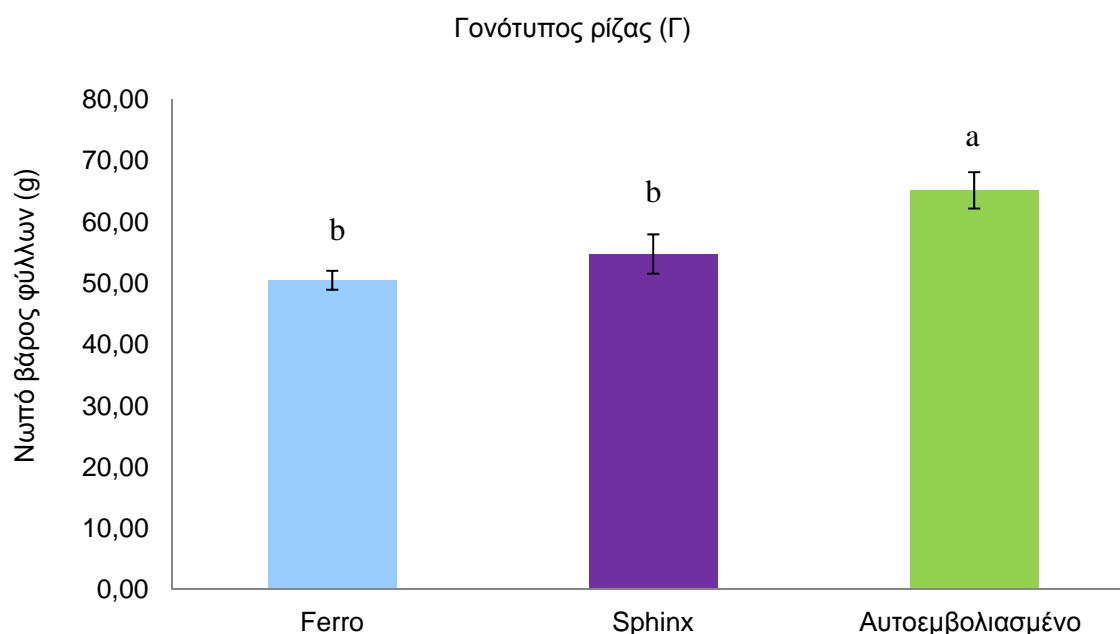
22 αύξησε μόνο την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος (Γράφημα 3.20) και όχι του υπέργειου των φυτών πεπονιας σε σύγκριση με τις άλλες δύο επεμβάσεις.

Πίνακας 3.5 Νωπά και ξηρά βάρη καρπών και νωπά βάρη ριζικού συστήματος

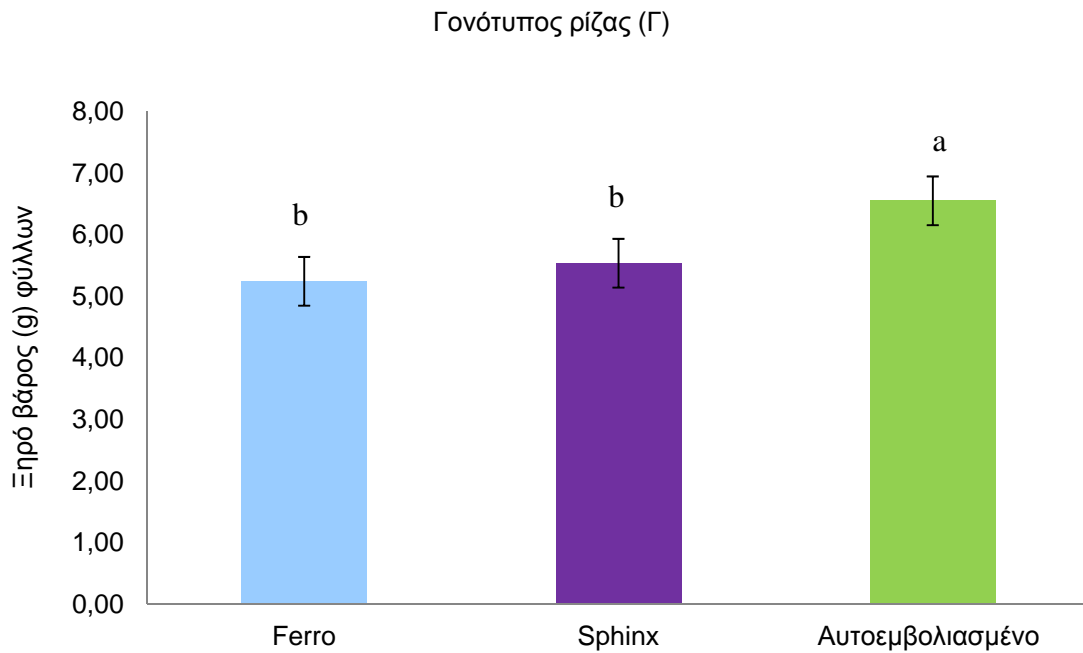
Μικροοργανισμοί (Μ)	Γονότυπος ρίζας (Γ)	Νωπό βάρος καρπών (g)	Ξηρά ουσία καρπών (%)	Νωπό βάρος ριζικού συστήματος (g)
Μάρτυρας	Ferro	732,42	7,10	24,74
	Sphinx	692,02	6,22	15,06
	Αυτοεμβολιασμένο	820,91	5,73	16,27
<i>Trichoderma harzianum</i> T-22	Ferro	716,42	7,27	26,11
	Sphinx	830,50	6,35	23,75
	Αυτοεμβολιασμένο	914,44	5,02	21,44
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Ferro	573,28	6,35	21,59
	Sphinx	724,29	5,53	16,31
	Αυτοεμβολιασμένο	911,62	5,56	18,70
Στατιστική Αξιολόγηση				
Μικροοργανισμοί (Μ)		Μ.Σ	Μ.Σ	***
Γονότυπος ρίζας (Γ)		***	Μ.Σ	***
Μ Χ Γ		Μ.Σ	Μ.Σ	Μ.Σ
Πηγή παραλλακτικότητας			P	
Μικροοργανισμοί (Μ)		0,28	0,78	0,05
Γονότυπος ρίζας (Γ)		0,00	0,19	0,00
Μ Χ Γ		0,43	0,95	0,38

Πίνακας 3.6 Νωπά και ξηρά βάρη φύλλων

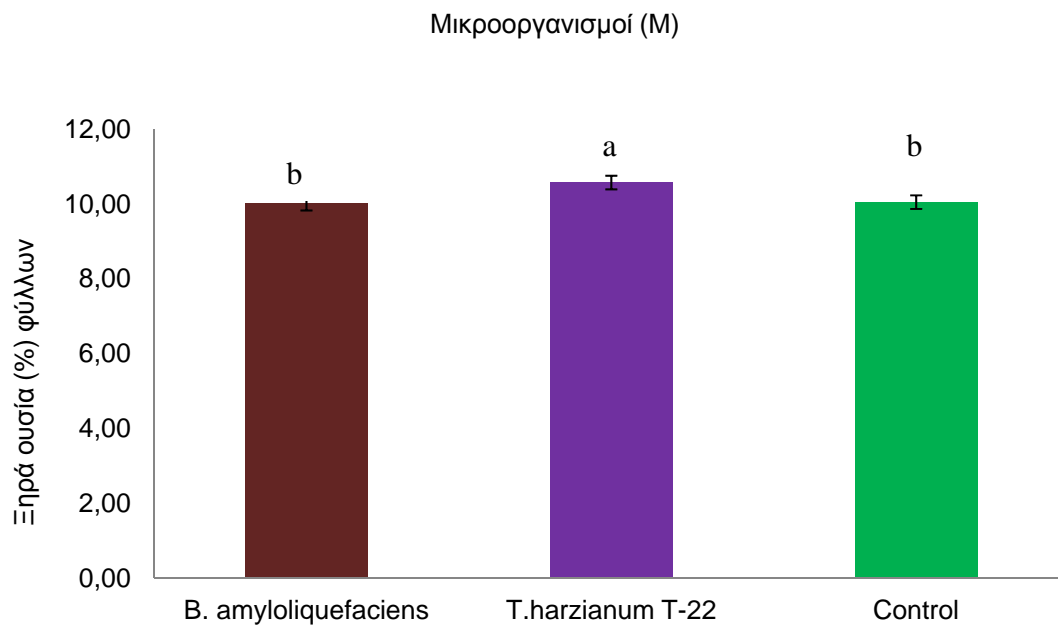
Μικροοργανισμοί (Μ)	Γονότυπος ρίζας (Γ)	Νωπό βάρος φύλλων (g)	Ξηρό βάρος φύλλων (g)	Ξηρά ουσία φύλλων (%)
Μάρτυρας	Ferro	51,39	5,17	10,00
	Sphinx	49,30	5,03	10,22
	Αυτοεμβολιασμένο	63,89	6,26	9,91
<i>Trichoderma harzianum</i> T-22	Ferro	48,34	5,23	10,83
	Sphinx	56,50	5,87	10,40
	Αυτοεμβολιασμένο	60,87	6,36	10,47
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Ferro	51,64	5,31	10,31
	Sphinx	58,43	5,70	9,75
	Αυτοεμβολιασμένο	70,59	7,02	9,95
Στατιστική Αξιολόγηση				
Μικροοργανισμοί (Μ)		Μ.Σ	Μ.Σ	*
Γονότυπος ρίζας (Γ)		**	**	Μ.Σ
Μ Χ Γ		Μ.Σ	Μ.Σ	Μ.Σ
Πηγή παραλλακτικότητας			P	
Μικροοργανισμοί (Μ)		0,33	0,34	0,05
Γονότυπος ρίζας (Γ)		0,00	0,00	0,45
Μ Χ Γ		0,71	0,79	0,71



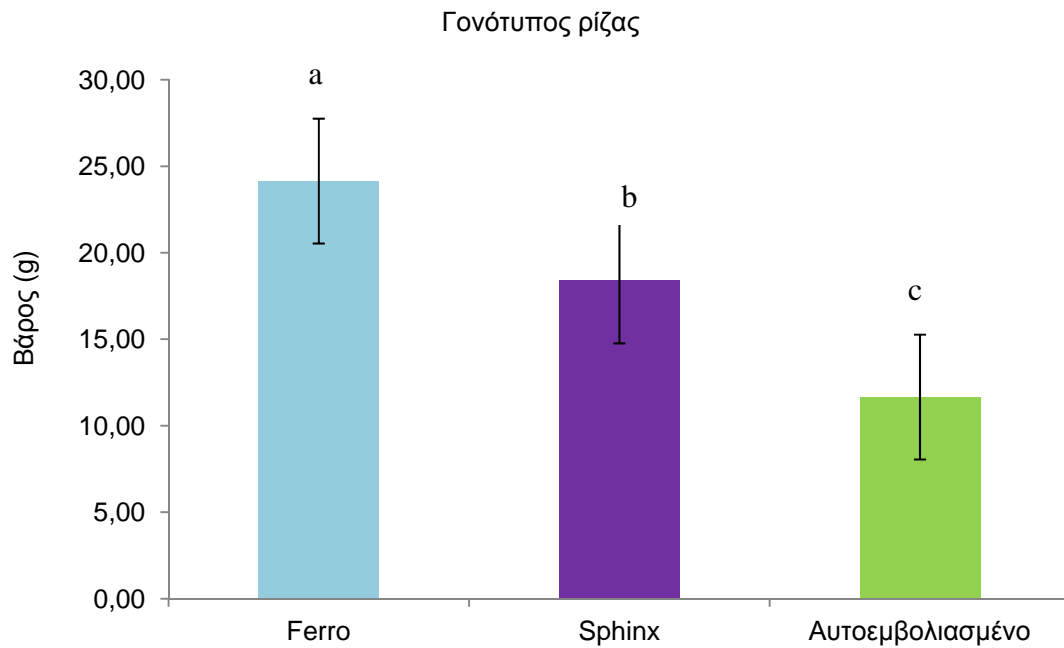
Γράφημα 3.16 Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονότυπου ρίζας (Γ) στο νωπό βάρος (g) φύλλων



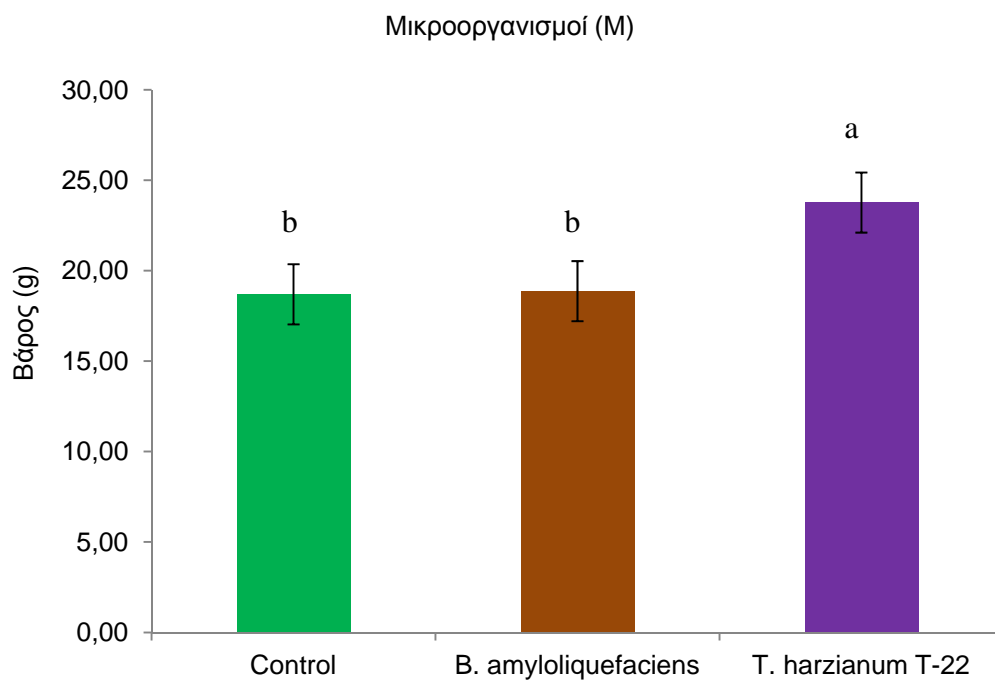
Γράφημα 3.17 Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονότυπου ρίζας (Γ) στο ξηρό βάρος (g) φύλλων



Γράφημα 3.18 Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης των μικροοργανισμών (M) στη ξηρά ουσία (%) των φύλλων



Γράφημα 3.19 Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονότυπου ρίζας (Γ) στο νωπό βάρος του ριζικού συστήματος του πεπτονιού



Γράφημα 3.20 Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης των μικροοργανισμών (M) στο νωπό βάρος του ριζικού συστήματος του πεπτονιού

3.3 Θρεπτικά στοιχεία στα φύλλα, τους καρπούς και τις ρίζες

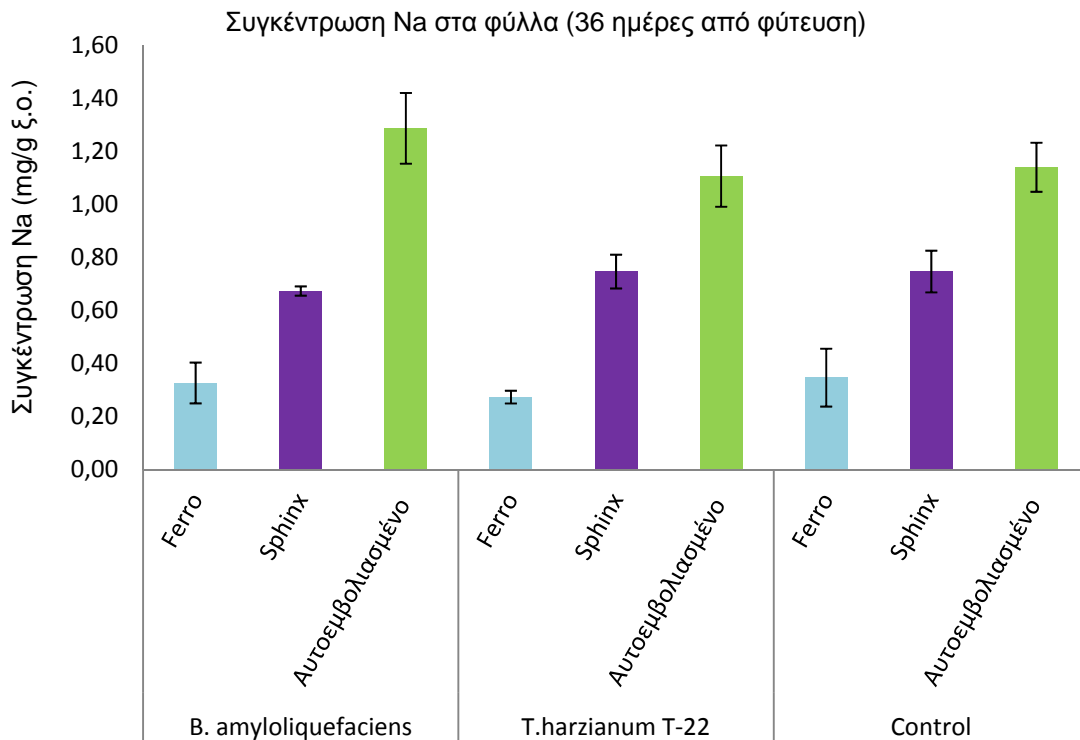
3.3.1 Θρεπτικά στοιχεία στα φύλλα

Πίνακας 3.7 Μακροστοιχεία στα φύλλα 36 ημέρες από τη φύτευση

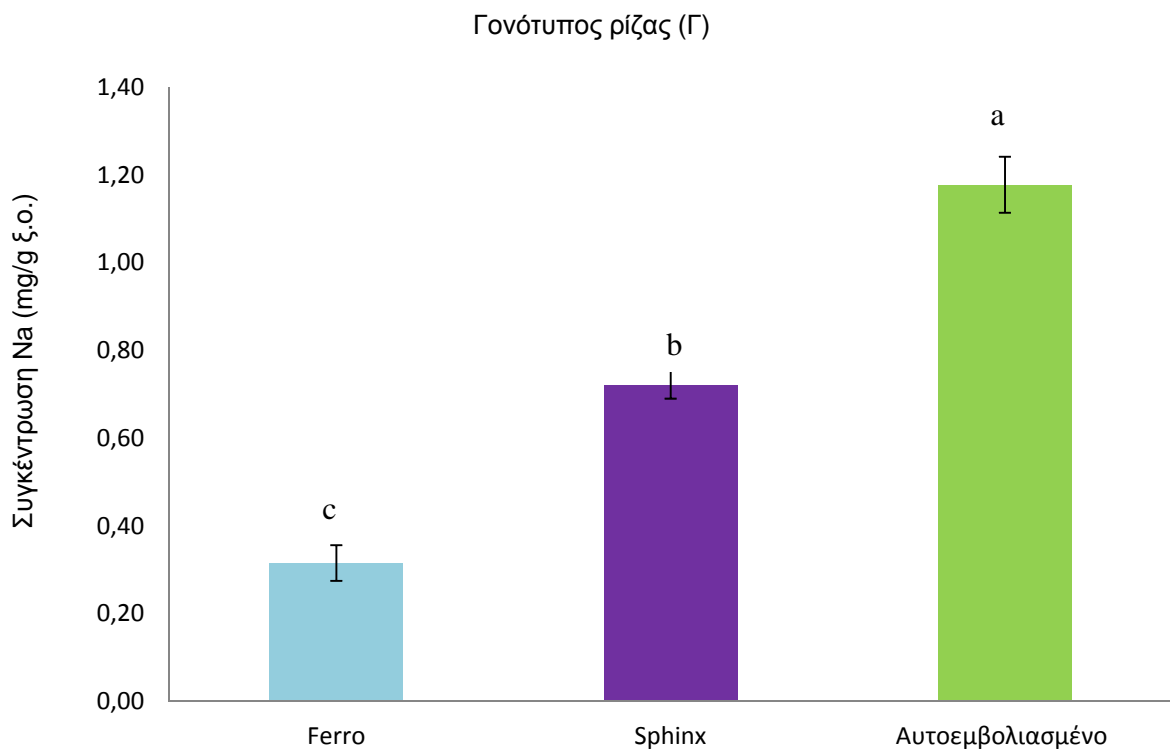
Μικροοργανισμοί (Μ)	Γονότυπος ρίζας (Γ)	Na (mg/g ξ.ο.)	K (mg/g ξ.ο.)	Ca (mg/g ξ.ο.)	Mg (mg/g ξ.ο.)
Μάρτυρας	Ferro	0,35	36,00	27,46	5,75
	Sphinx	0,75	35,33	27,30	6,06
	Αυτοεμβολιασμένο	1,14	34,00	31,17	6,36
<i>Trichoderma harzianum</i> T-22	Ferro	0,27	33,33	27,99	5,95
	Sphinx	0,75	36,00	29,88	5,86
	Αυτοεμβολιασμένο	1,11	32,67	29,53	6,31
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Ferro	0,33	35,33	30,67	6,11
	Sphinx	0,67	32,00	30,87	6,25
	Αυτοεμβολιασμένο	1,29	31,33	31,59	6,53
Στατιστική Αξιολόγηση					
Μικροοργανισμοί (Μ)		Μ.Σ	Μ.Σ	Μ.Σ	Μ.Σ
Γονότυπος ρίζας (Γ)		***	Μ.Σ	Μ.Σ	Μ.Σ
Μ Χ Γ		Μ.Σ	Μ.Σ	Μ.Σ	Μ.Σ
Πηγή παραλλακτικότητας			P		
Μικροοργανισμοί (Μ)		0,75	0,34	0,22	0,42
Γονότυπος ρίζας (Γ)		0,00	0,30	0,35	0,11
Μ Χ Γ		0,62	0,59	0,76	0,95

Ο γονότυπος της ρίζας παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές όσον αφορά τα θρεπτικά στοιχεία στα πρώτα φύλλα και ειδικότερα στη συγκέντρωση Na (Γράφημα 3.21) όπου τα αυτοεμβολιασμένα φυτά έδειξαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε σχέση με τα Ferro και τα Sphinx (Γράφημα 3.22).

Ωστόσο όσον αφορά τα ιχνοστοιχεία το Sphinx έδειξε να υπερέχει σημαντικά σε σχέση με τους άλλους δύο γονότυπους στην απορρόφηση Zn (Γράφημα 3.23) και Fe (Γράφημα 3.24) από τα φύλλα στο αρχικό στάδιο ανάπτυξης της πεπονιας.



Γράφημα 3.21 Συγκεντρώσεις Na (mg/g ξ.ο.) στα φύλλα (36 ημέρες από τη φύτευση) σε σχέση με τους μικροοργανισμούς (M) και το γονότυπο ρίζας (Γ)



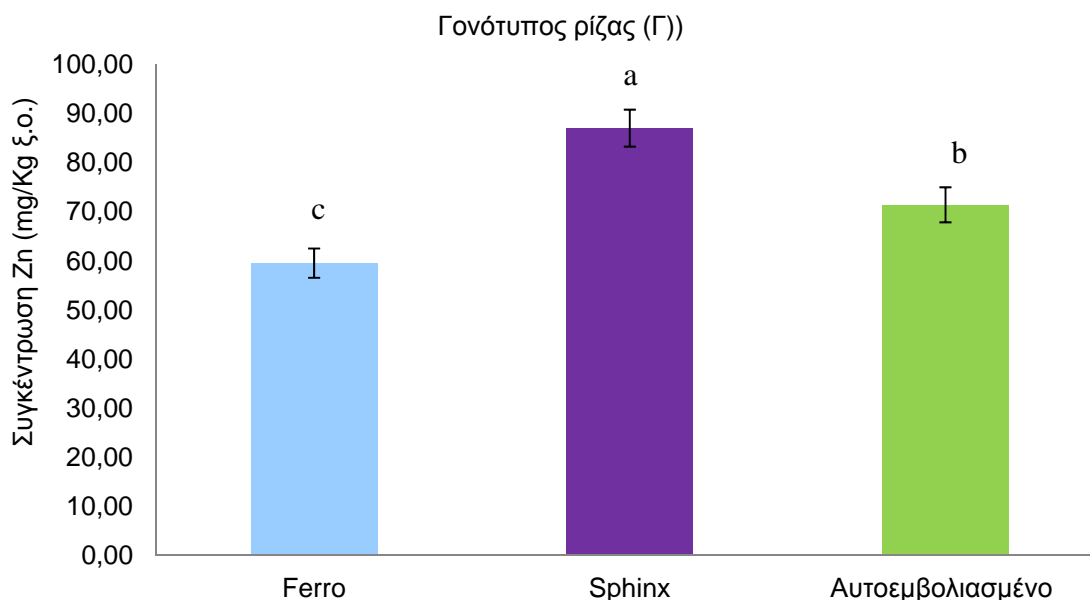
Γράφημα 3.22 Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονότυπου ρίζας (Γ) στη συγκέντρωση Na (mg/g ξ.ο.) στα φύλλα 36 ημέρες από τη φύτευση

Πίνακας 3.8 Ιχνοστοιχεία στα φύλλα 36 ημέρες από τη φύτευση

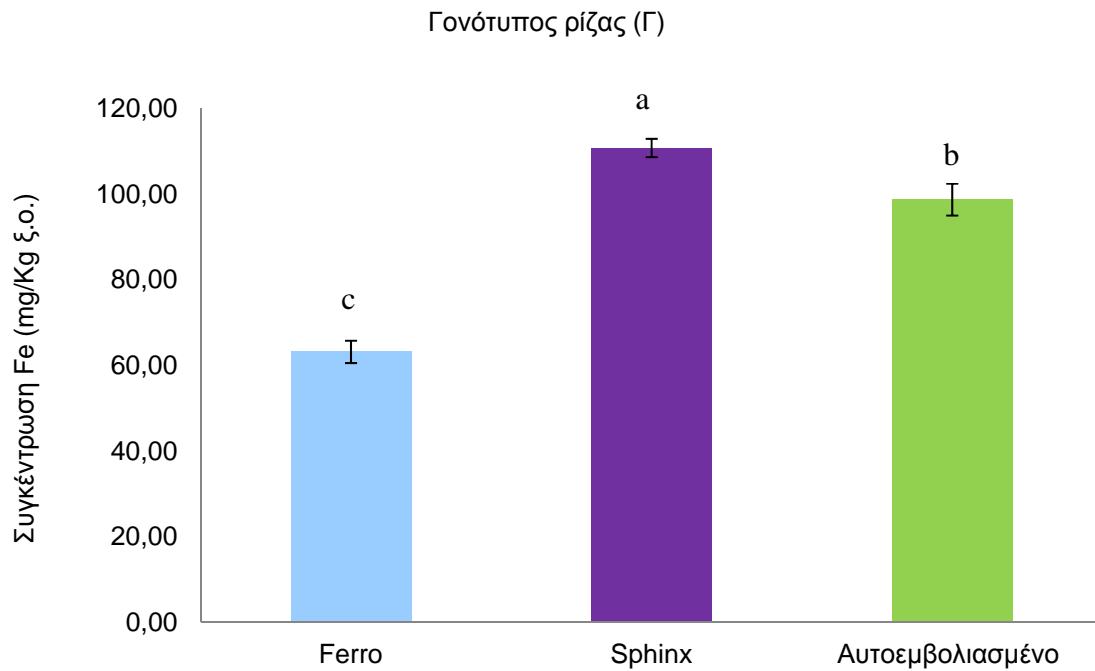
Μικροοργανισμοί (Μ)	Γονότυπος ρίζας (Γ)	Mn (mg/Kg ξ.ο.)	Zn (mg/Kg ξ.ο.)	Fe (mg/Kg ξ.ο.)
Μάρτυρας	Ferro	81,13	63,13	66,80
	Sphinx	89,67	85,00	109,20
	Αυτοεμβολιασμένο	85,40	73,80	98,20
<i>Trichoderma harzianum</i> T-22	Ferro	80,13	56,00	63,27
	Sphinx	79,73	76,10	109,93
	Αυτοεμβολιασμένο	86,27	70,40	98,00
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Ferro	83,53	59,40	59,27
	Sphinx	100,53	99,87	113,13
	Αυτοεμβολιασμένο	90,67	69,93	99,87

Στατιστική Αξιολόγηση				
Μικροοργανισμοί (Μ)		Μ.Σ	Μ.Σ	Μ.Σ
Γονότυπος ρίζας (Γ)		Μ.Σ	***	***
Μ Χ Γ		Μ.Σ	Μ.Σ	Μ.Σ

Πηγή παραλλακτικότητας		P		
Μικροοργανισμοί (Μ)		0,21	0,15	0,98
Γονότυπος ρίζας (Γ)		0,29	0,00	0,00
Μ Χ Γ		0,67	0,21	0,87



Γράφημα 3.23 Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονότυπου ρίζας (Γ) στη συγκέντρωση Zn (mg/Kg ξ.ο.) στα φύλλα 36 ημέρες από τη φύτευση



Γράφημα 3.24 Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονότυπου ρίζας (Γ) στη συγκέντρωση Fe (mg/Kg ξ.ο.) στα φύλλα 36 ημέρες από τη φύτευση

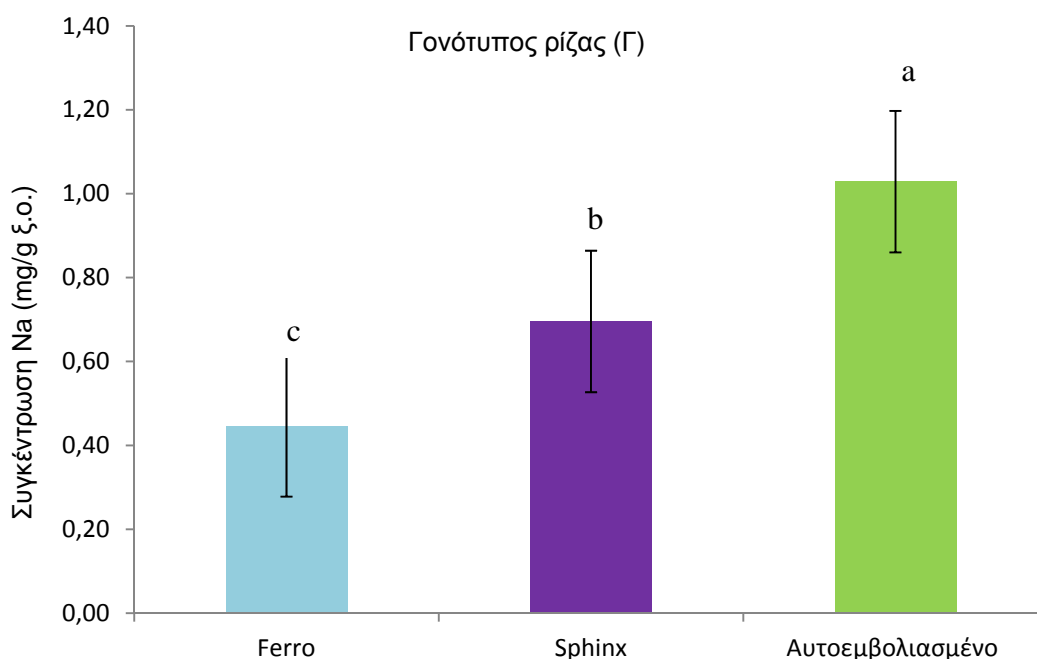
Όσον αφορά τις συγκεντρώσεις των μακροστοιχείων (Πίνακας 3.9) Na, K και Mg στα φύλλα που συλλέχθηκαν στο τέλος του πειράματος αυτό που ξεχώρισε είναι οι στατιστικά σημαντικές διαφορές του γονότυπου της ρίζας.

Το Ferro μείωσε στατιστικά σημαντικά τη συγκέντρωση Na (Γράφημα 3.25), Mg (Γράφημα 3.27) και Zn (Γράφημα 3.29) στα φύλλα ενώ τα αυτοεμβολιασμένα Alpes-Alpes τη συγκέντρωση K (Γράφημα 3.26) σε σχέση με τους άλλους δύο γονότυπους αντίστοιχα.

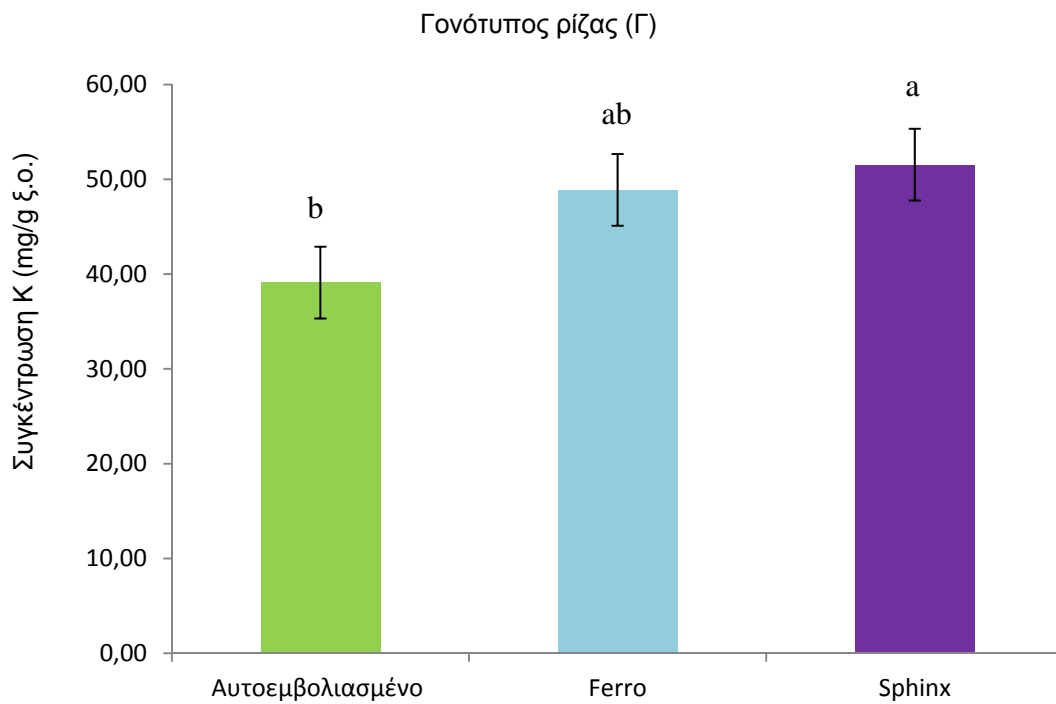
Δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις συγκεντρώσεις των Ca, Mn (Πίνακας 3.10) και Fe μεταξύ των γονότυπων της ρίζας και των μικροοργανισμών ενώ υπήρξε αλληλεπίδραση μεταξύ γονότυπου ρίζας (Γ) και μικροοργανισμών (Μ) στη συγκέντρωση μαγνησίου στα φύλλα (Γράφημα 3.28).

Πίνακας 3.9 Μακροστοιχεία στα φύλλα 87 ημέρες από τη φύτευση

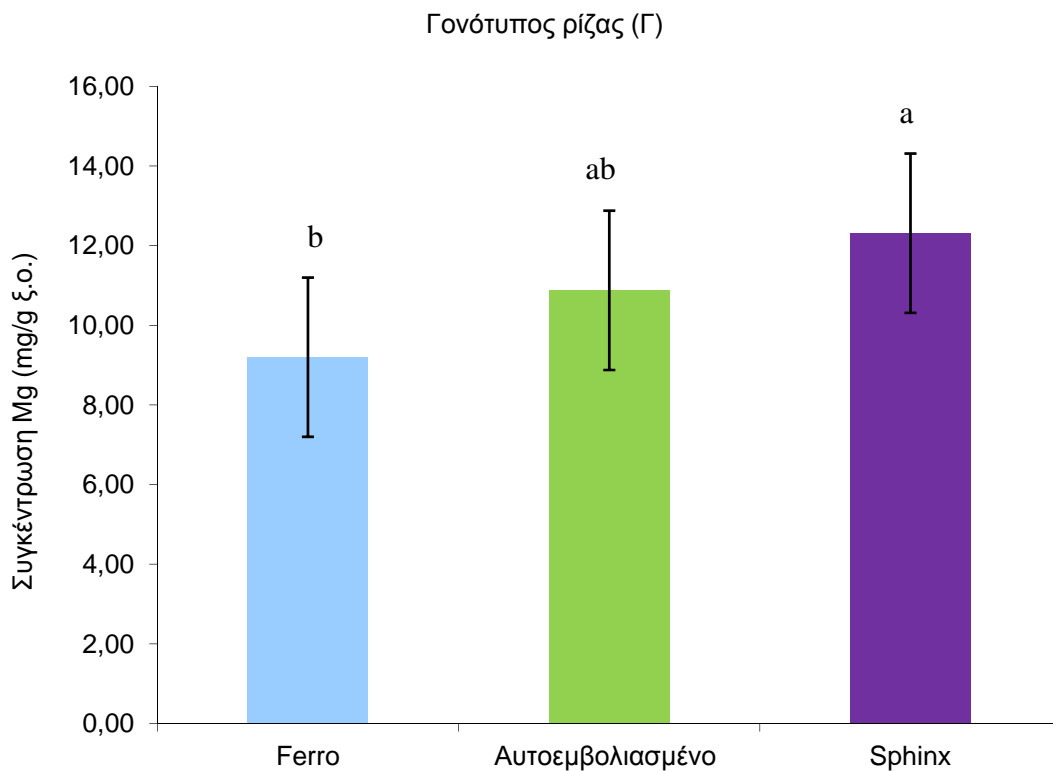
Μικροοργανισμοί (Μ)	Γονότυπος ρίζας (Γ)	Na (mg/g ξ.ο.)	K (mg/g ξ.ο.)	Ca (mg/g ξ.ο.)	Mg (mg/g ξ.ο.)
Μάρτυρας	Ferro	0,38	54,00	91,76	7,15
	Sphinx	0,69	50,67	87,65	12,20
	Αυτοεμβολιασμένο	0,90	41,33	90,37	10,97
<i>Trichoderma harzianum</i> T-22	Ferro	0,33	44,00	81,19	6,71
	Sphinx	0,77	56,67	120,53	13,40
	Αυτοεμβολιασμένο	1,07	39,33	100,17	11,01
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Ferro	0,63	48,67	104,04	13,74
	Sphinx	0,63	47,33	97,90	11,34
	Αυτοεμβολιασμένο	1,11	36,67	88,50	10,66
Στατιστική Αξιολόγηση					
Μικροοργανισμοί (Μ)		Μ.Σ	Μ.Σ	Μ.Σ	Μ.Σ
Γονότυπος ρίζας (Γ)		***	*	Μ.Σ	*
Μ Χ Γ		Μ.Σ	Μ.Σ	Μ.Σ	*
Πηγή παραλλακτικότητας			P		
Μικροοργανισμοί (Μ)		0,31	0,64	0,38	0,28
Γονότυπος ρίζας (Γ)		0,00	0,04	0,38	0,05
Μ Χ Γ		0,25	0,68	0,12	0,03



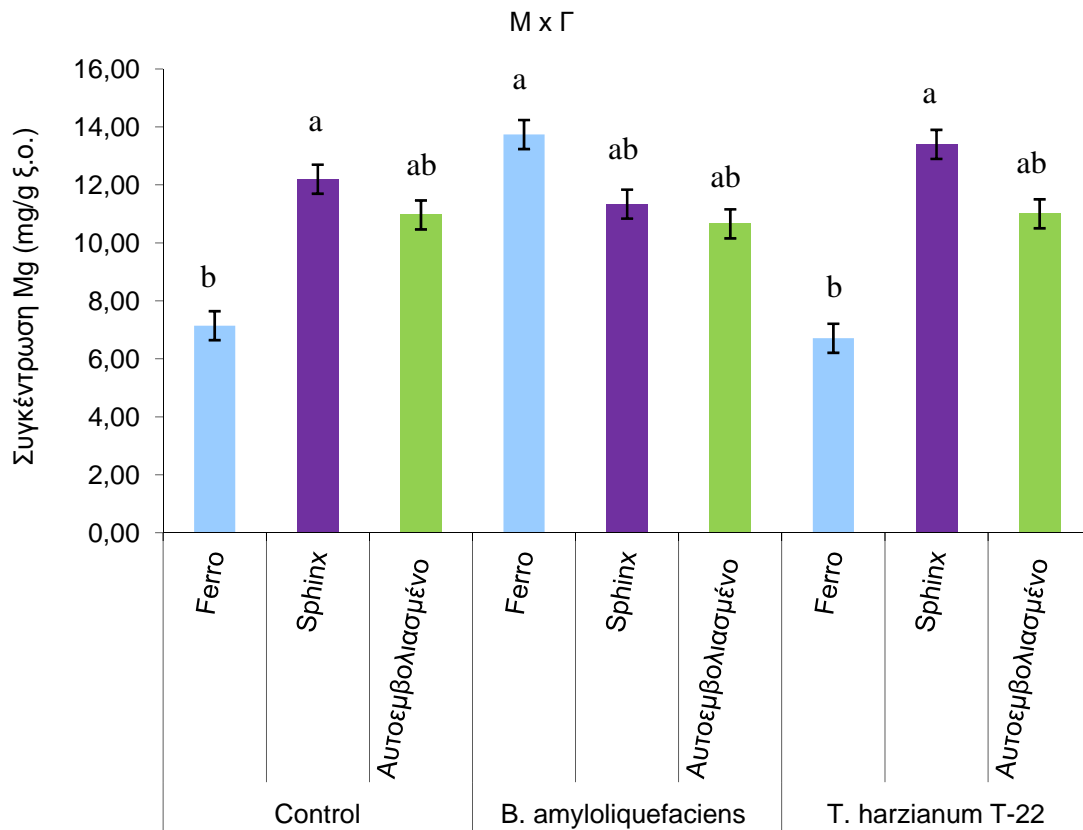
Γράφημα 3.25 Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονότυπου ρίζας (Γ) στη συγκέντρωση Na (mg/g ξ.ο.) στα φύλλα 87 ημέρες από τη φύτευση



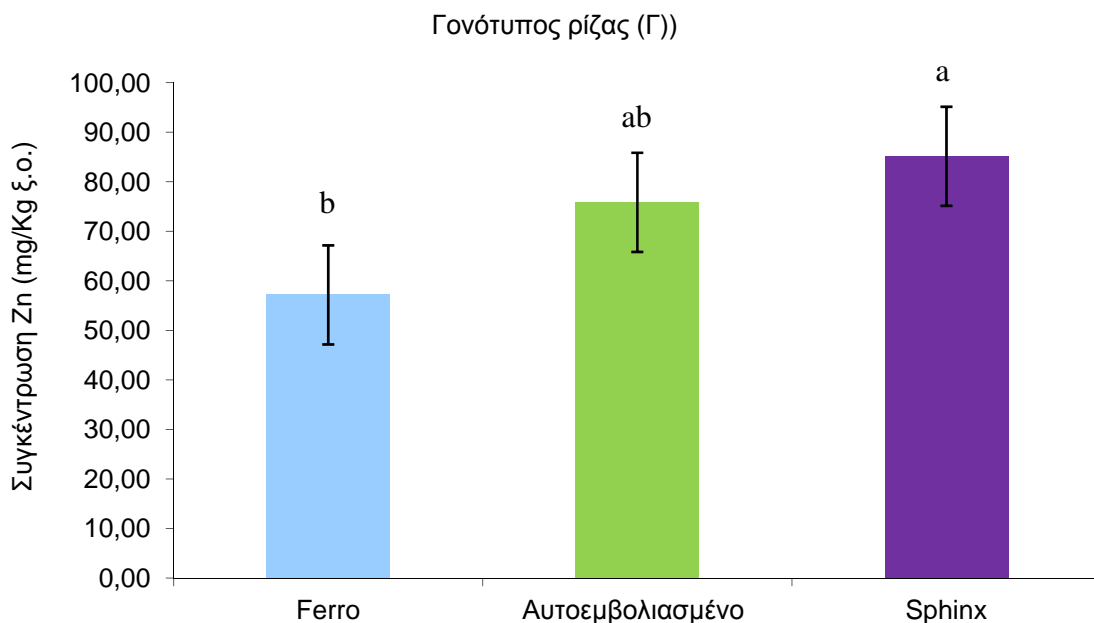
Γράφημα 3.26 Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονότυπου ρίζας (Γ) στη συγκέντρωση Κ (mg/g ξ.ο.) στα φύλλα 87 ημέρες από τη φύτευση



Γράφημα 3.27 Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονότυπου ρίζας (Γ) στη συγκέντρωση Mg (mg/g ξ.ο.) στα φύλλα 87 ημέρες από τη φύτευση



Γράφημα 3.28 Στατιστικά σημαντική διαφορά της αλληλεπίδρασης των μικροοργανισμών (M) και του γονότυπου ρίζας (Γ) στη συγκέντρωση Mg (mg/g ξ.ο.) στα φύλλα 87 ημέρες από τη φύτευση



Γράφημα 3.29 Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονότυπου ρίζας (Γ) στη συγκέντρωση Zn (mg/Kg ξ.ο.) στα φύλλα 87 ημέρες από τη φύτευση

Πίνακας 3.10 Ιχνοστοιχεία στα φύλλα 87 ημέρες από τη φύτευση

Μικροοργανισμοί (Μ)	Γονότυπος ρίζας (Γ)	Mn (mg/Kg ξ.ο.)	Zn (mg/Kg ξ.ο.)	Fe (mg/Kg ξ.ο.)
	Ferro	0,12	60,07	43,87
Μάρτυρας	Sphinx	0,11	84,73	20,07
	Αυτοεμβολιασμένο	0,13	77,93	31,00
	Ferro	0,13	48,67	54,13
<i>Trichoderma harzianum</i> T-22	Sphinx	0,14	81,87	36,40
	Αυτοεμβολιασμένο	0,13	73,27	18,80
	Ferro	0,13	62,73	24,47
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Sphinx	0,14	88,80	31,27
	Αυτοεμβολιασμένο	0,13	76,33	13,13
Στατιστική Αξιολόγηση				
Μικροοργανισμοί (Μ)		Μ.Σ	Μ.Σ	Μ.Σ
Γονότυπος ρίζας (Γ)		Μ.Σ	*	Μ.Σ
Μ Χ Γ		Μ.Σ	Μ.Σ	Μ.Σ
Πηγή παραλλακτικότητας			P	
Μικροοργανισμοί (Μ)		0,20	0,68	0,27
Γονότυπος ρίζας (Γ)		0,99	0,03	0,07
Μ Χ Γ		0,48	0,99	0,34

3.3.2 Θρεπτικά στοιχεία στις ρίζες

Πίνακας 3.11 Μακροστοιχεία στις ρίζες

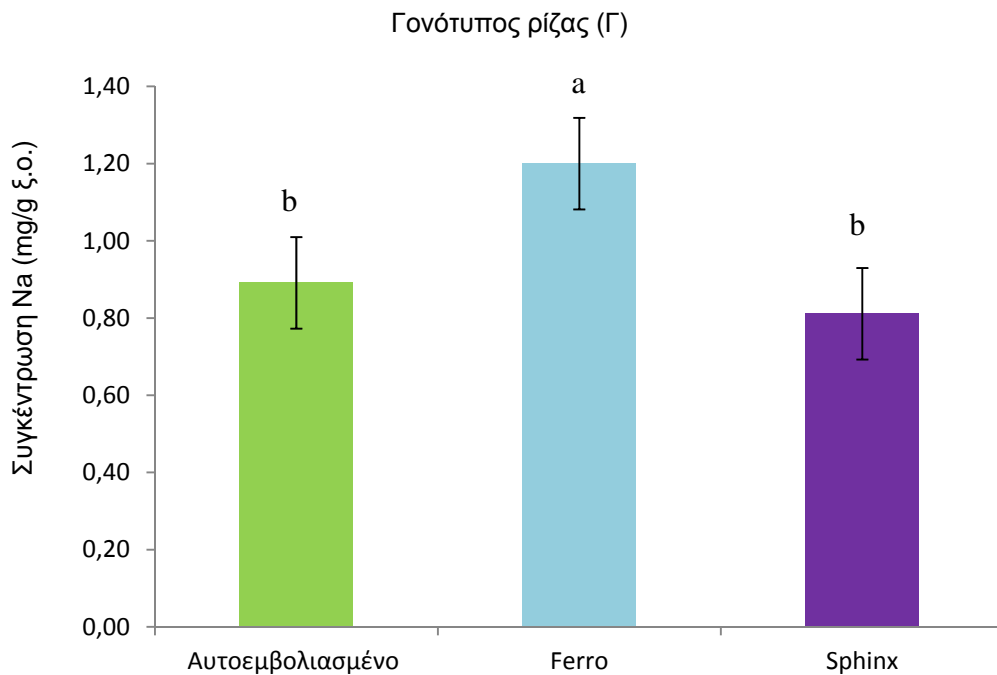
Μικροοργανισμοί (Μ)	Γονότυπος ρίζας (Γ)	Na (mg/g ξ.ο.)	K (mg/g ξ.ο.)	Ca (mg/g ξ.ο.)	Mg (mg/g ξ.ο.)
Μάρτυρας	Ferro	0,99	17,33	17,77	1,62
	Sphinx	0,77	13,33	17,21	2,15
	Αυτοεμβολιασμένο	0,81	14,00	14,62	2,28
<i>Trichoderma harzianum</i> T-22	Ferro	1,51	14,67	17,99	1,95
	Sphinx	0,80	12,00	20,33	2,23
	Αυτοεμβολιασμένο	0,99	19,33	26,85	4,17
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Ferro	1,10	15,33	24,06	1,93
	Sphinx	0,87	15,33	21,17	2,44
	Αυτοεμβολιασμένο	0,87	18,00	22,97	3,37
Στατιστική Αξιολόγηση					
Μικροοργανισμοί (Μ)		*	Μ.Σ	*	*
Γονότυπος ρίζας (Γ)		*	Μ.Σ	Μ.Σ	***
Μ Χ Γ		Μ.Σ	Μ.Σ	Μ.Σ	Μ.Σ
Πηγή παραλλακτικότητας			P		
Μικροοργανισμοί (Μ)		0,05	0,74	0,01	0,05
Γονότυπος ρίζας (Γ)		0,00	0,14	0,59	0,00
Μ Χ Γ		0,23	0,33	0,13	0,17

Τα θρεπτικά στοιχεία στις ρίζες παρουσίασαν κάποιες διαφορές σε σχέση με τα φύλλα. Οι μικροοργανισμοί παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις συγκεντρώσεις Na, Ca, Mg ενώ στη συγκέντρωση Mn η αλληλεπίδραση γονότυπου και μικροοργανισμού είχε στατιστικά σημαντικές διαφορές (Γράφημα 3.35).

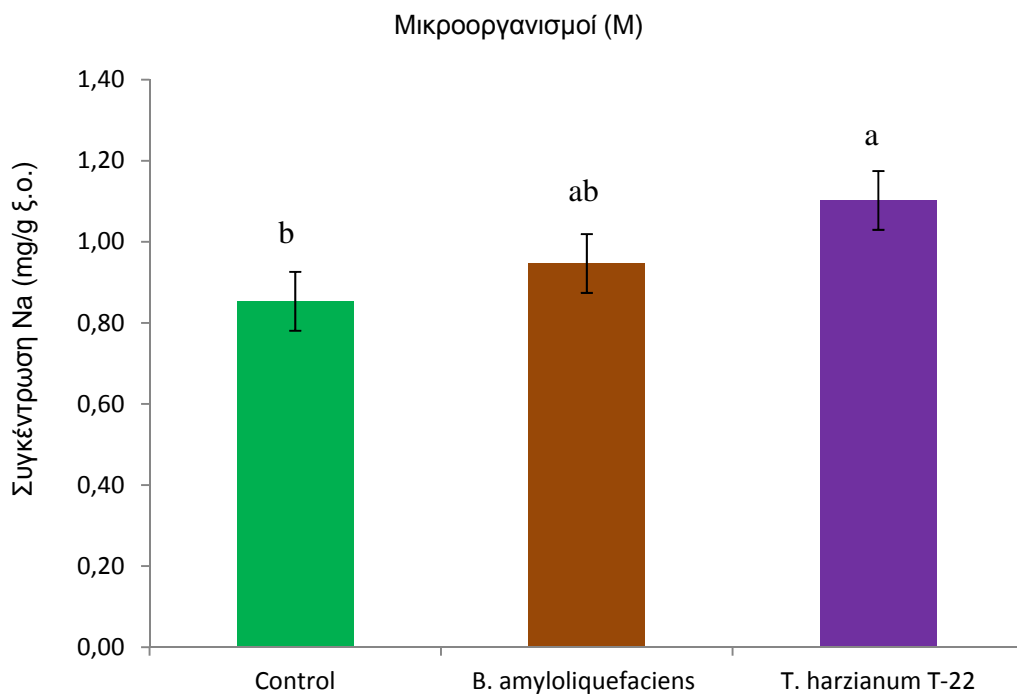
Το Ferro αύξησε τις συγκεντρώσεις Na στις ρίζες σε σχέση με τους άλλους δύο γονότυπους (Γράφημα 3.30) ενώ τα αυτοεμβολιασμένα τις συγκεντρώσεις Mg σε σχέση με τους άλλους δύο γονότυπους (Γράφημα 3.33).

Η χρήση του *Trichoderma harzianum* T-22 αύξησε σημαντικά τις συγκεντρώσεις Na (Γράφημα 3.31) και Mg (Γράφημα 3.34) στις ρίζες ενώ η χρήση του *Bacillus amyloliquefaciens* αύξησε στατιστικά σημαντικά τη συγκέντρωση Ca στις ρίζες (Γράφημα 3.32) σε σχέση με το μάρτυρα.

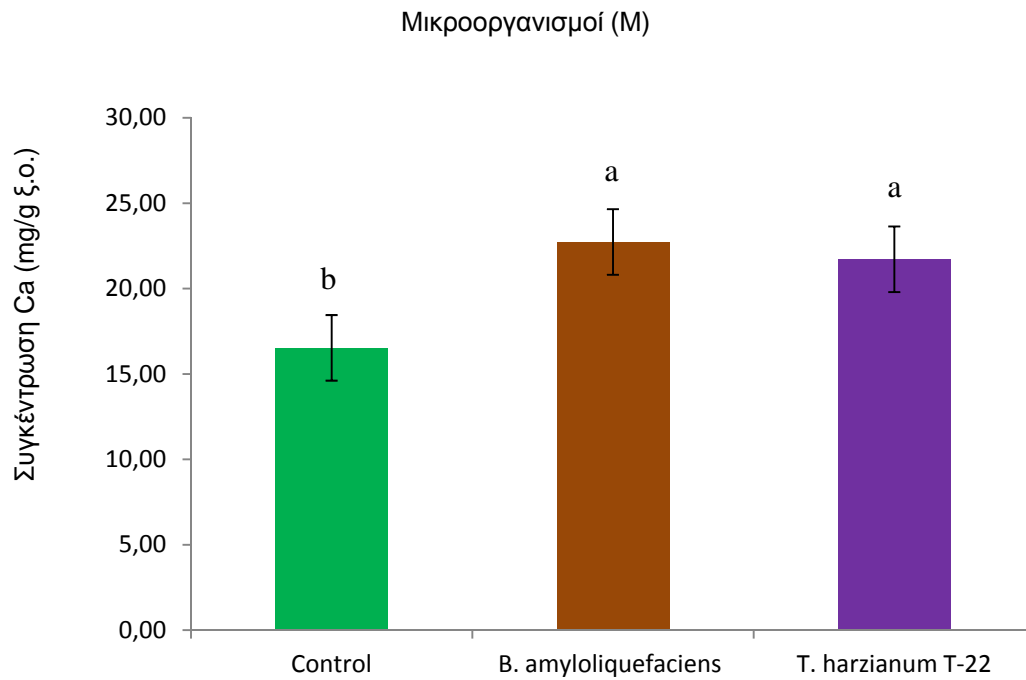
Καμία επίδραση στις συγκεντρώσεις K, Zn και Fe στις ρίζες του πεπτονιού δεν είχαν οι μικροοργανισμοί και ο γονότυπος ρίζας.



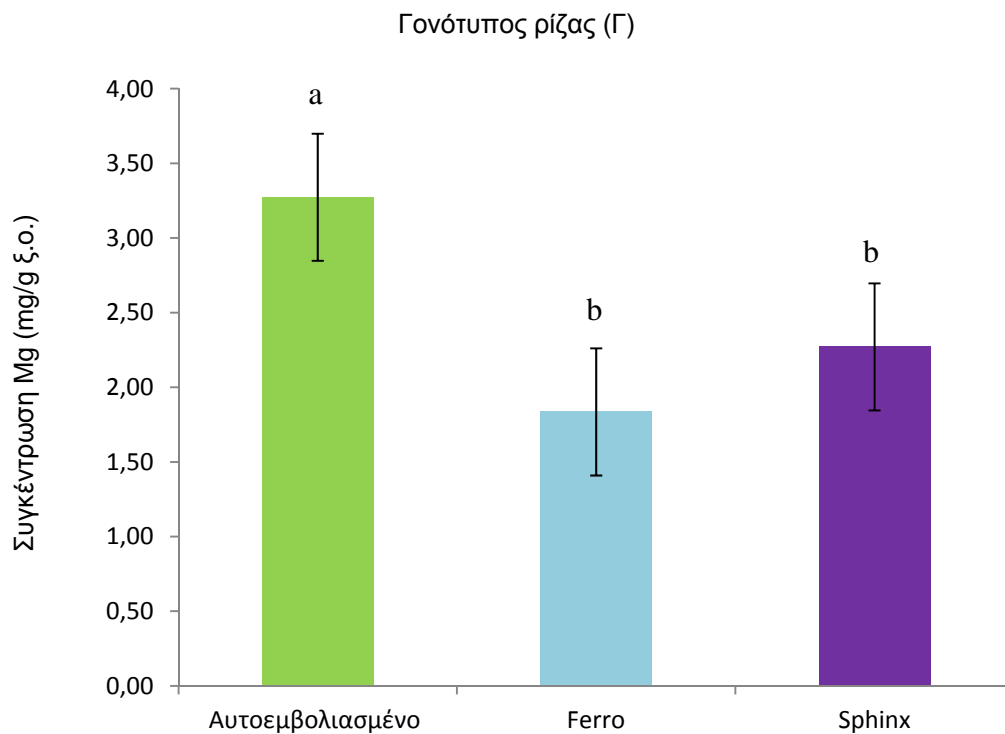
Γράφημα 3.30 Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονότυπου ρίζας (γ) στη συγκέντρωση Na (mg/g ξ.ο.) στις ρίζες



Γράφημα 3.31 Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης των μικροοργανισμών (Μ) στη συγκέντρωση Na (mg/g ξ.ο.) στις ρίζες

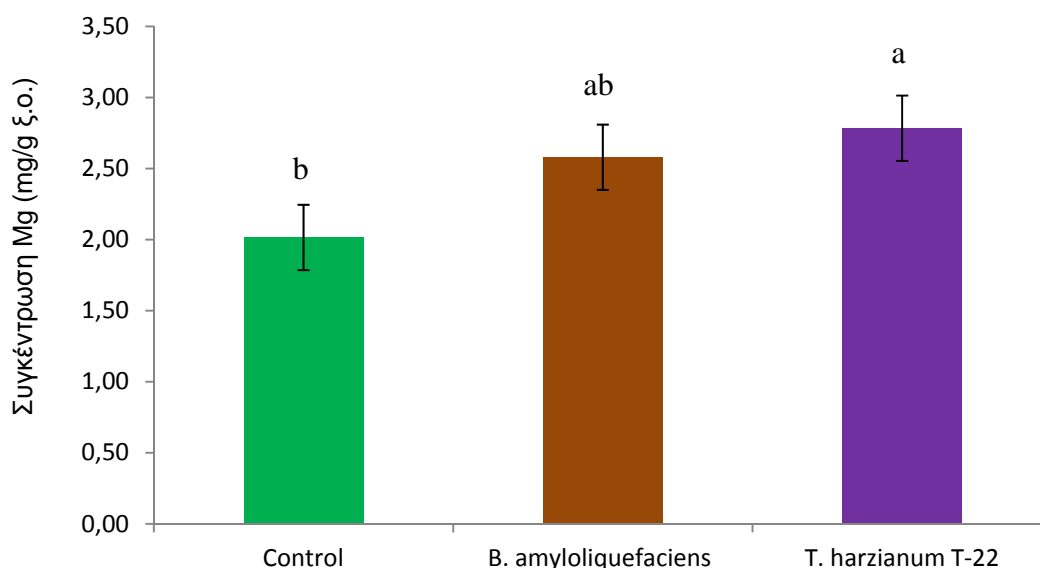


Γράφημα 3.32 Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης των μικροοργανισμών στη συγκέντρωση Ca (mg/g ξ.ο.) στις ρίζες



Γράφημα 3.33 Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονότυπου ρίζας (Γ) στη συγκέντρωση Mg (mg/g ξ.ο.) στις ρίζες

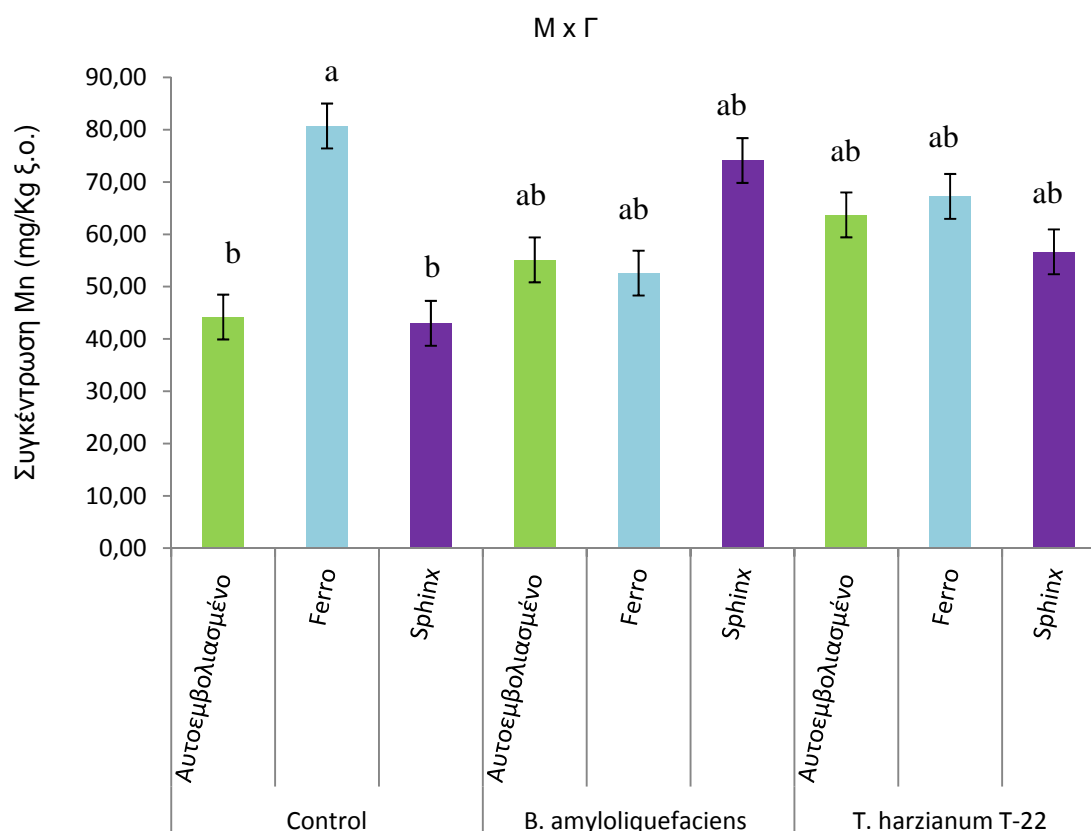
Μικροοργανισμοί (M)



Γράφημα 3.34 Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης των μικροοργανισμών (M) στη συγκέντρωση Mg (mg/g ξ.ο.) στις ρίζες

Πίνακας 3.12 Ιχνοστοιχεία στις ρίζες

Μικροοργανισμοί (M)	Γονότυπος ρίζας (Γ)	Mn (mg/Kg ξ.ο.)	Zn (mg/Kg ξ.ο.)	Fe (mg/Kg ξ.ο.)
Μάρτυρας	Ferro	80,73	167,80	251,80
	Sphinx	43,00	149,93	289,00
	Αυτοεμβολιασμένο	44,20	195,73	251,53
<i>Trichoderma harzianum</i> T-22	Ferro	67,27	152,27	347,93
	Sphinx	56,67	164,13	343,73
	Αυτοεμβολιασμένο	63,73	251,40	321,47
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Ferro	52,60	149,20	268,53
	Sphinx	74,13	230,67	339,40
	Αυτοεμβολιασμένο	55,13	228,20	292,80
Στατιστική Αξιολόγηση				
Μικροοργανισμοί (M)		M.Σ	M.Σ	M.Σ
Γονότυπος ρίζας (Γ)		M.Σ	M.Σ	M.Σ
M X Γ		*	M.Σ	M.Σ
Πηγή παραλλακτικότητας			P	
Μικροοργανισμοί (M)		0,68	0,63	0,18
Γονότυπος ρίζας (Γ)		0,26	0,13	0,57
M X Γ		0,05	0,65	0,95



Γράφημα 3.35 Στατιστικά σημαντική διαφορά της αλληλεπίδρασης των μικροοργανισμών (M) και του γονότυπου ρίζας (Γ) στη συγκέντρωση Mn (mg/Kg ξ.ο.) στις ρίζες

3.3.3 Θρεπτικά στοιχεία στους καρπούς

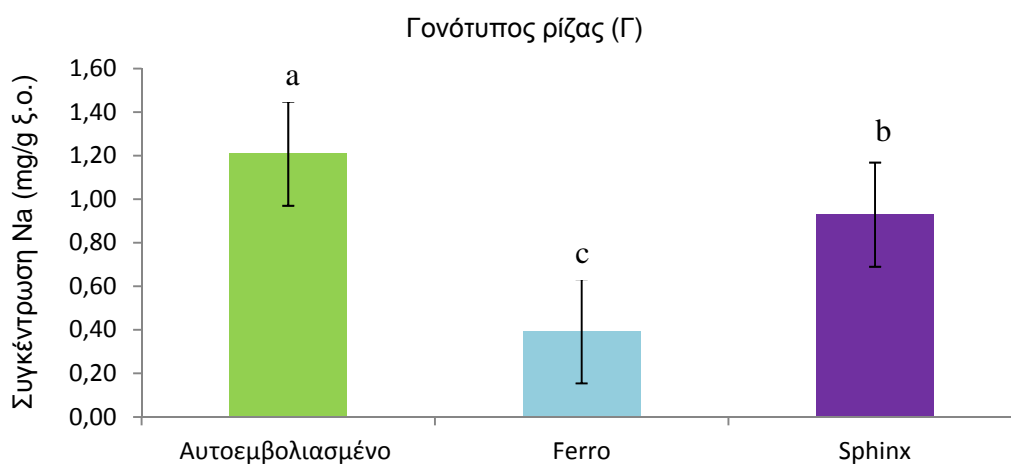
Σύμφωνα με τα αποτελέσματα η χρήση του Ferro ως υποκειμένου φαίνεται ότι μείωσε στατιστικά σημαντικά τη συγκέντρωση Na (Γράφημα 3.36) στους καρπούς ενώ αύξησε τη συγκέντρωση K (Γράφημα 3.39) αντίστοιχα.

Η χρήση του *Bacillus amyloliquefaciens* αύξησε στατιστικώς σημαντικά τη συγκέντρωση Na στους καρπούς (Γράφημα 3.37) ενώ αντίστοιχα η χρήση του *Trichoderma harzianum* T-22 μείωσε στατιστικώς σημαντικά τη συγκέντρωση Na στους καρπούς. Η συγκέντρωση K στους καρπούς αυξήθηκε στατιστικώς σημαντικά για το Ferro με τη χρήση *Bacillus amyloliquefaciens* και *Trichoderma harzianum* T-22 (Γράφημα 3.38).

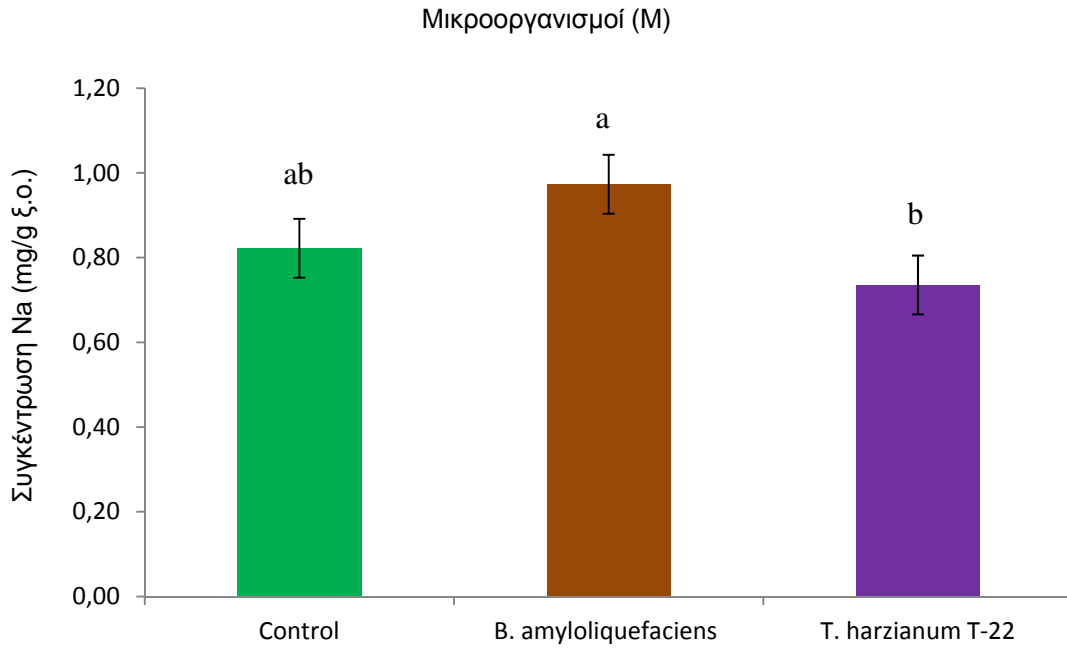
Καμία στατιστικά σημαντική διαφορά δεν παρατηρήθηκε στις συγκεντρώσεις Ca, Mg και ιχνοστοιχείων στους καρπούς μεταξύ των γονότυπων της ρίζας και των μικροοργανισμών.

Πίνακας 3.13 Μακροστοιχεία στους καρπούς

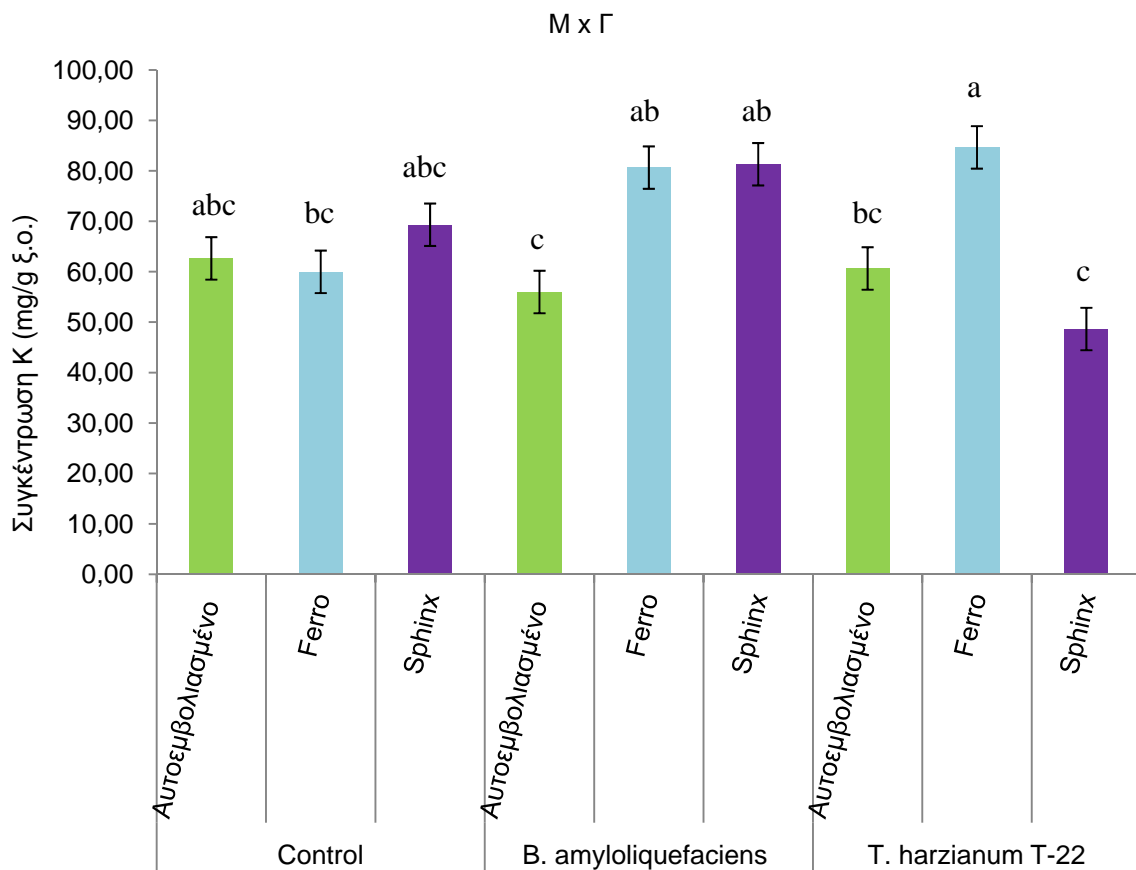
Μικροοργανισμοί (Μ)	Γονότυπος ρίζας (Γ)	Na (mg/g ξ.ο.)	K (mg/g ξ.ο.)	Ca (mg/g ξ.ο.)	Mg (mg/g ξ.ο.)
Μάρτυρας	Ferro	0,35	60,00	7,21	2,19
	Sphinx	1,01	69,33	6,42	3,00
	Αυτοεμβολιασμένο	1,11	62,67	7,07	3,18
<i>Trichoderma harzianum</i> T-22	Ferro	0,34	84,67	4,82	3,43
	Sphinx	0,74	48,67	6,89	3,13
	Αυτοεμβολιασμένο	1,13	60,67	6,64	3,43
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Ferro	0,49	80,67	11,15	3,53
	Sphinx	1,04	81,33	5,88	4,03
	Αυτοεμβολιασμένο	1,39	56,00	5,21	4,93
Στατιστική Αξιολόγηση					
Μικροοργανισμοί (Μ)		*	Μ.Σ	Μ.Σ	Μ.Σ
Γονότυπος ρίζας (Γ)		***	*	Μ.Σ	Μ.Σ
Μ Χ Γ		Μ.Σ	*	Μ.Σ	Μ.Σ
Πηγή παραλλακτικότητας			P		
Μικροοργανισμοί (Μ)		0,03	0,28	0,60	0,22
Γονότυπος ρίζας (Γ)		0,00	0,05	0,47	0,58
Μ Χ Γ		0,56	0,02	0,13	0,94



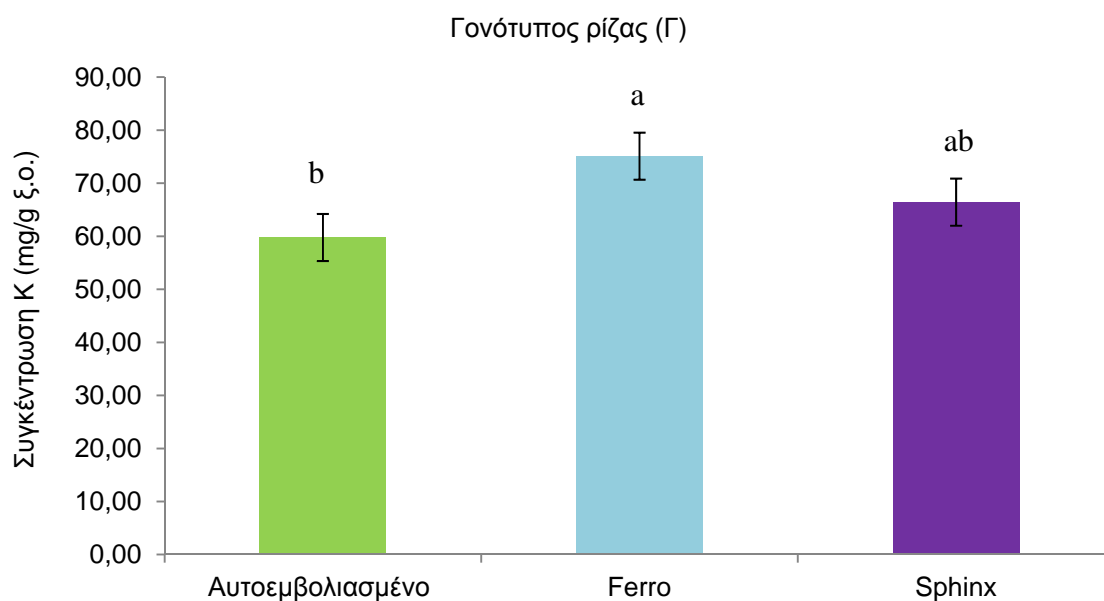
Γράφημα 3.36 Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονότυπου ρίζας (Γ) στη συγκέντρωση Na (mg/g ξ.ο.) στους καρπούς



Γράφημα 3.37 Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης των μικροοργανισμών (M) στη συγκέντρωση Na (mg/g ξ.ο.) στους καρπούς



Γράφημα 3.38 Στατιστικά σημαντική διαφορά της αλληλεπίδρασης των μικροοργανισμών (M) και του γονότυπου ρίζας (Γ) στη συγκέντρωση K (mg/g ξ.ο.) στους καρπούς



Γράφημα 3.39 Στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδρασης του γονότυπου ρίζας (Γ) στη συγκέντρωση Κ (mg/g ξ.ο.) στους καρπούς

Πίνακας 3.14 Ιχνοστοιχεία στους καρπούς

Μικροοργανισμοί (Μ)	Γονότυπος ρίζας (Γ)	Mn (mg/Kg ξ.ο.)	Zn (mg/Kg ξ.ο.)	Fe (mg/Kg ξ.ο.)
Μάρτυρας	Ferro	-	61,53	66,80
	Sphinx	-	126,07	26,53
	Αυτοεμβολιασμένο	-	30,73	54,27
<i>Trichoderma harzianum</i> T-22	Ferro	-	25,67	50,07
	Sphinx	-	14,47	38,40
	Αυτοεμβολιασμένο	-	79,47	53,07
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Ferro	-	32,69	45,33
	Sphinx	-	26,87	42,53
	Αυτοεμβολιασμένο	-	26,87	89,93
Στατιστική Αξιολόγηση				
Μικροοργανισμοί (Μ)		-	Μ.Σ	Μ.Σ
Γονότυπος ρίζας (Γ)		-	Μ.Σ	Μ.Σ
Μ Χ Γ		-	Μ.Σ	Μ.Σ
Πηγή παραλλακτικότητας			P	
Μικροοργανισμοί (Μ)		-	0,37	0,66
Γονότυπος ρίζας (Γ)		-	0,88	0,13
Μ Χ Γ		-	0,37	0,51

3.4 Ενεργειακές ανάγκες του θερμοκηπίου

3.4.1. Θέρμανση θερμοκηπίου

Οι ανάγκες θέρμανσης του θερμοκηπίου στη μονάδα του χρόνου υπολογίζονται βάση της παρακάτω εξίσωσης: $H_g = U * A * (T_i - T_o)$ Kittas *et al.*, (2012) όπου H_g οι ανάγκες θέρμανσης του θερμοκηπίου σε W, U ο ολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας (μέσα από το θερμοκήπιο στο εξωτερικό περιβάλλον) σε $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ ο οποίος για το θερμοκήπιο του πειράματος είναι $7,2 Wm^{-2} \text{ } ^\circ C^{-1}$, A η επιφάνεια του καλύμματος του θερμοκηπίου σε m^2 , T_i η θερμοκρασία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου σε $^\circ C$ και T_o η εξωτερική θερμοκρασία αέρα σε $^\circ C$.

Η επιφάνεια A του καλύμματος του θερμοκηπίου είναι:

$A = \text{Επιφάνεια πλευρικών τοιχωμάτων} + \text{επιφάνεια οροφής} + \text{επιφάνεια τριγώνων στις μετώπες} = [2*(9+7,5)*2,7] + [4,5*7,5*2] + [9*(3,5-2,7)] = 89,1 + 67,5 + 7,2 = 163,8 m^2$.

Το μήκος της περιμέτρου του θερμοκηπίου είναι $2*(9+7,5) = 33m$. Η διάμετρος των σωληνώσεων του θερμοκηπίου είναι 2” και η απόδοση ανά μέτρο σωλήνα με κατακόρυφη διάταξη $112 Wm^{-1}$ και με οριζόντια διάταξη $134 Wm^{-1}$. Στην περίπτωση του πειράματος ήταν τοποθετημένες 6 γραμμές σωλήνων επομένως $6 * \text{μήκος περιμέτρου} = 198m$ σωλήνων. Η απόδοση των περιμετρικών σωλήνων ήταν $198 m * 134 Wm^{-1} = 26.532 W$ ανά μονάδα χρόνου.

Στους υπολογισμούς δεν λαμβάνονται υπόψη η αποδοτικότητα του συστήματος θέρμανσης που συνήθως είναι 80% για κεντρική θέρμανση σε παλαιού τύπου συστήματα και πιθανές απώλειες ενέργειας λόγω διήθησης και συναγωγής.

3.4.2. Αερισμός θερμοκηπίου

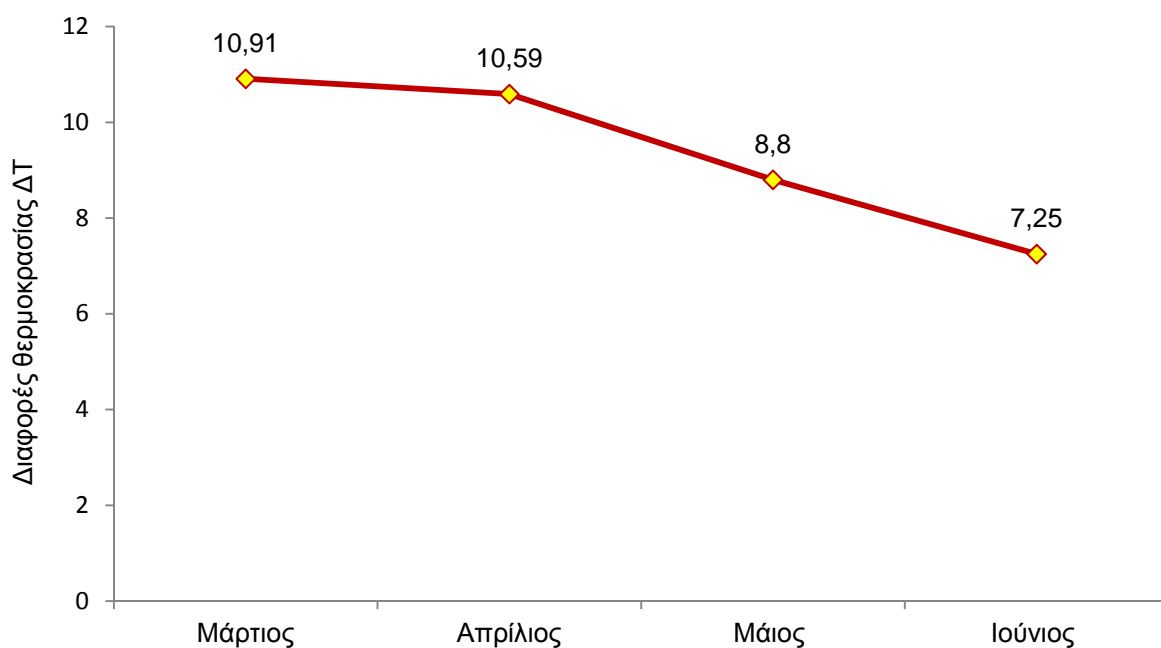
Σύμφωνα με τους Kittas *et al.*, (2012) ένας από τους καλύτερους και πιο αποτελεσματικούς τρόπους για να μειώσουμε τη διαφορά μεταξύ εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας είναι ο αερισμός του θερμοκηπίου (Fidaros *et al.*, 2010). Σύμφωνα με τον τύπο $V_a = 0,0003tR_{s, 0-max}/\Delta T$ όπου V_a είναι ο λόγος Q/A_g όπου Q ο ρυθμός ροής αερισμού σε $m^3 [air] s^{-1}$ και A_g είναι η επιφάνεια εδάφους του θερμοκηπίου σε m^2 , $R_{s, 0-max}$ η μέγιστη εξωτερική ακτινοβολία σε Wm^{-2} , ΔT η διαφορά εξωτερικής και εσωτερικής θερμοκρασίας και τ σταθερά η οποία δίνεται.

Ένας ακόμα τρόπος για να μειώσουμε τη διαφορά εξωτερικής-εσωτερικής θερμοκρασίας είναι η σκίαση του θερμοκηπίου. Η σκίαση του θερμοκηπίου στις 7 Μαΐου 2015 με επάλειψη της οροφής με το υλικό Suldac Optifuse IR δικαιολογεί και τη μείωση του ΔT τους μήνες Μάιο και Ιούνιο (Γράφημα 3.4).

Στην περίπτωση της υδροπονικής καλλιέργειας πεπονιού οι ΔT για τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο, Μάιο και Ιούνιο του 2015 παρουσιάζονται στον πίνακα 3.15.

Πίνακας 3.15 Διαφορές θερμοκρασίας ΔT (εσωτερική θερμοκρασία θερμοκηπίου T_i – εξωτερική θερμοκρασία αέρα T_o) σε $^{\circ}\text{C}$ για τη διάρκεια του πειράματος

Μήνες 2015	T_i ($^{\circ}\text{C}$)	T_o ($^{\circ}\text{C}$)	ΔT
Μάρτιος	22,84	11,93	10,91
Απρίλιος	25,74	15,15	10,59
Μάιος	29,32	20,52	8,8
Ιούνιος	31,36	24,11	7,25



Γράφημα 3.40 Μηνιαίες μεταβολές του ΔT

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η συνολική παραγωγή των φυτών πεπονιού δεν επηρεάστηκε ούτε από τη χρήση μικροοργανισμών ούτε από το γονότυπο της ρίζας.

4.1 Μικροοργανισμοί

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η χρήση του μύκητα *Trichoderma harzianum* T-22 αύξησε την ανάπτυξη μόνο του ριζικού συστήματος κατά 21,36% σε σχέση με το μάρτυρα και κατά 20,62% σε σχέση με το *Bacillus amyloliquefaciens* και όχι του υπέργειου των φυτών πεπονιάς σε σύγκριση με τις άλλες δύο επεμβάσεις αυξάνοντας παράλληλα και την απορρόφηση Na από τις ρίζες. Σε αντίθεση η συγκέντρωση Na στους καρπούς με τη χρήση του *Trichoderma harzianum* T-22 ήταν στατιστικώς σημαντικά μικρότερη σε σχέση με τη χρήση του *Bacillus amyloliquefaciens* και του μάρτυρα. Αυτή η δυνατότητα συγκράτησης Na στις ρίζες έχει πιθανά οφέλη σε περιπτώσεις άρδευσης με νερά υψηλής αλατότητας. Ο μηχανισμός με τον οποίο ο *Trichoderma harzianum* λειτουργεί σε καταστάσεις στρες περιγράφεται από τους Chersergon *et al.*, (2012) για πληθώρα καλλιεργειών και το γενικότερο συμπέρασμα είναι πως βοηθά στο ρυθμό ανάπτυξης του φυτού από τα πρώτα κιάλας στάδια μέσω αποικισμού του ριζικού συστήματος.

Η συγκέντρωση Mg και Ca στις ρίζες του πεπονιού ήταν στατιστικώς μεγαλύτερη με τη χρήση του *T. Harzianum* T-22 σε σύγκριση με το μάρτυρα κατά 27,55% και 23,89% αντίστοιχα. Ο συνδυασμός του *T. Harzianum* T-22 και του Ferro έδωσε τη μεγαλύτερη στατιστικώς συγκέντρωση K στους καρπούς πεπονιού. Η χρήση των μικροοργανισμών που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα είναι ξεκάθαρο ότι επηρέασε τις συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων του πεπονιού κάτι που είναι σύμφωνο με πληθώρα μελετών (Hardoim *et al.*, 2008). Οι Huang *et al.*, (2011) απέδειξαν ότι και άλλοι μικροοργανισμοί όπως οι *Glomus versiforme*, *F. mosseae*, *R. intraradices* μπορούν να επηρεάσουν τη φυσιολογία (παράμετροι ανάπτυξης, αντιοξειδωτικές δραστηριότητες, ολικά διαλυτά στερεά) θερμοκηπιακών πεπονιών κάτω από συνθήκες υδατικού στρες. Επίσης οι Naidu *et al.*, (2013) απέδειξαν ότι η φυλλική εφαρμογή με μικροβιακά εμπλουτισμένα κομπόστα τσαγιού αύξησε κατά 18% το νωπό βάρος καρπών πεπονιού σε σύστημα υδρολίπανσης και επηρέασε στατιστικά σημαντικά την απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων, τη συνεκτικότητα του καρπού, τη

συγκέντρωση ολικών διαλυτών στερεών ενώ αύξησε γραμμικά τη διάμετρο του καρπού.

Επίσης η χρήση των μικροοργανισμών αύξησε στατιστικά σημαντικά των αριθμό καρπών ανά φυτό (Patakioutas *et al.*, 2015) σε σχέση με το γονότυπο που χρησιμοποιήθηκε, με το Sphinx+*Trichoderma harzianum* T-22 να δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα.

Η απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων και η αντοχή σε αβιοτικά στρες με τη χρήση του *T. Harzianum* και *B. amyloliquifaciens* έχει μελετηθεί (Berg, 2009; Compant *et al.*, 2010; Du Jardin, 2015; Grover *et al.*, 2011; Hayat *et al.*, 2010; Loon, 2007; Lòpez-Bucio *et al.*, 2015; Martínez-Medina *et al.*, 2009) ωστόσο η ακριβής συσχέτισή τους με το ρόλο των διαβιβαστών πρωτεϊνών όπως για παράδειγμα της NRT1.1 (nitrate transporter of NO₃⁻ and auxin), ATM1 (high-affinity ammonium transporter), AMPK6 (mitogen-activated protein kinase), CBL1 (calcineuric B-like protein), HAT (histone acetyltransferase), GFP (green fluorescent protein) και άλλες αποτελεί πεδίο μελλοντικής έρευνας.

Το περιβάλλον της ρίζας παίζει σημαντικό ρόλο στην επιτυχία της μόλυνσης των μικροοργανισμών (Raaijmakers *et al.*, 2009) και ειδικότερα η θερμοκρασία του ριζοστρώματος, η αλατότητα, η συγκέντρωση ιόντων αμμωνίας, φωσφόρου, θείου και σιδήρου στο διάλυμα σε σχέση με τη κατάλληλη επιλογή των στελεχών των μικροοργανισμών (Lugtenberg and Kamilova, 2009).

Η δυνατότητα παρακολούθησης του περιβάλλοντος της ρίζας και ειδικότερα του ρυθμού εξέλιξης του αποικισμού των μικροοργανισμών με τη χρήση της τεχνολογίας (κάμερες υψηλής ανάλυσης, αισθητήρες θερμοκρασίας και μικροβιακής σύνθεσης νερού) σε συνδυασμό με αυτόματα συστήματα υδρολίπανσης μπορούν να συμβάλλουν στην περαιτέρω κατανόηση του μηχανισμού λειτουργίας των βιοδιεργετών και της ριζόσφαιρας των φυτών ξενιστών.

Επιπλέον κάποιοι ερευνητές συνέδεσαν τις πληγές στους φυτικούς ιστούς των φυτών ξενιστών με την αλλαγή του ρυθμού αποικισμού των μικροοργανισμών στη ριζόσφαιρα (Landgraf *et al.*, 2012). Κάτι τέτοιο θα μπορούσε να επηρεάσει τα φυτά πεπονιάς λόγω των συχνών κορφολογημάτων που πραγματοποιήσαμε ωστόσο τα παρόμοια αποτελέσματά μας στις συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων στα φύλα (36 και 87 ημέρες από τη φύτευση) δεν επιβεβαιώνουν τη θεωρία αυτή.

Πειράματα με τη χρήση του *Trichoderma harzianum* T-22 έγιναν και από τον Harman (2000) σε ανοιχτή καλλιέργεια καλαμποκιού και απέδειξαν τη θετική επίδραση του

μύκητα στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών και παράλληλα την αύξηση της παραγωγής κατά 123% σε σχέση με το μάρτυρα.

Έρευνα σε υδροπονική καλλιέργεια αγγουριού από τους Yedidia *et al.*, (1999) απέδειξε ότι η χρήση του *T. harzianum* T-203 αύξησε σημαντικά την παραγωγή. Ένα ερώτημα που προκύπτει από πολλές έρευνες είναι πιο είναι το βάθος και το ποσοστό του ριζικού συστήματος που επηρεάζεται από το μύκητα αλλά και ποιος είναι ο βέλτιστος χρόνος εφαρμογής του στο στάδιο ανάπτυξης του φυτού καθώς και ο τρόπος εφαρμογής (επένδυση σπόρου, υγρό διάλυμα, κοκκώδες κ.α.).

Επίσης η χρήση του *Trichoderma harzianum* T-22 οδήγησε σε μείωση της οξύτητας (Van Vees *et al.*, 2008) και της συνεκτικότητας της σάρκας του καρπού σε σύγκριση με το *Bacillus amyloliquefaciens* (35% και 59% αντίστοιχα) ανεξαρτήτως γονοτύπου ρίζας. Η χρήση του *B. amyloliquefaciens* είτε ως ένα στέλεχος είτε ως συνδυασμός (Artursson *et al.*, 2006) διαφορετικών στελεχών για προστασία από παθογόνα εδάφους (Calvo *et al.*, 2014) έχει μελετηθεί στο παρελθόν (Klopper *et al.*, 2004).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον θα αποτελέσει η περεταίρω μελέτη της συμβατότητας στελεχών του *B. amyloliquefaciens* και του *T.harzianum* ως προς την αποτελεσματικότητά τους σε πλήρως ελεγχόμενο περιβάλλον θερμοκηπίου υδροπονικών συστημάτων για παραγωγή υψηλής ποιότητας (Rouphael *et al.*, 2015) και αξίας κηπευτικών και φρούτων (Ruzzi and Aroca, 2015).

4.2 Γονότυπος ρίζας

Η χρήση γονοτύπου υποκειμένου διαφορετικού του εμβολίου μείωσε:

- τη βλαστική ανάπτυξη, μειώνοντας το βάρος των φύλλων των φυτών πεπονιάς
- το μέσο βάρος καρπού

Η χρήση γονοτύπου υποκειμένου διαφορετικού του εμβολίου σε φυτά πεπονιάς δεν έχει πάντα θετικά αποτελέσματα στην παραγωγή (Lee, 1994). Επίσης η χρήση γονοτύπου υποκειμένου διαφορετικού του εμβολίου αύξησε το pH (3.39%) στο χυμό του πεπονιού ενώ μείωσε και την οξύτητα (23,8% το Ferro και 13,04% το Sphinx) του καρπού κάτι που πολλές μελέτες επιβεβαιώνουν (Bautista *et al.*, 2011; Condurso *et al.*, 2012; Petropoulos *et al.*, 2015). Παρόλα αυτά η περεταίρω μελέτη της πιθανής αλληλεπίδρασης του pH (όξινο ή αλκαλικό) της ριζόσφαιρας σε σχέση με την αποτελεσματικότητα των εμβολιασμένων κηπευτικών και φρούτων να απορροφούν στοιχεία ειδικότερα σε κλειστού τύπου υδροπονικά συστήματα είναι αναγκαία για τη βελτίωση της ολοκληρωμένης θρέψης. Ο λόγος ολικά διαλυτά στερεά/οξύτητα είναι

ένας δείκτης ποιότητας και γεύσης του παραγόμενου προϊόντος (Condurso *et al.*, 2012) και σε σύγκριση με τα αποτελέσματα των Verzera *et al.*, (2014) μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι τα επίπεδα των ολικών διαλυτών στερεών στο πείραμα μας ήταν μικρότερα από αυτά που παρουσιάζονται από τους παραπάνω ερευνητές. Αυτό πιθανώς οφείλεται στο συνδυασμό υποκειμένου-εμβολίου και στις μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις (Bautista *et al.*, 2011; Davis *et al.*, 2008).

Ωστόσο ο συνδυασμός Sphinx και *Trichoderma harzianum* T-22 αύξησε τη συγκέντρωση ολικών διαλυτών στερεών (Brix) κατά 20,20% σε σχέση με το μάρτυρα και παράλληλα έδωσε τους καρπούς με το πιο έντονο κίτρινο χρώμα (δείκτης ωρίμανσης). Οι Crinò *et al.*, (2007) δεν βρήκαν διαφορές στα ολικά διαλυτά στερεά μεταξύ φυτών πεποنيού για γονότυπο υποκειμένου διαφορετικού του εμβολίου και αυτοεμβολιασμένων ενώ οι Colla *et al.*, (2006) παρουσίασαν μικρότερες τιμές ολικών διαλυτών στερεών για εμβολιασμένα φυτά πεποنيού σε υποκείμενο P360 (*C. maxima* Duchesne x *C. moschata* Duchesne) από ότι σε μη εμβολιασμένα 'Cyrano' (*C. melo* L. var. *cantaloupensis* Naud).

Το ριζικό σύστημα του "Ferro" ήταν στατιστικώς μεγαλύτερο σε σύγκριση με τους άλλους δύο γονότυπους. Η χρήση του "Ferro" ως υποκείμενο εμβολιασμού οδήγησε σε αύξηση της συγκέντρωσης του Na στις ρίζες σε σύγκριση με τους άλλους δύο γονότυπους μειώνοντας παράλληλα την απορρόφηση Na, Fe, και Zn από τα φύλλα. Η ανθεκτικότητα στην αλατότητα σχετίζεται με την ικανότητα των φυτών να αποκλείουν το Na ή/και τα ιόντα Cl από το κυτταρόπλασμα των μεταβολικά ενεργών κυττάρων (Savvas *et al.*, 2011).

Τα ποσοστά συγκέντρωσης Ca δεν επηρεάστηκαν από τη χρήση γονότυπου ρίζας κάτι που είναι σύμφωνο με μελέτη από τους Rouphael *et al.*, 2010. Η χρήση του Sphinx αύξησε στατιστικά σημαντικά τα ποσοστά K στα φύλλα στο τέλος της καλλιέργειας κάτι που επίσης είναι σύμφωνο με μελέτη από τους Rouphael *et al.*, 2012.

Η χρήση των *C. maxima* x *C. moschata* ως υποκείμενα σε εμβολιασμούς πεπονιών έχει μελετηθεί (Colla *et al.*, 2010) με θετικά αποτελέσματα όσον αφορά την απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων, τις πτητικές ενώσεις, την ανοχή στην αλκαλικότητα και την αποδοτικότητα της χρήσης αζώτου. Σε κάποιες περιπτώσεις ο εμβολιασμός πεποنيού (*C. melo* L.) σε κολοκύθι (*C. moschata* Dutch.) μπορεί να έχει αρνητικά αποτελέσματα όσον αφορά το ποσοστό απορρόφησης φωσφόρου (Savvas *et al.*, 2010). Το πεπόνι ανήκει στα φρούτα με χαμηλά ποσοστά συσσώρευσης νιτρικών (Rouphael *et al.*, 2010) στον καρπό (<200mgKg⁻¹ f.w.) και

υψηλά ποσοστά βιταμινών και ενώσεων (εστέρες, αλκοόλες, καρβονύλια) ωφέλιμων για την υγεία (Verzera *et al.*, 2014).

Ο στόχος των ερευνητών θα πρέπει να είναι η εξέλιξη γονοτύπων ανθεκτικών στις κλιματικές συνθήκες της περιοχής καλλιέργειας, σε παθογόνα όπως τα *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* (FOM), *Didymella bryoniae*, *Monosporascus cannonballus*, *Sclerotinia sclerotinium* κ.α. και με χαρακτηριστικά ανθεκτικότητας σε νερά υψηλής αλατότητας (Yasar *et al.*, 2006). Επίσης η επιλογή των υποκειμένων και εμβολίων από τους γενετιστές θα πρέπει να έχει ως στόχο τη βελτιστοποίηση της γεύσης (Saftner *et al.*, 2006; Saftner and Lester, 2009) και του αρώματος του πεποنيού τύπου Galia καθώς επίσης και της μετασυλλεκτικής του αντοχής (Hoberg *et al.*, 2003; Lamikanra and Watson, 2007; Portela *et al.*, 1998; Vallone *et al.*, 2013;) λόγω μεταφορών και διανομών στις σύγχρονες διεθνείς αγορές. Η συμμετοχή της αισθητικής ανάλυσης (sensory analysis) όπως αυτή περιγράφεται από τους Verzera *et al.*, (2011, 2014) θα πρέπει να αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της έρευνας της αλληλεπίδρασης γονοτύπων και μικροοργανισμών σε υδροπονικές καλλιέργειες πεποنيού τύπου Galia στο εγγύς μέλλον.

Επιπλέον το “Ferro” ως υποκείμενο εμβολιασμού μείωσε το σχηματισμό σπόρων. Επίσης η χρήση του “Ferro” ως υποκειμένου εμβολιασμού φυτών που οι ρίζες τους μολύνθηκαν με το *Bacillus amyloliquefaciens* αύξησε τη συνεκτικότητα της σάρκας κατά 49,82% σε σχέση με το μάρτυρα κάτι που είναι σύμφωνο με την έρευνα των Crinò *et al.*, 2007 και Davis *et al.*, 2008. Μία άλλη έρευνα απέδειξε ότι η συνεκτικότητα των πεπονιών ‘Proteo’ εμβολιασμένα σε υποκείμενα ‘P360’ (*C. maxima* Duchesne x *C. moschata* Duchesne) αυξήθηκε 19-32% (Colla *et al.*, 2006).

Η έκθεση των φυτών πεπονιας σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από τις βέλτιστες κατά την περίοδο ανάπτυξης τους μπορεί να έχει αρνητικά αποτελέσματα στην ποιότητα και στο μέγεθος των καρπών (Crinò *et al.*, 2007). Ο έλεγχος του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου αποτελεί τεχνολογική καινοτομία αιχμής (Katsoulas *et al.*, 2015; Kittas *et al.*, 2012) και σε συνδυασμό με την κατάλληλη επιλογή γονοτύπων και βιοδιεργετών τη λύση προς αειφορική παραγωγή θερμοκηπιακών προϊόντων υψηλής διατροφικής και λογιστικής αξίας.

Για το πείραμα της υδροπονικής καλλιέργειας πεποنيού οι τιμές της θερμοκρασίας, της σχετικής υγρασίας και της ηλιακής ακτινοβολίας εσωτερικά του θερμοκηπίου περιγράφονται στον Πίνακα 2.10. Αυτό που συμπεραίνουμε είναι ότι ο αερισμός του θερμοκηπίου ήταν ανεπαρκής τον Μάιο και τον Ιούνιο του 2015 με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν υψηλές θερμοκρασίες στο εσωτερικό του θερμοκηπίου που πιθανώς

να επηρέασαν και το μέσο βάρος καρπών αλλά και τη συνολική παραγωγή. Οι Bautista *et al.*, (2011) σε αντίστοιχο πείραμα με πεπόνια τύπου 'Piel de Sapo' (*C. melo* L. var. *saccharinus*) κατέγραψαν θερμοκρασίες εσωτερικά του θερμοκηπίου για τη διάρκεια του πειράματός τους από 21-24 °C, σχετική υγρασία από 52-72% και ηλιακή ακτινοβολία από 610-870 Js⁻¹m⁻². Επίσης οι ίδιοι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι εμβολιασμοί δεν επηρέασαν τις συγκεντρώσεις NO₃⁻, P, K, Ca, Mg και Zn στους καρπούς πεπονιού και τη συνολική παραγωγή με το οποίο τελευταίο συμφωνούν και τα δικά μας αποτελέσματα. Οι Verzera *et al.*, (2014) στο πείραμά τους κατέγραψαν θερμοκρασίες στο εσωτερικό του θερμοκηπίου από 14,4-36,4°C.

Συμπερασματικά θα πρέπει να συμφωνήσουμε ότι ο πλήρης έλεγχος του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου επηρεάζει όχι μόνο τη φυσιολογία των φυτών που ερευνώνται αλλά και των παραγόντων που χρησιμοποιούνται για τη διερεύνηση μιας υπόθεσης (Hikashi *et al.*, 2013; Matsuura *et al.*, 2010).

Η ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων δεν εξαρτάται μόνο από την επιλογή του γονοτύπου της ρίζας, του μικροοργανισμού ή της αλληλεπίδρασης αυτών αλλά και από το περιβάλλον του θερμοκηπίου, τον τρόπο υδρολίπανσης, τις καλλιεργητικές τεχνικές και την ποιότητα του νερού.

Κάτω από συνθήκες χαμηλού φωτισμού, η έλλειψη φωτο-αφομοιώσιμων προμηθειών και ανεπαρκούς σύνθεσης σακχαρόζης οδηγούν σε μείωση των ποσοστών σακχαρόζης στον καρπό πεπονιών (Rouphael *et al.*, 2012). Αντίθετα σε συνθήκες έντονου φωτισμού οι πιθανότητες για μαρασμό των άκρων των καρπών αυξάνονται. Αυτό επιβεβαιώνεται και από περίπου δώδεκα παραμορφωμένους καρπούς που απορρίψαμε λόγω σχήματος και εγκαυμάτων. Επίσης οι συγκεντρώσεις των καροτενοειδών μειώνονται σε θερμοκρασίες ≥35°C (Rouphael *et al.*, 2012).

Η διαχείριση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας EC (dSm⁻¹) αποτελεί επίσης σημαντική παράμετρο στη διαδικασία παραγωγής υδροπονικών προϊόντων. Οι Rouphael *et al.*, (2006) παρουσιάζουν έρευνα σύμφωνα με την οποία η αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στο θρεπτικό διάλυμα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της βιταμίνης C, του λυκοπενίου, της β-καροτίνης και των φαινολών.

Επίσης ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη μοντέλων υπολογισμού των μεταβολών των ποσοστών των σακχάρων και των οξέων στους καρπούς των φρούτων όπως αυτά των Genard *et al.*, (2003) και Lobit *et al.*, (2006) μπορούν να συμβάλλουν στην

καλύτερη διαχείριση των υδροπονικών συστημάτων για παραγωγή ποιοτικών καρπών.

Η βελτιστοποίηση της ψηφιακής σύγκλισης, της τηλεματικής (Ruiz-Canales and Ferrández-Villena, 2015), της ρομποτικής (Bechar and Vigneaut, 2017) σε συνδυασμό με τις νέες τεχνολογίες (Farell *et al.*, 2017; Lohr *et al.*, 2016), τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ, υδρογόνο), την εξοικονόμηση νερού (Karimanzira *et al.*, 2016) όπως κλειστά κυκλώματα υδρολίπανσης, αξιοποίηση υδάτινων πόρων/γκρίζων νερών, της ενέργειας (Nadal *et al.*, 2017) και την μελέτη της φυσιολογίας των φυτών και των εντόμων όπως εναλλακτικά είδη επικοινωνίας, robobees (Graule *et al.*, 2016) μπορούν να αποτελέσουν τις βάσεις για παραγωγή ασφαλέστερων, θρεπτικότερων, γευστικότερων προϊόντων για περισσότερους ανθρώπους σε ένα πιο καθαρό περιβάλλον.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Arebolla, E., Jacobs, R., and Korsten, L. (2010) Iturin A is the principal inhibitor in the biocontrol activity of *Bacillus amyloliquefaciens* PPCB004 against postharvest fungal pathogens. *Journal of Applied Microbiology*, 108(2), 386-395.
2. Asao, T., Asaduzzaman, Md., Fuad Mandal, Md., Tokura, M., Adachi, F., Ueno, M., Kawaguchi, M., Yano, S., and Ban, T. (2013) Impact of reduced potassium nitrate concentrations in nutrient solution on the growth, yield and fruit quality of melon in hydroponics. *Scientia Horticulturae*, 164, 221-231.
3. Artursson, V., Finlay, R.D., Jansson, J.K. (2006) Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and bacteria and their potential for stimulating plant growth. *Environmental Microbiology*, 8(1), 1-10.
4. Baille, A., Kittas, C., and Katsoulas N. (2001) Influence of whitening on greenhouse microclimate and crop energy partitioning. *Agricultural and Forest Meteorology*, 107(4), 293-306.
5. Bartzanas, T., Kacira, M., Zhu, H., Karmakar, S., Tamimi, E., Katsoulas, N., Lee, I.B., and Kittas, C. (2013) Computational fluid dynamics applications to improve crop production systems. *Computers and Electronics in Agriculture*, 93, 151-167.
6. Bashan, Y. and de-Bashan, L.E. (2005) Bacteria Plant growth promoting soil. In: Encyclopedia of soils in the environment. D. Hillel, Elsevier Eds., Oxford, UK, pp. 103-115.
7. Battacharyya, D., Badgohari, M.Z., Rathor, P., Prithviraj, B. (2015) Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 39-48.
8. Bechar, A. and Vigneault, C. (2017) Agricultural robots for field operations. Part 2: Operations and systems. *Biosystems Engineering*, 153, 110-128.
9. Berg, G. (2009) Plant-microbe interactions promoting plant growth and health: perspectives for controlled use of microorganisms in agriculture. *Applied Microbiology Biotechnology*, 84, 11-18.
10. Bower, J., Debnath, S., Guo, W-W., Morigushi, T., Pennisi, B., and Schwarz, D. (2015) Biostimulants in horticulture, *Scientia Horticulturae*, 196, 1-2.
11. Burton, W.G. (1982) *Post-harvest physiology of food crops*. Longman Group Ltd, Harlow, UK.

12. Calvo, P., Nelson, L., and Kloepper, J.W. (2014) Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil*, 383, 3-41.
13. Canellas, L.P., Olivares, F.L., Aguiar, N.O., Jones, D.L., Nebbioso, A., Mazzei, P., Piccolo, A. (2015) Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 15-27.
14. Cavaiuolo, M. and Ferrante, A. (2014) Nitrates and glucosinolates as strong determinants of the nutritional quality in rocket leafy salads. *Nutrients*, 6, 1519-1538.
15. Chávez-Mendoza, C., Sánchez, E., Carvajal-Millán, E., Muñoz-Márquez, E., and Guevara-Aguilar, A. (2013) Characterization of the nutraceutical quality and antioxidant activity in bell pepper in response to grafting. *Molecules*, 18, 15689-15703.
16. Chekli, L., Kim, Y., Phuntsho, S., Li, S., Ghaffour, N., Leiknes, T., and Kyong Shon, H. (2017) Evaluation of fertiliser-drawn forward osmosis for sustainable agriculture and water reuse in arid regions. *Journal of Environmental Management*, 187, 137-145.
17. Chepsergon, J., Mwamburi, L., and Kassim, M.K. (2012) Mechanism of drought tolerance in plants using *Trichoderma spp.* *International Journal of Science and Research*, 3(11), 1592-1595.
18. Colla, G., Nardi, S., Gardarelli, M., Ertani, A., Lucini, L., Canaguier, R., Roupheal, Y. (2015) Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 28-38.
19. Colla, G., Roupheal, Y., Cardarelli, M., Massa, D., Salerno, A., and Rea, E. (2006) Yield, fruit quality and mineral composition of grafted melon plants grown under saline conditions. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 81, 146-152.
20. Colla, G., Suárez, C.M.C., and Cardanelli, M. (2010) Improving nitrogen uses efficiency in melon by grafting. *HortScience*, 45(4), 559-565.
21. Comba, L., Gay, P., and Ricauda Aimonino, D. (2016) Robot ensembles for grafting herbaceous crops. *Biosystems Engineering*, 146, 227-239.
22. Compant, S., Clément, C., and Sessitsch, A. (2010) Plant growth-promoting bacteria in the rhizo- and endosphere of plants: Their role, colonization, mechanisms involved and prospects for utilization. *Soil Biology & Biochemistry*, 42, 669-678.

23. Condurso, C., Verzera, A., Dima, G., Tripodi, G., Crinò, P., Paratore, A., and Romano, D. (2012) Effects of different rootstocks on aroma volatile compounds and carotenoid content of melon fruits. *Scientia Horticulturae*, 148, 9-16.
24. Cosgrove, D.J. (2000) Loosening of plant cell walls by expansins. *Nature*, 407, 321-326.
25. Crinò, P., Bianco, C.L., Roupshael, Y., Colla, G., Saccardo, F., and Paratore, A. (2007) Evaluation of rootstocks resistance to fusarium wilt and gummy stem blight and effect on yield and quality of a grafted 'inodorus' melon. *HortScience*, 42(3), 521-525.
26. Davis, A.R., Perkins-Veazie, P., Hassell, R., Levi, A., King, S.R., and Zhang, X. (2008) *HortScience*, 43(6), 1670-1672.
27. De Jager, A.L. and Vogt, J. (2015) Analysing the Combined Drought Indicator (CDI): Demonstration and analysis of its evolution during spring and summer 2013-2014. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 4, 222-231.
28. De Pascale, S., Maggio, A., Fogliano, V., Ambrosino, P., and Ritieni, A. (2001) Irrigation with saline water improves carotenoids content and antioxidant activity of tomato. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 76, 447-453.
29. Disciglio, G., Frabboni, L., Tarantino, A., and Tarantino, E. (2014) Applying natural fertilizers to herbaceous crops. *Journal of Life Sciences*, 8(6), 504-510.
30. Dorais, M., Papadopoulos, A.P., and Gosselin, A. (2001) Influence of electric conductivity management on greenhouse tomato yield and fruit quality. *Agronomie*, 21, 367-383.
31. Du Jardin, P. (2015) Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196, 3-14.
32. Esen, M. and Yuksel, T. (2013) Experimental evaluation of using various renewable energy sources for heating a greenhouse. *Energy and Buildings*, 65, 340-351.
33. Falah, M.A.F., Khuriyati, N., Nurulfatia, R., and Dewi, K. (2013) Controlled environment with artificial lighting for hydroponics production systems. *Journal of Agricultural Technology*, 9(4), 769-777.
34. Farrell, E., Hassan, M.I., Tufa, R.A., Tuomiranta, A., Avci, A.H., Politano, A., Curcio, E., Arafat, H.A. (2017) Reverse electrodialysis powered greenhouse

- concept for water-and energy-self-sufficient agriculture. *Applied Energy*, 187, 390-409.
35. Fidaros, D.K., Baxevanou, C.A., Bartzanas, T., and Kittas, C. (2010) Numerical simulation of thermal behavior of a ventilated arc greenhouse during a solar day. *Renewable Energy*, 35, 1380-1386.
 36. Genard, M., Lescourret, F., Gomez, L., and Habib, R. (2003) Changes in fruit sugar concentrations in response to assimilate supply, metabolism and dilution: A modeling, approach applied to peach fruit (*Prunus persica*) *Tree Physiology*, 23, 373-385.
 37. Gericke, W.F. (1929) Aquaculture, a means of crop production. *American Journal of Botany*, 16, 862.
 38. Ghoname, A.A., El-Nemr, M.A., Abdel-Mawgoud, A.M.R., El-Tohamy, W.A. (2010) Enhancement of sweet pepper crop growth and production by application of biological, organic, and nutritional solutions. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 6(3), 349-355.
 39. Gómez-Merino, F.C. and Trejo-Téllez, L.I. (2015) Biostimulant activity of phosphate in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 82-90.
 40. Gormley, R. and Egan, S. (1978) Firmness and colour of the fruit of some tomato cultivars from various sources during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 29(6), 534-538.
 41. Graule, M.A., Chirarattanon, P., Fuller, S.B., Jafferis, N.T., Ma, K.Y., Spenko M., Kornbluh, R., Wood, R.J. (2016) Perching and takeoff of a robotic insect on overhangs using switchable electrostatic adhesion. *Science*, 352(6288), 978-982.
 42. Grover, M., Ali, Sk.Z., Sandhya, V., Rasul, A., Venkateswarlu, B. (2011) Role of microorganisms in adaptation of agriculture crops to abiotic stresses. *World Journal of Microbiology Biotechnology*, 27, 1231-1240.
 43. Gruda, N. (2005) Impact of environmental factors on product quality of greenhouse vegetables for fresh consumption. *Critical Review in Plant Science*, 24, 227-247.
 44. Gruda, N. (2009) Do soilless culture systems have an influence on product quality of vegetables? *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 82, 141-147.

45. Guler, H.G., Olympios, C., and Gerasopoulos, D. (1995) The effect of the substrate on the fruit quality of hydroponically grown melons (*Cucumis melo* L.). *Acta Horticulturae*, 379, 261-265.
46. Hanna, H.Y. (2005) Properly recycled perlite saves money, does not reduce greenhouse tomato yield, and can be reused for many years. *HortTechnology*, 15(2), 342-345.
47. Hardoim, P.R., Van Overbeek, L.S., Van Elsas, J.D. (2008) Properties of bacterial endophytes and their proposed role in plant growth. *Trends in Microbiology*, 16(10), 463-471.
48. Harman, G.E. (2000) Changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. *Plant Disease*, 208, 377-393.
49. Harman, G.E., Petzoldt, R., Comis, A. Chen, J. (2004) Interactions between *Trichoderma harzianum* strain T22 and maize inbred line Mo17 and effects of these interactions on diseases caused by *Pithium ultimum* and *Colletotrichum graminicola*. *Phytopathology*, 94, 147-153.
50. Hikashi, M., Ishikawa, K., Mon, M., Yasutake, D. (2013) Control of viscosity in different concentrations and temperatures of nutrient solution for hydroponic system. *IFAC Proceedings Volumes*, 46(4), 281-286
51. Ho, L.C. (2004) The contribution of plant physiology in glasshouse tomato soilless culture. *Acta Horticulturae*, 648, 19-25.
52. Hoberg, E., Ulrich, D., Schulz, H., Tuvia-Alkali, S., and Fallik, E. (2003) Sensory and quality analysis of different melon cultivars after prolonged storage. *Food*, 47, 320-324.
53. Huang, Z., Zou, Z.R., He, C.X., He, Z.Q., Zhang, Z.B., and Li, J.M. (2011) Physiological and photosynthetic responses of melon (*Cucumis melo* L.) seedlings to three *Glomus* species under water deficit. *Plant Soil*, 339, 391-399.
54. Jacobson, M. and Delucchi, M.A. (2011) Providing all global energy with wind, water, and solar power, Part I: Technologies, energy resources, quantities and areas of infrastructure, and materials. *Energy Policy*, 39, 1154-1169.
55. Kader, A.A., Morris, L.L., Stevens, M.A., Albright-Holton, M. (1978) Composition and flavor quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest procedures. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 103(1), 6-13.

56. Kalogirou, S.A. (2005) Seawater desalination using renewable energy sources. *Progress in Energy and Combustion Science*, 31, 242-281.
57. Karimanzira, D., Keesman, K.J., Kloas, W., Baganz, D., Rauschenbach, T. (2016) Dynamic modeling of the INAPRO aquaponic system. *Aquacultural Engineering*, 75, 29-45.
58. Katsoulas, N., Kittas, C., Dimokas, G., Lykas, Ch. (2006) Effect of irrigation frequency on rose flower production and quality. *Biosystems engineering*, 93(2), 237-244.
59. Katsoulas, N., Kittas, C., Tsirogiannis, I.L., Kitta, E., and Savvas, D. (2007) Greenhouse microclimate and soilless pepper crop production and quality as affected by a fog evaporative cooling system. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 50(5), 1831-1840.
60. Katsoulas, N., Savvas, D., Kitta, E., Bartzanas, T., and Kittas, C. (2015) Extension and evaluation of a model for automatic drainage solution management in tomato crops grown in semi-closed hydroponic systems. *Computers and Electronics in Agriculture*, 113, 61-71.
61. Khalil, S. and Alsanius, B.W. (2009) Utilisation of carbon sources by *Pythium*, *Phytophthora* and *Fusarium* species as determined by Biolog microplate assay. *Open Microbiology Journal*, 3, 9.
62. Kitta, E., Bartzanas, T., Katsoulas, N., and Kittas, C. (2015) Benchmark irrigated under cover agriculture crops. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 4, 348-355.
63. Kittas, C. (1996) A simple climagraph for characterizing regional suitability for greenhouse cropping in Greece. *Agricultural and Forest Meteorology*, 78(1-2), 133-141.
64. Kittas, C., Baille, A., and Giaglaras, P. (1999) Influence of covering material and shading on the spectral distribution of light in greenhouses. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 73(4), 341-351.
65. Kittas, C. and Bartzanas, T. (2007) Greenhouse microclimate and dehumidification effectiveness under different ventilator configurations. *Building and Environment*, 42(10), 3774-3784.
66. Kittas, C., Bartzanas, T., and Jaffrin, A. (2003) Temperature gradients in a partially shaded large greenhouse equipped with evaporative cooling pads. *Biosystems Engineering*, 85(1), 87-94.

67. Kittas, C., Boulard, T., Mermier, M., and Papadakis, G. (1996) Wind induced air exchange rates in a greenhouse tunnel with continuous side openings. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 65(1), 37-49.
68. Kittas, C., Katsoulas, N., and Bartzanas, T. (2012) Greenhouse climate control in Mediterranean greenhouses. *Cuadernos de Estudios Agroalimentarios*, 3, 89-114.
69. Kittas, C., Katsoulas, N., Rigakis, V., Bartzanas, T., and Kitta. E (2012) Effects on microclimate, crop production and quality of a tomato crop grown under shade nets. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 87(1), 7-12.
70. Kloepper, J.W., Ryu, C-M., and Zhang, S. (2004) Induced systemic resistance and promotion of plant growth by *Bacillus* spp. *Phytopathology*, 94(11), 1259-1266.
71. Krauss, S., Schnitzler, W.H., Grassmann, J., Voitke, M. (2006) The influence of different electrical conductivity values in a simplified recirculating soilless system on inner and outer fruit quality characteristics of tomato. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 54, 441-448.
72. Kubicek, C.P., Mach, R.L., Peterbauer, C.K., Lorito, M. (2001) *Trichoderma*: from genes to biocontrol. *Journal of Plant Pathology*, 83, 11-23.
73. Kurpaska, S. (2014) Energy effects during using the glass with different properties in a heated greenhouse. *Technical Sciences*, 17(4), 351-360.
74. Lamikanra, O. and Watson, M.A. (2007) Mild heat and calcium treatment effects on fresh-cut cantaloupe melon during storage. *Food Chemistry*, 102, 1383-1388.
75. Landgraf, R., Schaarschmidt, S., and Hause, B. (2012) Repeated leaf wounding alters the colonization of *Medicago truncatula* roots by beneficial and pathogenic microorganisms. *Plant, Cell and Environment*, 35, 1344-1357.
76. Lee, J.M. (1994) Cultivation of grafted vegetables I. Current status, grafting methods, and benefits. *HortScience*, 29(4), 235-239.
77. Lee, J.M., Kubota, C., Tsao, S.J., Bie, Z., Hoyos Eschevarria, P., Morra, L., and Oda, M. (2010) Current status of vegetable grafting: Diffusion, grafting techniques, automation. *Scientia Horticulturae*, 127, 93-105.
78. Lester, G.E. and Crosby, K. M. (2002) Ascorbic acid, folic acid, and potassium content in postharvest green-flesh honeydew muskmelons: influence of

- cultivar, fruit size, soil type and year. *Journal of American Society of Horticultural Science*, 127, 843-847.
79. Lester, G.E. (1997) Melon (*Cucumis melo* L.) fruit nutritional quality and health functionality. *HortTechnology*, 7, 222-227.
80. Lester, G.E. (2006) Environmental regulation of human health nutrients (ascorbic acid, β -carotene, and folic acid in fruits and vegetables. *HortScience*, 41, 3-7.
81. Lieth, J.H. (1996) Irrigation systems. In: Reed, D.W. (ed.) *Water, media and nutrition for greenhouse crops*. Ball Publishing, Batavia, Illinois, USA, pp: 1-29.
82. Liopa-Tsakalidi, A., Barouchas, P., Salahas, G. (2015) Response of zucchini to the electrical conductivity of the nutrient solution in hydroponic cultivation. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 4, 459-462.
83. Lobit, P., Genard, M., Soing, P., and Habib, R. (2006) Modelling malic acid accumulation in fruits: relationships with organic acids, potassium and temperature. *Journal of Experimental Botany*, 57, 1471-1483
84. Lohr, D., Tillmann, P., Zerche, S., Druège, U., Rath, T., Meinken, E. (2016) Non-destructive measurement of nitrogen status of leafy ornamental cuttings by near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) for assessment of rooting capacity. *Biosystems Engineering*, 148, 157-167.
85. Long, R.L., Walsh, K.B., Rogers, G., and Midmore, D.J. (2004) Source-sink manipulation to increase melon (*Cucumis melo* L.) fruit biomass and soluble sugar content. *Australian Journal of Agricultural Research*, 55(12), 1241-1251.
86. López-Bucio, J., Pelagio-Flores, R., and Herrera-Estrella, A. (2015) Trichoderma as biostimulant: exploiting the multilevel properties of a plant beneficial fungus. *Scientia Horticulturae*, 196, 109-123.
87. Lugtenberg, B., and Kamilova, F. (2009) Plant-growth-promoting rhizobacteria. *The Annual Review of Microbiology*, 63, 541-556.
88. Lykas, C., Katsoulas, N., Giaglaras, P., Kittas, C. (2006) Electrical conductivity and pH prediction in a recirculated nutrient solution of a greenhouse soilless rose crop. *Journal of Plant Nutrition*, 29(9), 1585-1599.
89. Mahmoudi, H., Spahis, N., Goosen, M.F., Salbani, S., Abdul-wahab, A., Ghaffour, N., Drouiche, N. (2009) Assessment of wind energy to power solar brackish water greenhouse desalination units: A case study from Algeria. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13, 2149-2155.

90. Martínez-Medina, A., Roldán, A., and Pascual, J.A. (2009) Performance of a *Trichoderma harzianum* bentonite-vermiculite formulation against *Fusarium* wilt in seedling nursery melon plants. *Horticultural Science*, 44, 2025-2027.
91. Matsuura, H., Itoh, H., Tomoda, S., Shiraishi, N., Uno, Y. (2010) Identification of signaling transmitter to activate nitrate reductase in vegetable leaves by near-infrared hyperspectral imaging system. *IFAC Proceedings Volumes*, 43(26), 160-165.
92. Nadal, A., Llorach-Massana, P., Cuerva, E., López-Capel, E., Montero, J.I., Josa, A., Rieradevall, J., Royapoor, M. (2017) Building-integrated rooftop greenhouses: An energy and environmental assessment in the mediterranean context. *Applied Energy*, 187, 338-351.
93. Naidu, Y., Meon, S., Siddiqui, Y. (2013) Foliar application of microbial-enriched compost tea enhances growth, yield and quality of muskmelon (*Cucumis melo* L.) cultivated under fertigation system. *Scientia Horticulturae*, 159, 33-40.
94. Neocleous D. and Savvas, D. (2016) NaCl accumulation and micronutrient uptake by a melon crop in a closed hydroponic system in relation to water uptake. *Agricultural Water Management*, 165, 22-32.
95. Nihorimbere, V., Cawoy, H., Seyer, A., Brunelle, A., Thonart, P., Ongena, M. (2012). Impact of rhizosphere factors on cyclic lipopeptide signature from the plant beneficial strain *Bacillus amyloliquefaciens* S499. *Microbiological Ecology*, 79, 176-191.
96. Olympios, C.M. (1992) Soilless media under protected cultivation. Rockwool, peat, perlite, and other substrates. *Acta Horticulturae*, 323, 215-234.
97. Papadavid, G., Markou, M., and Neocleous, D. (2008) Techno economic analysis of tomato production using hydroponic system in Cyprus. *AgroThesis*, 6(1), 9-19.
98. Papavizas, G.C., Lewis, J.A., and Abd-El Moity, T.H. (1982) Evaluation of new biotypes of *Trichoderma harzianum* for tolerance to benomyl and enhanced biocontrol capabilities. *Phytopathology*, 72, 126-132.
99. Patakioutas, G., Dimou, D., Kostoula, O., Yfanti, P., Paraskevopoulos, A., Ntatsi, G., and Savvas, D. (2015) Inoculation of tomato roots with beneficial microorganisms as a means to control *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* and improve nutrient uptake and yield. *Acta Horticulturae*, 1107(19), 141-148.

100. Payasi, A., Mishra, N.N., Soares Chaves, A.L., and Singh, R. (2009) Biochemistry of fruit softening: an overview. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 15(2), 103-113.
101. Petropoulos, S.A., Olympios, C., Ropokis, A., Vlachou, G., Ntatsi, G., Paraskevopoulos, A., and Passam, H.C. (2014) Fruit volatiles, quality, and yield of watermelon as affected by grafting. *Journal of Agricultural Science & Technology*, 16, 873-885.
102. Pichyangkura, R. and Chadchawan, S. (2015) Biostimulant activity of chitosan in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 49-65.
103. Podimata, M.V. and Yannopoulos, P.C. (2015) Evolution of game theory application in irrigation systems. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 4, 271-281.
104. Portela, S. and Cantwell, M.I. (1998) Quality changes of minimally processed honeydew melons stored in air or controlled atmosphere. *Postharvest Biology and Technology*, 14, 351-357.
105. Priest, F., Goodfellow, M., Shute, L., and Berkeley, R. (1987) "*Bacillus amyloliquefaciens* sp. nom., nom. rev." *International Journal of Systematic Bacteriology*, 37, 69-71.
106. Raaijmakers, J.M., Paulitz, T.C., Steinberg, C., Alabouvette, C., Moëgne-Loccoz, Y. (2009) The rhizosphere: a playground and batterfield for soilborne pathogens and beneficial microorganisms. *Plant Soil*, 321, 341-361.
107. Rifai, M.A. (1969) A revision of the genus *Trichoderma*. *Mycological Papers*, 116, 1-56.
108. Rifat, H., Safdar, A., Ummay, A., Rabia, K., Iftikhar, A. (2010) Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review. *Annals of Microbiology*, 60, 579-598.
109. Rodriguez, J.C., Cantliffe, D.J., Shaw, N.L., Karchi, Z. (2006) Soilless media and containers for greenhouse production of "Galia" type muskmelon. *HortScience*, 41, 1200-1205.
110. Roupael, Y., Cardarelli, M., Rea, E., Battistelli, A., Colla, G. (2006) Comparison of the sub irrigation and drip-irrigation systems for greenhouse zucchini squash production using saline and non-saline nutrient solutions. *Agriculture Water Management*, 82, 99-117.
111. Roupael, Y., Cardarelli, M., and Colla, G. (2012) Improving melon and cucumber photosynthetic activity, mineral composition, and growth

- performance under salinity stress by grafting onto Cucurbita hybrid rootstocks. *Photosynthetica*, 50(2), 180-188.
112. Roupael, Y., Cardarelli, M., Bassal, A., Leonardi, C., Giuffrida, F., and Colla, G. (2012) Vegetable quality as affected by genetic, agronomic and environmental factors. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 10(3&4), 680-688.
113. Roupael, Y., Colla, G., Battistelle, A., Moscatello, S., Proietti, S., Rea, E. (2004) Yield, water requirement, nutrient uptake and fruit quality of zucchini squash grown in soil and closed soilless culture. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 79, 423-430.
114. Roupael, Y., Franken, P., Schneider, C., Schwarz, D., Giovannetti, M., Agnolucci, M., De Pascale, S., Bonini, P., Colla, G. (2015) Arbuscular mycorrhizal fungi act as biostimulants in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, 196, 91-108.
115. Roupael, Y., Schwarz, D., Krumbein, A., and Colla, G. (2010) Impact of grafting on product quality of fruit vegetables. *Scientia Horticulturae*, 127, 172-179.
116. Ruiz-Canales, A. and Ferrández-Villena, M. (2015) New proposals in the automation and remote control of water management in agriculture. *Agricultural Water Management*, 151, 1-3.
117. Ruppel, E.G., Baker, R., Harman, G.E., Hubbard, J.P., Hecker, R.J., Chet, I. (1983) Field tests of *Trichoderma harzianum* Rifai aggr. as a biocontrol agent of seedling disease in several crops and *Rhizoctonia* root rot of sugar beet. *Crop Protection*, 2, 399-408.
118. Ruzzi, M. and Aroca, R. (2015) Plant growth-promoting rhizobacteria act as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 124-134.
119. Saftner, R., Abbott, J.A., Lester, G., Vinyard, B. (2006) Sensory and analytical comparison of orange-fleshed honeydew to cantaloupe and green-fleshed honeydew for fresh-cut chunks. *Postharvest Biology and Technology*, 42, 150-160.
120. Saftner, R. and Lester, G.E. (2009) Sensory and analytical characteristics of a novel hybrid muskmelon fruit intended for the fresh-cut industry. *Postharvest Biology and Technology*, 51, 327-333.
121. Salehi, R., Kashi, A., Lee, J-M., and Javanpour, R. (2014) Mineral concentration, sugar content and yield of Iranian “Khatooni” melon affected by

- grafting, pruning, and thinning. *Journal of Plant Nutrition*, DOI: 10.1080/01904167.2014.888740.
122. San Bautista, A., Calatayud, A., Nebauer, S.G., Pascual, B., Maroto, J.V., and López-Galarza, S. (2011) Effects of simple and double grafting melon plants on mineral absorption, photosynthesis, biomass and yield. *Scientia Horticulturae*, 130, 575-580.
123. Savvas, D. (2003) Hydroponics: A modern technology supporting the application of integrated crop management in greenhouse. *Food, Agriculture & Environment*, 1(1), 80-86.
124. Savvas, D., and Adamidis, K. (1999) Automated management of nutrient solution in hydroponics based on target electrical conductivity, pH and nutrient concentration ratios. *Journal of Plant Nutrition*, 22(9), 1415-1432.
125. Savvas, D. and Ntatsi, G. (2015) Biostimulant activity of silicon in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 66-81.
126. Savvas, D., Colla, G., Roupael, Y., and Schwarz, D. (2010) Amelioration of heavy metal and nutrient stress in fruit vegetables by grafting. *Scientia Horticulturae*, 127, 156-161.
127. Savvas, D., Stamati, E., Tsirogiannis, I.L., Mantzos, L., Barouchas, P.E., Katsoulas, N., and Kittas, C. (2007) Interactions between salinity and irrigation frequency in greenhouse pepper grown in closed-cycle hydroponic systems. *Agricultural Water Management*, 91(1-3), 102-111.
128. Savvas, D., Savva, A., Ntatsi, G., Ropokis, A., Karapanos, I., Krumbein, A., and Olympios, C. (2011) Effects of three commercial rootstocks on mineral nutrition, fruit yield, and quality of salinized tomato. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 174, 154-162.
129. Sharma, S.H.S., Lyons, G., McRoberts, C., McCall, D., Carmichael, E., Andrews, F., Swan, R., McCormack, R., Mellon, R. (2012) Biostimulant activity of brown seaweed species from Strangford Lough: compositional analyses of polysaccharides and bioassay of extracts using mung bean (*Vigna mungo* L.) and pak choi (*Brassica rapa chinensis* L.) *Journal of Applied Phycology*, 24, 1081-1091.
130. Shaw, N.L., Cantliffe, D.J., Rodriguez, J.C., Shine III, S. (2004) Economic feasibility of producing galia muskmelons in passive ventilated greenhouses and soilless culture in north central Florida. *Proceedings of Florida State Horticultural Society*, 117, 38-42.

131. Suhl, J., Dannehl, D., Kloas, W., Baganz, D., Jobs, S., Scheibe, G., and Schmidt, U. (2016) Advanced aquaponics: Evaluation of intensive tomato production in aquaponics vs. conventional hydroponics. *Agricultural Water Management*, 178, 335-344.
132. Tijssens, L.M.M. and Evelo, R. (1994) Modeling color of tomatoes during postharvest storage. *Biology & Technology*, 4, 85-98.
133. Tzortzakis, N.G. (2009) Influence of NaCl and calcium nitrate on lettuce and endive growth using nutrient film technique. *International Journal of Vegetable Science*, 15, 1-13.
134. Vallone, S., Sivertsen, H., Anthon, G.E., Barrett, D.M., Mitcham, E.J., Ebeler, S.E., Zakharov, F. (2013) An integrated approach for flavor quality evaluation in muskmelon (*Cucumis melo* L. *reticulatus* group) during ripening. *Food Chemistry*, 139, 171-183.
135. Van Loon (2007) Plant responses to plant growth-promoting rhizobacteria. *European Journal of Plant Pathology*, 119, 243-254.
136. Van Wees, S.C.M., Van der Ent, S., and Pieterse, C.M.J. (2008) Plant immune responses triggered by beneficial microbes. *Current Opinion in Plant Biology*, 11, 443-448.
137. Van der Ent, S., Van Wees, S.C.M., and Pieterse, C.M.J. (2009) Jasmonate signaling in plant interactions with resistance-inducing beneficial microbes. *Phytochemistry*, 70, 1581-1588.
138. Verzera, A., Dima, G., Tripodi, G., Conduro, C., Crinò, P., Romano, D., Mazzaglia, A., Lanza, C.M., Restuccia, C., and Paratore, A. (2014) Aroma and sensory quality of honeydew melon fruits (*Cucumis melo* L. subsp. *melo* var. *inodorus* H. Jacq.) in relation to different rootstocks. *Scientia Horticulturae*, 169, 118-124.
139. Verzera, A., Dima, G., Tripodi, G., Ziino, M., Lanza, C.M., Mazzaglia, A. (2011) Fast quantitative determination of aroma volatile constituents in melon fruits by headspace-solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry. *Food Analytical Methods*, 4, 141-149.
140. Windham, M.T., Elad, Y., and Baker R. (1986) A mechanism for increased plant growth induced by *Trichoderma* spp. *Phytopathology*, 76, 518-521.

141. Wong, J.H., Hao, J., Cao, Z., Qiao, M., Xu, H., Bai, Y., Ng, T.B. (2008) An antifungal protein from *Bacillus amyloliquefaciens*. *Journal of Applied Microbiology*, 105(6), 1888-1898.
142. Xu, J., and Warriner, K. (2005) Coliphage as an indicator of fecal contamination in hydroponic cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Journal of Sciences in Food Agriculture*, 85, 2397-2400.
143. Yasar, F., Kusvuran, S., and Ellialtioglu, S. (2006) Determination of anti-oxidant activities in some melon (*Cucumis melo* L.) varieties and cultivars under salt stress. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 81, 627-630.
144. Yedidia, I., Benhamou, N., and Chet, I. (1999) Induction of defense responses in cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) by the biocontrol agent *Trichoderma harzianum*. *Applied Environmental Microbiology*, 65, 1061-1070.
145. Yedidia, I., Srivastva, A.K., Kapulnik, Y., and Chet, I. (2001). Effect of *Trichoderma harzianum* on microelement concentrations and increased growth of cucumber plants. *Plant Soil*, 235, 235-242.
146. Youssef, S.A., Tartoura, K.A., and Abdelraouf, G.A. (2016) Evaluation of *Trichoderma harzianum* and *Serratia proteamaculans* effect on disease suppression, stimulation of ROS-scavenging enzymes and improving tomato growth infected by *Rhizoctonia solani*. *Biological Control*, 100, 79-86.

ΙΣΤΟΤΟΠΟΙ

147. CBI – <http://www.cbi.eu/>
148. CBI information about EU Buyer Requirements – http://www.cbi.eu/marketintel_platform/fresh-fruit-vegetables/136122/buyerrequirements
149. EU Export Helpdesk – http://exporthelp.europa.eu/thdapp/index_en.html
150. SIPPO – <http://www.switzerland-ge.com/global/export/en/sippo-services>
151. British Retail Consortium (BRC) – <http://brcglobalstandards.com>
152. BSCI – <http://www.bsci-intl.org>
153. FAIRTRADE – <http://www.fairtrade.net>
154. GLOBALG.A.P. – <http://www.globalgap.org/uk>
155. ISEAL – <http://www.isealalliance.org>
156. ITC Standards Map – <http://www.standardsmap.org/>

157. Rainforest Alliance – <http://www.rainforest-alliance.org/>
158. Codex Alimentarius – <http://www.codexalimentarius.org>
159. European Food legislation – http://ec.europa.eu/agriculture/organic/eu-policy/legislation_en
160. The United Nations Economic Commission for Europe – <http://www.unece.org/trade/agr/standard/fresh/FFV-StandardsE.html>
161. Agricultural Research for Development – <http://www.cirad.fr/en>
162. European Statistics Eurostat – <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>
163. FAOSTAT – <http://faostat.fao.org>
164. ITC Trade Map – <http://www.trademap.org>
165. United Nations Comtrade – <http://comtrade.un.org>
166. European Biostimulant Industry Council (EBIC) – www.biostimulants.eu
167. Eurodrip – www.eurodrip.gr
168. Isocon A.E. – www.isocon.gr
169. Πλαστικά Κρήτης – www.plastikakritis.com
170. United States Department of Agriculture (USDA) – www.usda.com