



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS

ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΑΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΤΟΜΕΙΣ ΑΙΧΜΗΣ & ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ &
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΟΠΩΡΟΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ & ΑΝΘΟΚΟΜΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Επίδραση εδαφοβελτιωτικών - βιοδιεγερτών στη φυσιολογία και
θρεπτική κατάσταση ποικιλίας ροδακινιάς εμβολιασμένης
σε δύο υποκείμενα

Θεμιστοκλής Ν. Παπαδήμας
Γεωπόνος

Επιβλέπων καθηγητής:
Ρούσσος Πέτρος, Αναπληρωτής Καθηγητής ΓΠΑ

Αθήνα
2021

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΑΣ**

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Επίδραση εδαφοβελτιωτικών - βιοδιεγερτών στη φυσιολογία και
θρεπτική κατάσταση ποικιλίας ροδακινιάς εμβολιασμένης
σε δύο υποκείμενα

“Effects of biostimulants – soil conditioners on physiology and
nutrition of Peach cultivar grafted on two rootstocks”

**Θεμιστοκλής Ν. Παπαδήμας
Γεωπόνος**

Εξεταστική Επιτροπή:

Ρούσσος Πέτρος, Αναπληρωτής Καθηγητής ΓΠΑ (Επιβλέπων)
Γασπαράτος Διονύσιος, Αναπληρωτής Καθηγητής ΓΠΑ
Παπαδάκης Ιωάννης, Επίκουρος Καθηγητής ΓΠΑ

Επίδραση εδαφοβελτιωτικών - βιοδιεγερτών στη φυσιολογία και θρεπτική κατάσταση ποικιλίας ροδακινιάς εμβολιασμένης σε δύο υποκείμενα

Τμήμα Φυτικής Παραγωγής
Εργαστήριο Δενδροκομίας

Περίληψη

Η συμμετοχή των βιοδιεγερτών στο πρόγραμμα λίπανσης των οπωροφόρων δένδρων γίνεται ολοένα και μεγαλύτερη τις τελευταίες δεκαετίες και παρουσιάζει πολλαπλά οφέλη. Ειδικότερα, μέσω της ενεργοποίησης διαφόρων μεταβολικών και φυσιολογικών λειτουργιών, αποσκοπεί στην βελτίωση της αποδοτικότητας της θρέψης, συνεισφέρει στην αύξηση και ανάπτυξη ενώ ταυτόχρονα ενισχύει την καλύτερη ανταπόκριση των καλλιεργειών στις αβιοτικές καταπονήσεις.

Σκοπός της μεταπτυχιακής διατριβής ήταν ο προσδιορισμός των επιδράσεων δύο εμπορικών σκευασμάτων βιοδιεγερτών (Actiwave και Amalgerol) στη θρέψη και στη φυσιολογία δένδρων ροδακινιάς (*Prunus persica* L. Batsch) ποικιλίας "Mercil" εμβολιασμένης στα υποκείμενα GF - 677 και Garnem. Οι δύο βιοδιεγέρτες που περιείχαν στη σύνθεσή τους εκχυλίσματα φυκιών και οργανικό άνθρακα, εφαρμόστηκαν με υδρολίπανση στα δένδρα σε συνδυασμό με χημικά λιπάσματα των οποίων η αποκλειστική εφαρμογή αποτέλεσε το μάρτυρα της πειραματικής μελέτης.

Τα αποτελέσματα έδειξαν πως οι βιοδιεγέρτες συνέβαλαν στην αύξηση του διαθέσιμου σιδήρου (Fe) στο έδαφος καθώς και της συγκέντρωσής του στα φύλλα. Το συγκεκριμένο εύρημα είναι ιδιαίτερα σημαντικό λαμβάνοντας υπόψιν την ευαισθησία της ροδακινιάς σε τροφοπενία του ιχνοστοιχείου. Πέρα από το σίδηρο, η εφαρμογή των δύο σκευασμάτων οδήγησε στην αύξηση του αμμωνιακού αζώτου ($\text{NH}_4\text{-N}$) στο έδαφος. Όσον αφορά το κομμάτι της φυσιολογίας, η κυριότερη επίδραση των εκχυλισμάτων από φύκη ήταν η αύξηση της συγκέντρωσης της σακχαρόζης στα φύλλα το μήνα Σεπτέμβριο. Επιπλέον, σε ορισμένες περιπτώσεις ήταν φανερό η επίδραση των δύο υποκειμένων στην απορρόφηση του καλίου (K) και μερικών ιχνοστοιχείων, στη φωτοσυνθετική ικανότητα και στη συγκέντρωση σακχάρων στα φύλλα.

Σημειώνεται πως η εφαρμογή χημικών λιπασμάτων εξασφάλισε την επάρκεια των θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος και στα φύλλα, σχεδόν στην πλειονότητα των περιπτώσεων.

Επιστημονική περιοχή: Δενδροκομία

Λέξεις Κλειδιά: βιοδιεγέρτες, εδαφοβελτιωτικά, θρεπτικά, ροδακινιά, θρέψη ροδακινιάς, φωτοσυνθετική ικανότητα, σάκχαρα

Effects of biostimulants - soil conditioners on physiology and nutrition of Peach cultivar grafted on two rootstocks

*Faculty of Crop Science
Laboratory of Pomology*

Abstract

Over the course of the last decades, the participation of biostimulants to the fertilization program of fruit trees has immensely increased. In particular, they improve the efficiency of plant nutrition, plant growth and development, whereas enhance the response of plants to abiotic stress through the activation of certain metabolic and physiological functions.

The aim of the present study was to assess the effects of two commercial biostimulants (Actiwave and Amalgerol) regarding the nutrition and the physiology of peach (*Prunus persica* L. Batsch), cv.Mercil, grafted on two different rootstocks (GF – 677 and Garnem). These two biostimulants derived by seaweed extracts, contain organic carbon and were applied via fertigation in combination with chemical fertilizers, which when used alone served as control.

The results indicated that biostimulants contributed to the increase of available iron (Fe) concentration in soil and in peach leaves. This finding is quite important, taking into account the susceptibility of peach trees to Fe deficiency. Apart from the Fe, the application of the two products led to the increase of ammoniacal nitrogen (NH₄-N) in soil. In terms of plant physiology, seaweed extracts had an impact on the concentration of sucrose in peach leaves which was higher in September. Furthermore, the two different rootstocks clearly affected the absorption of potassium (K) and of certain trace elements, the photosynthetic capacity and sugar content leaves.

It must be also mentioned, that the application of chemical fertilizers through the fertigation system ensured the sufficiency of most nutrients both in soil and leaves.

Scientific area: Pomology

Key words: biostimulants, soil conditioners, nutrients, peach, peach nutrition, photosynthetic capacity, sugar content

Ευχαριστίες

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλλαν στη διεκπεραίωση της μεταπτυχιακής διατριβής. Αρχικά, θερμότερες ευχαριστίες στον επιβλέποντα της μελέτης, Αναπληρωτή Καθηγητή Δενδροκομίας του τμήματος Φυτικής Παραγωγής, κύριο Πέτρο Ρούσσο για τις πολύτιμες συμβουλές, τις επιστημονικές γνώσεις που μου μετέδωσε και το χρόνο που αφιέρωσε τόσο στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος όσο και εκτός αυτού. Οι επισημάνσεις του και ο τρόπος προσέγγισης του σε γεωπονικά και επαγγελματικά ζητήματα αποτέλεσε τη σημαντικότερη κατευθυντήρια γραμμή την οποία ακολουθώ στα λίγα χρόνια ενασχόλησής μου με τη γεωπονική επιστήμη.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες στον προπτυχιακό φοιτητή του τμήματος Φυτικής Παραγωγής Νίκο Φωτόπουλο καθώς χωρίς την συνεισφορά του δεν θα ήταν δυνατή η εγκατάσταση και η διεξαγωγή του πειραματικού σκέλους της μελέτης. Ευχαριστώ επίσης την υποψήφια διδάκτορα του τμήματος Φυτικής Παραγωγής Ρομίνα Καρύδα η οποία βοήθησε σημαντικά στις φωτοσυνθετικές μετρήσεις στο δενδροκομείο του Γ.Π.Α. και στο χειρισμό ορισμένων επιστημονικών οργάνων.

Θερμά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Στέλιο Δάλλα, μέλος ΕΤΕΠ του εργαστήριου Εδαφολογίας για την άψογη συνεργασία που είχαμε για ακόμη μία φορά, δεδομένων των δυσκολιών που παρουσιάστηκαν στο διάστημα πραγματοποίησης των αναλύσεων εδάφους και φύλλων. Επιπλέον, ευχαριστώ τον Αναπληρωτή Καθηγητή Εδαφολογίας κύριο Διονύσιο Γασπαράτο ο οποίος ήταν πρόθυμος ανά πάσα στιγμή να βοηθήσει και να απαντήσει σε οποιαδήποτε απορία ή προβληματισμό μου.

Ακόμη, θέλω να εκφράσω την βαθύτατη εκτίμησή μου στον Αναπληρωτή Καθηγητή Δενδροκομίας κύριο Ιωάννη Παπαδάκη ο οποίος με τις διαλέξεις του στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος με βοήθησε να διαλευκάνω και να εμβαθύνω σε θέματα δενδροκομικής φύσεως και για τα καλά λόγια προς το πρόσωπό μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την ηθική και οικονομική τους στήριξη σε όλα τα χρόνια της φοιτητικής μου πορείας. Τους

είμαι ευγνώμων καθώς αποτέλεσαν τον σημαντικότερο παράγοντα στην ολοκλήρωση των μεταπτυχιακών σπουδών μου στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή.....	1
1.1 Προέλευση και εξέλιξη ροδακινιάς.....	1
1.2 Ταξινόμηση.....	1
1.3 Καρπός.....	2
1.4 Η καλλιέργεια της ροδακινιάς στον κόσμο.....	3
1.5 Θρέψη ροδακινιάς.....	5
1.5.1 Ανάγκες σε θρεπτικά στοιχεία.....	5
1.6 Ποικιλία Mercil.....	6
1.7 Υποκείμενα.....	7
1.7.1 GF – 677.....	7
1.7.2 Garnem.....	7
1.8 Βιοδιεγέρτες.....	8
1.8.1 Ορισμός.....	8
1.8.2 Χαρακτηρισμός – Κατηγοριοποίηση.....	9
1.8.3 Φάσμα δράσεων βιοδιεγερτών.....	10
1.9 Εκχυλίσματα από φύκη.....	13
1.9.1 Επιδράσεις.....	16
1.9.1.1 Αύξηση βιομάζας.....	16
1.9.1.2 Υδατικό δυναμικό.....	16
1.10 Εδαφοβελτιωτικά.....	17
1.10.1 Είδη εδαφοβελτιωτικών.....	18
1.10.2 Φύκη ως εδαφοβελτιωτικά.....	20
1.11 Σκευάσματα.....	21
1.11.1 Actiwave.....	21
1.11.2 Amalgerol.....	22
1.12 Ανασκόπηση βιβλιογραφίας.....	23
1.12.1 Εφαρμογές βιοδιεγερτών και εδαφοβελτιωτικών που προέρχονται από εκχυλίσματα φυκιών και η επίδραση τους στις καλλιέργειες.....	23
1.12.1.1 Βιοδιεγέρτες και ροδακινιά.....	23
1.12.1.2 Βιοδιεγέρτες στη φυσιολογία.....	23
1.12.1.2.2 Φωτοσύνθεση.....	23
1.12.1.2.3 Αύξηση περιεχομένου σε σάκχαρα.....	24

1.12.1.3 Η επίδραση των εκχυλισμάτων από φύκη στη θρέψη των φυτών	25
1.12.1.4 Εφαρμογή εκχυλισμάτων από φύκη σε αλατούχα εδάφη.....	26
1.12.2 Εδαφοβελτιωτικά.....	27
1.13 Σκοπός του πειράματος	28
2. Υλικά και Μέθοδοι.....	29
2.1 Τόπος διεξαγωγής του πειράματος.....	29
2.2 Φυτικό Υλικό	30
2.3 Εργασίες δενδροκομείου.....	30
2.4 Εφαρμογή λιπασμάτων & βιοδιεγερτών.....	30
2.5 Εργασίες φυτοπροστασίας.....	33
2.6 Συλλογή – προετοιμασία εδαφικών και φυλλικών δειγμάτων	34
2.6.1 Δειγματοληψία εδάφους.....	34
2.6.2 Συλλογή φυτικού υλικού.....	34
2.7 Μέτρηση φωτοσυνθετικής ικανότητας.....	35
2.8 Μέτρηση ύψους δένδρων ροδακινιάς.....	36
2.9 Προσδιορισμός σακχάρων στα φύλλα.....	36
2.10 Εδαφικές αναλύσεις.....	37
2.10.1 Προσδιορισμός κοκκομετρικής σύστασης.....	37
2.10.2 Προσδιορισμός εδαφικού pH.....	38
2.10.3 Προσδιορισμός ισοδύναμου ανθρακικού ασβεστίου κατά “Bernard”	39
2.10.4 Προσδιορισμός οργανικής ουσίας κατά “Walkley – Black”.....	40
2.10.5 Προσδιορισμός Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας (EC)	41
2.10.6 Προσδιορισμός ολικού αζώτου στο έδαφος (Μέθοδος “Kjendahl”)	41
2.10.7 Χρωματικός προσδιορισμός του αμμωνιακού αζώτου (NH ₄ -N) στο έδαφος με τη μέθοδο της ινδοφαινόλης (Indophenol Blue Method).....	42
2.10.8 Προσδιορισμός των νιτρικών μορφών του αζώτου (NO ₃ -N) του εδάφους με τη μέθοδο του καδμίου.....	43
2.10.9 Προσδιορισμός διαθέσιμου εδαφικού φωσφόρου (Μέθοδος “Olsen”).....	43
2.10.10 Προσδιορισμός I.A.K. (Ικανότητας Ανταλλαγής Κατιόντων).....	44
2.10.11 Προσδιορισμός ανταλλάξιμων κατιόντων K, Ca, Mg, Na	45
2.10.12 Προσδιορισμός ιχνοστοιχείων Fe, Cu, Zn, Mn.....	45
2.11 Φυλλοδιαγνωστική	46
2.11.1 Προσδιορισμός ολικού αζώτου (N) των φυτικών ιστών (Μέθοδος “Kjeldahl”).....	46

2.11.2 Προσδιορισμός ολικών ποσοτήτων των θρεπτικών στοιχείων K, Na, Ca, Mg, P, Fe, Cu, Mn και Zn στους φυτικούς ιστούς	47
2.12 Στατιστική Ανάλυση.....	48
3. Αποτελέσματα.....	49
3.1 Εδαφικά Δείγματα.....	49
3.1.1 Εδαφικό δείγμα πριν τη μεταφύτευση των δένδρων	49
3.1.2 Εδαφικά δείγματα μετά τις επεμβάσεις.....	50
3.2 Δείγματα φύλλων.....	57
3.2.1 Συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων στα φύλλα.....	57
3.2.2 Φωτοσυνθετική Ικανότητα	61
3.3 Συγκέντρωση σακχάρων στα φύλλα.....	62
3.3.1 Πρώτη Δειγματοληψία.....	62
3.3.2 Δεύτερη Δειγματοληψία.....	63
3.3.3 Τρίτη Δειγματοληψία	65
3.4 Ύψος Δένδρων	66
4. Συζήτηση – Συμπεράσματα	68
5. Βιβλιογραφία	77
5.1 Διεθνής Βιβλιογραφία.....	77
5.2 Ελληνική Βιβλιογραφία.....	83

Στην αδελφή μου Γεωργία και στη σύντροφό μου Διονυσία

1. Εισαγωγή

1.1 Προέλευση και εξέλιξη ροδακινιάς

Η ροδακινιά κατάγεται από την Κίνα στην οποία ξεκίνησε η καλλιέργειά της περίπου 3.000 χρόνια πριν. Με την πάροδο των αιώνων η ροδακινιά εξαπλώθηκε στις περιοχές της εύκρατης και της υποτροπικής ζώνης. Από εκεί και ειδικότερα από την περιοχή της Περσίας (σημερινό Ιράν) η καλλιέργεια έφτασε στην Ευρώπη μια χιλιετία αργότερα. Τον 16^ο αιώνα μ.Χ., Ισπανοί και Πορτογάλοι ερευνητές μετέφεραν τη ροδακινιά στην Αμερικανική ήπειρο από όπου εξαπλώθηκε σε μεγάλο εύρος περιβαλλοντικών συνθηκών τόσο στο βόρειο όσο και στο νότιο ημισφαίριο.

Ελάχιστα στοιχεία είναι γνωστά μέχρι σήμερα για την ιστορική εξέλιξη του γένους της. Παρόλα αυτά από τις επιστημονικές μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί, προτείνεται πως η εξάπλωση της ροδακινιάς έγινε από αλλόγαμα είδη όπως το *P. scoparia* (sprach) και το *P. dulcis*. Μοιάζει πιθανό το είδος που ανήκει η ροδακινιά *Prunus persica* και άλλα είδη όπως τα προαναφερθέντα να προέρχονται από έναν κοινό πρόγονο, όντας στενά συνδεδεμένα ως αποτέλεσμα διειδικού υβριδισμού μεταξύ τους.

1.2 Ταξινόμηση

Η ροδακινιά ανήκει στην οικογένεια Rosaceae, στην υποοικογένεια Prunoideae και στο γένος *Prunus*, στο οποίο ανήκουν κι άλλα υποείδη όπως τα *Cerasus*, *Padus*, και *Laurocerasus*. Όλες οι εμπορικές και οι καλλιεργούμενες ποικιλίες ροδακινιάς ανήκουν στο είδος *Prunus persica* (L.) Batsch. Το συγκεκριμένο είδος μπορεί να διασταυρωθεί και με άλλα είδη όπως παραδείγματος χάριν με την αμυγδαλιά (*P. dulcis* – *P. Amygdalus* – *Amygdalus communis*) και πραγματοποιείται για συγκεκριμένους σκοπούς με κυριότερο την δημιουργία υποκειμένων (Byrne et al., 2012).

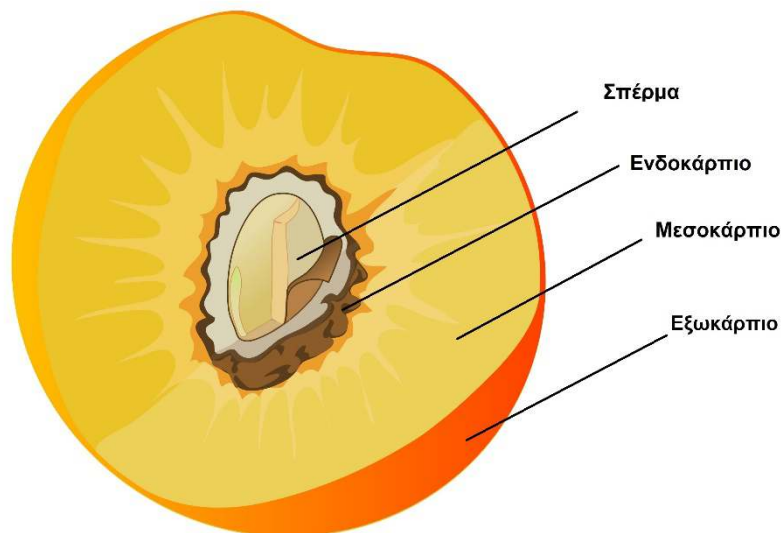
Πίνακας 1: Ταξινόμηση ροδακινιάς (Byrne et al., 2012)

Οικογένεια	Rosaceae
Υποοικογένεια	Prunoideae
Γένος	<i>Prunus</i> (L.)
Υπογένος	<i>Amygdalus</i>
Τμήμα	Euamygdalus
Είδος	<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch

Η ροδακινιά είναι δένδρο φυλλοβόλο καθώς δε διατηρεί το φύλλωμά το χειμώνα. Μαζί με τη νεκταρινιά, τη βερικοκιά, την κερασιά, την αμυγδαλιά και τη δαμασκηλιά ανήκει στα πυρηνόκαρπα (stone fruits) (Crisosto et al, 2009).

1.3 Καρπός

Από βοτανική προσέγγιση, ο καρπός των πυρηνόκαρπων χαρακτηρίζεται ως δρύπη ο οποίος αποτελείται από το εξωκάρπιο, το μεσοκάρπιο και το ενδοκάρπιο που περιέχει το σπέρμα.



Εικόνα 1: Ο καρπός της ροδακινιάς που χαρακτηρίζεται ως δρύπη με τα επιμέρους τμήματά του

Δύο από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά των ποικιλιών ροδακινιάς είναι η ύπαρξη ή μη χνουδιού στον καρπό και η ευκολία αποχωρισμού του πυρήνα (ενδοκάρπιο) από τη σάρκα (μεσοκάρπιο). Ειδικότερα, οι καρποί που δεν διαθέτουν χνούδι ονομάζονται νεκταρινία, ενώ η ιδιότητα του πυρήνα να

αποσπάται από τη σάρκα σε συνδυασμό με τη συνεκτικότητά της κατά την ωρίμανση, καθορίζει τη χρήση για την οποία προορίζονται. Με βάση τα παραπάνω, τα εκπύρηννα ροδάκινα είναι κατάλληλα για επιτραπέζια χρήση και τα συμπύρηννα ή βιομηχανικά ιδανικά για κονσερβοποίηση.

1.4 Η καλλιέργεια της ροδακινιάς στον κόσμο

Η παγκόσμια εξάπλωση της ροδακινιάς τον τελευταίο αιώνα, την καθιστά πλέον τη δεύτερη σημαντικότερη καλλιέργεια οπωροφόρων δένδρων μετά τη μηλιά, όσον αφορά το ύψος παραγωγής. Η συνολική παραγωγή ροδάκινων και νεκταρινιών ξεπέρασε τους 24,4 εκατομμύρια τόνους το 2018 (FAOSTAT, 2020), ήτοι 45% μεγαλύτερη από αυτή του 2000 (13,2 εκ. τόνοι). Πιθανόν, μερικοί από τους κυριότερους λόγους που συνδράμουν στην ραγδαία αυτή αύξηση είναι η κάλυψη των διατροφικών αναγκών του ανθρώπινου πληθυσμού που ενδέχεται να φτάσει τα 8,5 δισεκατομμύρια το 2025, καθώς και η υψηλή υγειονομική αξία των καρπών της. Το ροδάκινο αποτελεί πηγή χρησίμων θρεπτικών συστατικών όπως φαινολικά, καροτενοειδή και βιταμίνη C τα οποία παρουσιάζουν αντιοξειδωτική δραστηριότητα (Cevallos et al. 2006), συμβάλλοντας στη διατήρηση της υγείας και στην πρόληψη χρόνιων καρδιαγγειακών νοσημάτων

Τα ηνία της παγκόσμιας παραγωγής τα τελευταία 25 χρόνια κατέχει η Κίνα έχοντας πολύ μεγάλη διαφορά από τη δεύτερη Ιταλία και τις Η.Π.Α. που έρχεται στην τρίτη θέση. Η Ασία μεταξύ των ηπείρων κατέχει το μεγαλύτερο μερίδιο στην παραγωγή ροδάκινων και νεκταρινιών με το ποσοστό να ανέρχεται στο 57,6% στο διάστημα 1993 έως 2018 (FAOSTAT, 2020).



Διάγραμμα 1: Η κατανομή της παραγωγής ροδάκινων και νεκταρινιών ανά ήπειρο στο διάστημα 1993 - 2018 (FAOSTAT, 2020)



Διάγραμμα 2: Οι 10 χώρες με τη μεγαλύτερη ετήσια παραγωγή ροδάκινων και νεκταρινιών στο διάστημα 1993 - 2018 (FAOSTAT, 2020)

Η Ελλάδα βρίσκεται στην πέμπτη θέση παγκοσμίως όσον αφορά το συνολικό ύψος παραγωγής και τη μέση ετήσια παραγωγή στο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Ειδικότερα, το μέσο ύψος της ετήσιας παραγωγής είναι μεγαλύτερο των 809.000 τόνων ενώ το 2018 πλησίασε το 1 εκατομμύριο (968.720 τόνοι).

1.5 Θρέψη ροδακινιάς

1.5.1 Ανάγκες σε θρεπτικά στοιχεία

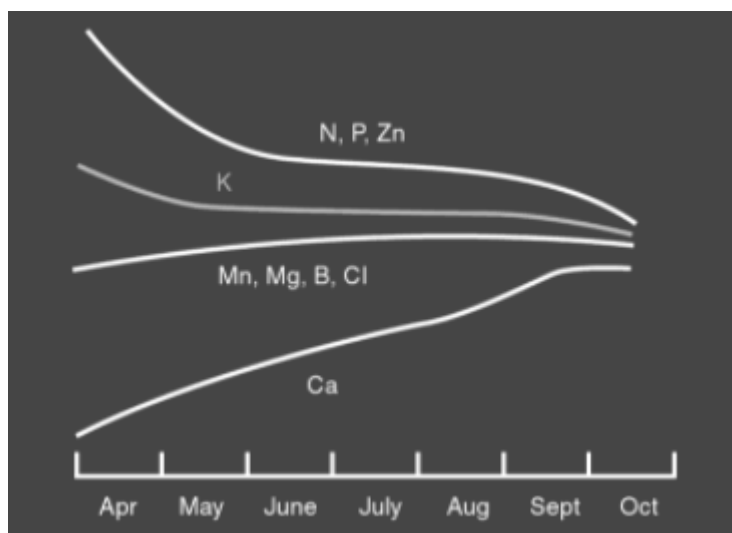
Η ροδακινιά όπως και όλα τα φυτικά είδη χρειάζονται τα 16 απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία για την επίτευξη βέλτιστης ανάπτυξης και παραγωγής. Από αυτά ο άνθρακας (C), το υδρογόνο (H) και το οξυγόνο (O) λαμβάνονται από την ατμόσφαιρα και το έδαφος, ενώ τα υπόλοιπα 13 προσλαμβάνονται μέσω των ριζών. Η εφαρμογή λίπανσης (ανόργανης ή οργανικής) στοχεύει στη διατήρηση των συγκεντρώσεων των θρεπτικών στοιχείων σε επίπεδα επάρκειας τόσο στο εδαφικό διάλυμα όσο και στους φυτικούς ιστούς. Η εμφάνιση πιθανής τροφοπενίας κάποιου από τα στοιχεία ενδέχεται να οδηγήσει σε υποβάθμιση της παραγωγής και σε προβλήματα όσον αφορά την ποιότητα των καρπών, την ανάπτυξη και την υγεία των δένδρων (Johnson, 2008). Τα κατώτερα όρια των τροφοπενιών καθώς και το εύρος επάρκειας των θρεπτικών στοιχείων στα φύλλα της ροδακινιάς παρουσιάζονται στον

Πίνακας 2: Όρια τροφοπενιών και εύρος επάρκειας θρεπτικών στοιχείων στη ροδακινιά όπως προσδιορίστηκαν από διάφορους ερευνητές (Johnson, 2008)

Θρεπτικό Στοιχείο	Όριο τροφοπενίας	Εύρος επάρκειας
N (%)	2,2 - 2,4	2,6 - 3,5
P (%)	0,09 - 0,12	0,14 - 0,40
K (%)	0,75 - 1	2,0 - 3,0
Ca (%)	1	1,5 - 3
Mg (%)	0,1 - 0,3	0,3 - 0,8
Fe (ppm)	-	80 - 250
Zn (ppm)	10 - 20	20 - 50
Mn (ppm)	20	40 - 200
Cu (ppm)	3	5 - 16

Πίνακα 1.

Ιδιαίτερη σημασία για τον καθορισμό των λιπαντικών αναγκών των δένδρων έχει το γεγονός πως τα επίπεδα των θρεπτικών (μακροστοιχείων και ιχνοστοιχείων) στα φύλλα μεταβάλλονται ανάλογα με το στάδιο του βλαστητικού κύκλου στο οποίο βρίσκεται η ροδακινιά και τις εκάστοτε φυσιολογικές λειτουργίες που επιτελούνται.



Εικόνα 2: Διακύμανση συγκέντρωσης των θρεπτικών στοιχείων στα φύλλα ροδακινιάς κατά τη διάρκεια του ετήσιου κύκλου ανάπτυξης (Johnson, 2008)

Παραδείγματος χάριν όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3, σε ότι αφορά στοιχεία όπως το άζωτο (N) και ο φώσφορος (P) η συγκέντρωσή τους στους φυτικούς ιστούς είναι μεγαλύτερη στα στάδια της άνθησης όπου το δένδρο χρειάζεται ορισμένες ενώσεις (πρωτεΐνες, αμινοξέα, ένζυμα) και την απαραίτητη ενέργεια για να επιτελέσει σημαντικές λειτουργίες. Μετέπειτα το κάλιο (K) και το ασβέστιο (Ca), η αύξηση της συγκεντρώσεών τους από το καλοκαίρι υποδεικνύει τον καταλυτικό ρόλο τους στην ποιότητα και την μετασυλλεκτική αντοχή των καρπών.

1.6 Ποικιλία Mercil

Η μελετούμενη ποικιλία “Mercil” είναι μία εμπορική ποικιλία η οποία προέρχεται από το Red Bluff της Καλιφόρνια των Η.Π.Α., επωνομαζόμενη και ως “Ο’ Henry”. Στην Ευρώπη η συγκεκριμένη ποικιλία κατοχυρώθηκε τις

τελευταίες δεκαετίες με το όνομα “Mercil” με το οποίο είναι σήμερα γνωστή. Πρόγονος της αποτελεί η νεκταρινιά όπως αποδεικνύεται από την παρουσία συγκεκριμένων γονιδίων στο γενετικό της υλικό.

Οι καρποί της ποικιλίας “Mercil” χαρακτηρίζονται από υψηλή συνεκτικότητα, κίτρινη σάρκα και έντονο κόκκινο χρώμα. Έχουν συνήθως στρογγυλεμένο σχήμα ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις φέρουν προεξοχές και ωριμάζουν στο διάστημα μεταξύ τελευταίας εβδομάδας του Ιουλίου μέχρι αρχές Αυγούστου, όντας όψιμης ωρίμανσης. Τα δένδρα συνήθως δίνουν υψηλή παραγωγή, ενώ στα γνωρίσματα της ποικιλίας περιλαμβάνεται η ανάγκη για κάλυψη 800 περίπου ωρών σε ψύχος για τη συμπλήρωση των απαιτήσεων για διακοπή του ληθάργου και η υψηλή ευαισθησία της στη βακτηριακή κηλίδωση (Okie, 1998).

1.7 Υποκείμενα

1.7.1 GF – 677

Το συγκεκριμένο υποκείμενο είναι υβρίδιο ροδακινιάς x αμυγδαλιάς (*P. persica* x *P. dulcis*) με καταγωγή από το Μπορντό της Γαλλίας. Αποτελεί το υποκείμενο με τη μεγαλύτερη σπουδαιότητα και εξάπλωση στις χώρες της Μεσογείου τις τελευταίες δεκαετίες (Legua et al., 2012). Η ευρεία χρήση του οφείλεται κατά κύριο λόγο στις ιδιότητές του, με το υβρίδιο να παρουσιάζει πολύ καλή προσαρμοστικότητα σε αλκαλικά εδάφη με υψηλό pH και υψηλή συγκέντρωση ανθρακικού ασβεστίου. (Stylianides et al., 1988). Μάλιστα κάτω από αυτές τις συνθήκες οι εμβολιασμένες σε αυτό ποικιλίες μπορούν να εμφανίσουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σιδήρου στα φύλλα (Tsirouridis et al., 2005). Όσον αφορά το τελευταίο έχει μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στη χλώρωση που προκαλείται από τροφοπενία σιδήρου συγκριτικά με άλλα υποκείμενα όπως το ‘Cadaman’ και το ‘Hansen 2168’ (Jimenez et al., 2008). Ακόμη, το ‘GF – 677’ έχει αποδειχθεί ανθεκτικό σε ξηροθερμικές συνθήκες και υδατική καταπόνηση (Alarcon et al., 2002) ενώ μπορεί να ανταποκριθεί σε χαμηλά δυναμικά νερού, επιτρέποντας την αφομοίωση άνθρακα και διατηρώντας με αυτό τον τρόπο τη φωτοσυνθετική της δραστηριότητα (Jimenez et al., 2013).

1.7.2 Garnem

Το 'Garnem' είναι και αυτό υβρίδιο αμυγδαλιάς - Garfi x ροδακινιάς -Nemared, κατάγεται από την Σαραγόσα της Ισπανίας και έχει διαδοθεί τα τελευταία είκοσι χρόνια στη Μεσόγειο. Διαθέτει κόκκινο φύλλωμα και παρουσιάζει μεγάλη ζωηρότητα (Zargouk et al. 2005) όπως το 'GF – 677', καθώς και ανθεκτικότητα στις χλωρώσεις προκαλούμενες από τροφοπενίες σιδήρου οι οποίες είναι συχνές σε αλκαλικά και ασβεστούχα εδάφη. Στις περισσότερες περιπτώσεις το 'Garnem' ανταποκρίνεται καλύτερα σε εκτάσεις που υπάρχει αρδευτικό σύστημα (Felipe, 2009) χωρίς ωστόσο να αντέχει την ασφυξία του ριζικού συστήματος σε περιπτώσεις κατάκλισης με νερό. Επιπλέον, μεγάλη ευαισθησία παρουσιάζει στην προσβολή από το βακτήριο *Agrobacterium tumefaciens*. Χαρακτηρίζεται από υψηλά επίπεδα ανθεκτικότητας σε ευρύ φάσμα νηματωδών σκωλήκων που προσβάλλουν τη ροδακινιά όπως του *Meloidogyne arenaria*.

1.8 Βιοδιεγέρτες

1.8.1 Ορισμός

Βιοδιεγέρτης ονομάζεται κάθε ουσία ή μικροοργανισμός που εφαρμόζεται στα φυτά με στόχο να βελτιώσει την αποδοτικότητα της θρέψης, την ανθεκτικότητα στις αβιοτικές καταπονήσεις και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών, ανεξάρτητα από το περιεχόμενό τους σε θρεπτικά στοιχεία (Du Jardin, 2015). Ο συγκεκριμένος όρος χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1997 από τους Zhang και Schmidt, ενώ στην επιστημονική βιβλιογραφία ο Kauffman διαχώρισε τους βιοδιεγέρτες από τα χρησιμοποιούμενα λιπάσματα, αναφέροντάς τους ως υλικά εκτός των λιπασμάτων που προάγουν την ανάπτυξη των φυτών όταν εφαρμοστούν σε μικρές ποσότητες (Kauffman et al., 2007).

Ο διαχωρισμός αυτός στηρίζεται στο γεγονός πως η κύρια λειτουργία κάθε λιπάσματος είναι να τροφοδοτεί το φυτό με θρεπτικά στοιχεία. Ωστόσο, κάτι ανάλογο δεν ισχύει στην περίπτωση των βιοδιεγερτών που προωθούν με άλλους τρόπους την ανάπτυξη των φυτών, κυρίως με την ενίσχυση των μεταβολικών διεργασιών.

Τα επόμενα χρόνια έγιναν πολλές αναφορές στους βιοδιεγέρτες από έρευνες και επιστημονικές μελέτες. Ειδικότερα, οι βιοδιεγέρτες έχουν παρουσιαστεί ως μια εναλλακτική προοπτική για την αύξηση της παραγωγικότητας των

καλλιεργειών όντας ταυτόχρονα φιλικόί προς το περιβάλλον και βελτιώνοντας την αποτελεσματικότητα των χημικών λιπασμάτων (Ertani et al., 2015). Επιπροσθέτως, αναφερόμενοι ως γεωπονικοί ή φυτικοί βιοδιεγέρτες χαρακτηρίζονται ως μια κατηγορία ενώσεων που εφαρμόζονται στο φυτό και προωθούν την αύξηση και την καλύτερη θρέψη των φυτών ακόμη και σε συνθήκες καταπόνησης.

Οι περισσότεροι βιοδιεγέρτες που χρησιμοποιούνται στις μέρες μας είναι σύνθετα μείγματα χημικών ουσιών που προήλθαν από μια βιολογική διαδικασία ή μέσω εκχύλισης βιολογικών υλικών. Η δράση τους θεωρείται πως καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από την πολυπλοκότητα των μειγμάτων αυτών, ενώ πολλές ιδιότητές τους οι οποίες οφείλονται στα περιεχόμενα συστατικά τους δεν έχουν αποσαφηνιστεί πλήρως. (Yakhin et al., 2017).

1.8.2 Χαρακτηρισμός – Κατηγοριοποίηση

Έως σήμερα, μόνο σε ορισμένα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχει πραγματοποιηθεί προσδιορισμός των βιοδιεγερτών με ρυθμιστικό ή νομικό πλαίσιο. Ωστόσο, μεταξύ αυτών παρουσιάζονται αρκετές διαφοροποιήσεις (La Torre et al., 2013). Το γεγονός αυτό καθιστά απαραίτητο τον χαρακτηρισμό των βιοδιεγερτών από την επιστημονική κοινότητα.

Ειδικότερα, για το παραπάνω ζήτημα προτάθηκε από τους (Yakhin et al., 2017) πως οι βιοδιεγέρτες μπορούν να χαρακτηριστούν από τον τρόπο δράσης τους και την προέλευσή των συστατικών τους ή αποκλειστικά από τις ευεργετικές επιδράσεις τους στην παραγωγικότητα των φυτών.

Αντίθετα, ο (Du Jardin, 2015) επισήμανε ότι ο χαρακτηρισμός των βιοδιεγερτών πρέπει να εστιάζει στο γεωπονικό αντίκτυπο των λειτουργιών τους και όχι στον τρόπο δράσεών τους ή στη φύση των προϊόντων τους. Όσον αφορά το τελευταίο, δημιουργούνται προκλήσεις κατά τον χαρακτηρισμό τους λόγω των πολλών συστατικών τους και την απροσδιόριστη σύνθεσή τους και στο ενδεχόμενο η δράση ενός βιοδιεγέρτη να μην βασίζεται στην παρουσία ενός μεμονωμένου συστατικού αλλά στην αλληλεπίδραση μεταξύ των συστατικών του προϊόντος.

Παρόλες τις ιδιαιτερότητες που παρουσιάζονται κατά τον χαρακτηρισμό τους, η εμβάθυνση και η μελέτη στην ποικιλομορφία των περιεχόμενων συστατικών

τους, βοήθησε στην κατηγοριοποίησή τους με την πρώτη από αυτές να επιχειρείται το 1951 (Filatov, 1951). Σε μια από τις πιο σύγχρονες προσεγγίσεις ο (Du Jardin, 2015) διαχώρισε τους βιοδιεγέρτες σε επτά κατηγορίες οι οποίες είναι:

- 1) Χουμικές ενώσεις
- 2) Υδρολυμένες πρωτεΐνες και άλλες ενώσεις που περιέχουν άζωτο
- 3) Εκχυλίσματα από φύκη (algae)
- 4) Χιτοζάνη και άλλα πολυμερή
- 5) Ανόργανες ενώσεις
- 6) Ωφέλιμα βακτήρια
- 7) Ωφέλιμοι μύκητες

1.8.3 Φάσμα δράσεων βιοδιεγερτών

Ποικίλες είναι οι δράσεις των βιοδιεγερτών στις μεταβολικές διεργασίες, στη φυσιολογία και στο θρεπτικό δυναμικό των φυτών. Πέρα από το ότι αποτελούν πηγή μακροστοιχείων και ιχνοστοιχείων, μπορούν να αυξήσουν τη συγκέντρωση φαινολικών ουσιών, οι οποίες αποτελούν δευτερογενείς μεταβολίτες ζωτικής σημασίας για τους φυτικούς οργανισμούς.

Πιο αναλυτικά, η εφαρμογή οργανικών βιοδιεγερτών επηρεάζει τη δράση ορισμένων ενζύμων, όπως το ένζυμο αμμωνία λυάση της φαινυλ-αλανίνης (PAL) το οποίο είναι καθοριστικό για τη βιοσύνθεση των φαινολικών ουσιών. Η αύξηση του φαινολικού δυναμικού των παραγόμενων καρπών και του ασκορβικού οξέος (βιταμίνη C) (Ertani et al., 2015) έχει σημαντικό αντίκτυπο καθώς πρόκειται για ενώσεις που παρουσιάζουν μεγάλη αντιοξειδωτική δραστηριότητα.

Εκτός αυτών, προάγεται η αύξηση (growth) των φυτών, παρουσιάζοντας μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια και βάρος καρπών μετά από εφαρμογή βιοδιεγερτών. Τα περιεχόμενα συστατικά σε σκευάσματα βιοδιεγερτών όπως αμινοξέα, ορμόνες (αυξίνες, κυτοκινίνες) και φαινολικές ουσίες είναι κατά κύριο λόγο υπεύθυνα για τα προαναφερθέντα αποτελέσματα, συμβάλλοντας με αυτόν τον τρόπο στη δημιουργία ενός ελκυστικότερου προϊόντος για τους καταναλωτές.

Επιπροσθέτως, απαριθμώντας το ευρύ θετικό τους αντίκτυπο, η προσθήκη χουμικών, φουλβικών ή καρβοξυλικών οξέων που περιέχονται στους βιοδιεγέρτες έχει αποδειχθεί πως οδηγεί σε αύξηση της απόδοσης (yield) των καλλιεργειών (Drobek et al., 2019).

Όσον αφορά το κομμάτι της πρόσληψης των θρεπτικών στοιχείων, τα σκευάσματα που περιέχουν υδρολυμένες πρωτεΐνες ενισχύουν την αφομοίωση του αζώτου (N) από τα φυτά με τη ρύθμιση ορισμένων ενζύμων που εμπλέκονται στη συγκεκριμένη διαδικασία, καθιστώντας το στοιχείο διαθέσιμο για αυτά (Du Jardin, 2015).

Πέρα της άμεσης επίδρασής τους σε ενδογενείς διεργασίες, ορισμένοι βιοδιεγέρτες έχουν τη δυνατότητα να συμβάλλουν στη βελτίωση των εδαφικών ιδιοτήτων (Nardi et al., 2009). Η συγκεκριμένη κατηγορία περιλαμβάνει ως επί το πλείστον οργανικής φύσεως σκευάσματα που επηρεάζουν τη μικροχλωρίδα του εδάφους (μύκητες, βακτήρια) και ενδεχομένως να δράσουν ευεργετικά στην ανάπτυξη των φυτών (Bulgari et al., 2015). Στην παραπάνω κατηγορία εντάσσονται οι χουμικές ενώσεις οι οποίες αποτελούν τμήμα της οργανικής ύλης του εδάφους.

Επιπλέον, οι χουμικές ενώσεις στους βιοδιεγέρτες έχουν την ικανότητα σχηματισμού συμπλόκων μορίων με ιχνοστοιχεία όπως ο ψευδάργυρος (Zn) και ο σίδηρος (Fe), δημιουργώντας καλύτερα αξιοποιήσιμες μορφές των στοιχείων. Η συγκεκριμένη δράση μπορεί να αποτελέσει ένα μέτρο αντιμετώπισης για την περιορισμένη διαθεσιμότητα των ιχνοστοιχείων, φαινόμενο πολύ συχνό σε αλκαλικά εδάφη, ενώ ταυτόχρονα συμβάλλουν στη μείωση της τοξικότητας από βαρέα μέταλλα όπως το αλουμίνιο (Al) ή το χρώμιο (Cr) που μπορεί να υπάρχουν στο εδαφικό διάλυμα (Janos et al., 2009).

Ακόμη, συμβάλλουν στη βελτίωση της γονιμότητας του εδάφους, αυξάνοντας την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (ΙΑΚ). Οι χουμικές ενώσεις περιέχονται στον χούμο ο οποίος φέρει θέσεις με αρνητικά φορτία επιτρέποντας τη συγκράτηση κατιόντων των στοιχείων του εδαφικού διαλύματος, μέρος των οποίων πιθανόν να είχε εκπλυθεί.

Εκτός του εδάφους, έχει αποδειχθεί πως οι χουμικές ενώσεις ενισχύουν την αύξηση των ριζών και της φυλλικής βιομάζας μέσα από την αλληλεπίδρασή τους με φυσιολογικές και μεταβολικές διεργασίες (Nardi et al., 2002).

Οι μηχανισμοί δράσης των βιοδιεγερτών που προαναφέρθηκαν αναδεικνύουν το ρόλο και τη σημασία τους στη βελτίωση της απόδοσης των καλλιεργειών και στη διατήρηση της περιβαλλοντικής ισορροπίας. Ωστόσο, επισημαίνεται πως η επίδραση ενός βιοδιεγέρτη μπορεί να διαφέρει τόσο μεταξύ των ειδών, όσο και μεταξύ των ποικιλιών και εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες, τη δόση και τον τρόπο εφαρμογής του (Kunicki et al., 2010).

Συγκεντρωτικά, στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται οι μηχανισμοί δράσης των βιοδιεγερτών, το εύρος των δράσεών τους καθώς και πολλά οφέλη από τη χρήση τους.

Πίνακας 3: Επιδράσεις των βιοδιεγερτών με κυτταρικό, φυσιολογικό και γεωργικό αντίκτυπο και τα πιθανά οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη (Du Jardin, 2015)

	Χουμικά οξέα	Εκχυλίσματα φυκιών	Προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών και αμινοξέα	Γλυκίνη - Βεταΐνη	Ριζοβακτήρια
Κυτταρικός Μηχανισμός (αλληλεπιδράσεις με κυτταρικά συστατικά και διεργασίες)	Ενεργοποιούν ΑΤΡασες άντλησης πρωτονίων στην πλασματική μεμβράνη, προάγουν τη χαλάρωση του κυτταρικού τοιχώματος και την επιμήκυνση των κυττάρων σε ρίζες αραβοσίτου (<i>Zea mays</i>)	Εκχυλίσματα από το <i>Ascophyllum nodosum</i> προκαλούν την έκφραση των γονιδίων που κωδικοποιούν μεταφορείς των ιχνοστοιχείων (Cu, Fe, Zn) στην ελαιοκράμβη (<i>Brassica napus</i>)	Το ενζυματικό υδρόλυμα πρωτεϊνών σε μηδική (<i>Medicago sativa</i>) διεγείρει το ένζυμο φαινυλαλανίνη αμμωνία-λυάση (PAL), την έκφραση των γονιδίων και την παραγωγή φλαβονοειδών σε συνθήκες αλατότητας	Προστατεύει το φωτοσύνστημα II από τη γήρανση που προκαλείται από άλατα, πιθανόν μέσω της ενεργοποίησης των παραγόντων δέσμευσης του O ₂	Το <i>Azospirillum brasilense</i> απελευθερώνει αυξίνες και ενεργοποιεί διοξείδιο της αυξίνης στη μορφογένεση των ριζών στο χειμερινό σιτάρι (<i>Triticum aestivum</i>)
Φυσιολογικές Λειτουργίες	Αυξημένη γραμμική ανάπτυξη των ριζών, ριζική βιομάζα	Αυξημένες συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων στους ιστούς και μεταφορά τους από το υπόγειο στο υπέργειο τμήμα	Προστασία φλαβονοειδών από UV και οξειδωτικές καταστροφές	Διατήρηση φωτοσυνθετικής ικανότητας των φύλλων υπό συνθήκες αλατότητας	Αυξημένη πλευρική πυκνότητα του ριζικού συστήματος και αύξηση ριζικών τριχιδίων
Γεωργικές Λειτουργίες	Βελτιωμένη αποτελεσματικότητα χρήσης θρεπτικών στοιχείων και ικανότητα ριζών για αναζήτηση τροφής	Βελτιωμένη σύνθεση φυτικών ιστών σε ανόργανα στοιχεία	Αύξηση ανθεκτικότητας καλλιεργειών σε αβιοτικές καταπονήσεις	Αύξηση ανθεκτικότητας καλλιεργειών σε αβιοτικές καταπονήσεις	Βελτιωμένη αποτελεσματικότητα χρήσης θρεπτικών στοιχείων και ικανότητα ριζών για αναζήτηση τροφής
Οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη (μεταβολές στην απόδοση, στην ποιότητα των προϊόντων, ισορροπία οικοσυστήματος)	Υψηλότερη απόδοση, εξοικονόμηση λιπασμάτων και μειωμένες απώλειες για το περιβάλλον	Βελτιωμένη θρεπτική αξία, αύξηση συγκεντρώσεων S, Fe, Zn, Mg, Cu)	Υψηλότερη απόδοση καλλιέργειας κάτω από συνθήκες καταπόνησης	Υψηλότερη απόδοση καλλιέργειας κάτω από συνθήκες καταπόνησης	Υψηλότερη απόδοση, εξοικονόμηση λιπασμάτων και μειωμένες απώλειες για το περιβάλλον

1.9 Εκχυλίσματα από φύκη

Από τις προαναφερθέντες κατηγορίες ένα μεγάλο μέρος της σύνθεσης των σκευασμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα της διπλωματικής μελέτης περιέχει εκχυλίσματα φυκιών. Γενικότερα, τα φύκη χαρακτηρίζονται ως

θαλλόφυτα, ατελή δηλαδή φυτά που δεν διαθέτουν ριζικό σύστημα, διαφοροποιημένα βλαστικά όργανα και φύλλα, τα οποία ως κύρια φωτοσυνθετική χρωστική ουσία έχουν την χλωροφύλλη Α (Lee, 2008).

Η χρήση φυκιών πραγματοποιείται από τα αρχαία χρόνια στη γεωργία ως εδαφοβελτιωτικό καθώς αποτελούν πηγή οργανικού υλικού. Η εφαρμογή τους στα φυτά με υδρολίπανση, με διαφυλλικούς ψεκασμούς είτε σε υδροπονικό διάλυμα, παρουσιάζει ευεργετικές επιδράσεις σε πολλές διεργασίες όπως στη βλαστητική ικανότητα και την ανάπτυξη των ριζών ενώ συνεισφέρουν στην ανάπτυξη της ανθεκτικότητας των φυτών σε συνθήκες καταπόνησης (Khan et al., 2009). Οι παραπάνω θετικές ανταποκρίσεις των φυτών στηρίζονται κατά κύριο λόγο στα περιεχόμενα συστατικά των εκχυλισμάτων από φύκη στα οποία συμπεριλαμβάνονται μακροστοιχεία, ιχνοστοιχεία, βιταμίνες, αμινοξέα, πολυσακχαρίτες, φυτορμόνες όπως αυξίνες, κυτοκινίνες και αμπισισικό οξύ. Επιπροσθέτως, εκτός αυτών στα εκχυλίσματα περιέχονται ορισμένες κατηγορίες οργανικών χημικών ενώσεων, οι οποίες συνεισφέρουν στην ανάπτυξη των φυτών και την ανταπόκρισή τους σε αβιοτικές καταπονήσεις. Στην συγκεκριμένη κατηγορία εντάσσονται οι στερόλες και οι μπεταΐνες.

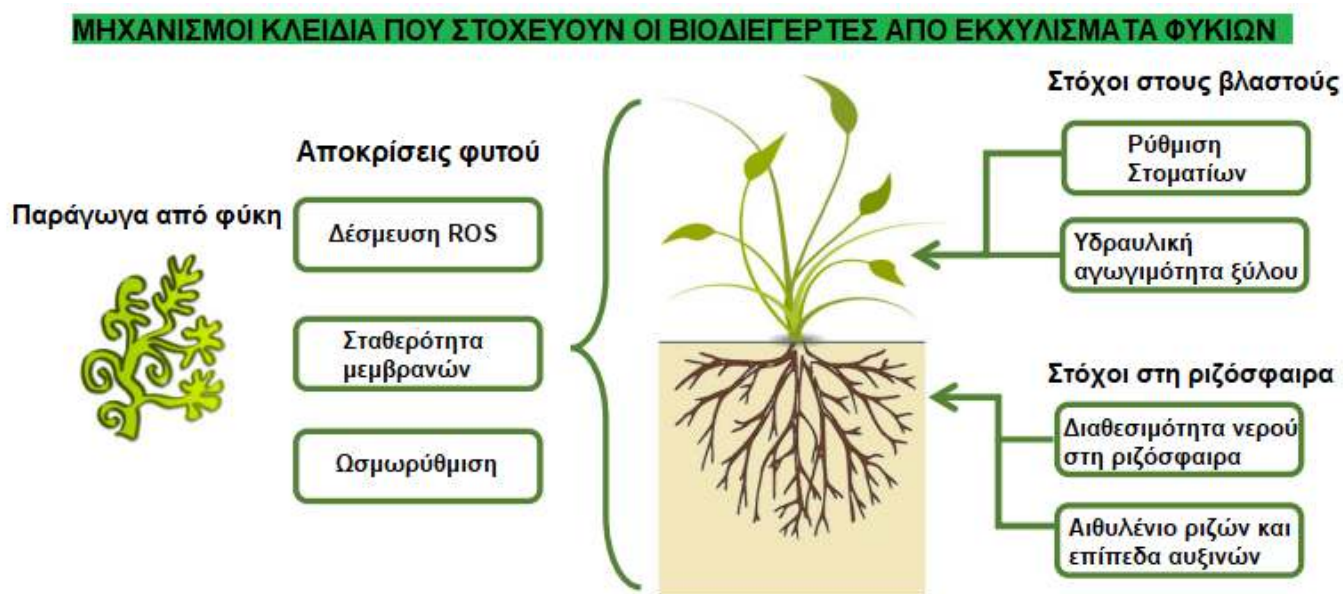
Οι μπεταΐνες είναι τεταρτογενείς αμίνες (οργανικές βάσεις) οι οποίες δρουν ως ωσμωλύτες προστατεύοντας τα φυτά από την αλατότητα, τον παγετό και την ξηρασία. Οι συγκεκριμένες ουσίες συνεισφέρουν στην ωσμωτική προσαρμογή των φυτών, η οποία είναι απαραίτητη για τον εγκλιματισμό των φυτών στις προαναφερθείσες συνθήκες καταπόνησης. Ειδικότερα, μειώνουν το ωσμωτικό δυναμικό του φυτού (Ψ_s) και οδηγούν το ωσμωτικό δυναμικό της ρίζας σε τιμές χαμηλότερες από αυτό του εδαφικού διαλύματος, επιτρέποντας στο νερό να εισρεύσει από το έδαφος στο φυτό. Επιπλέον, η εξωγενής τους εφαρμογή μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της περιεχόμενης χλωροφύλλης των φύλλων και του μεγέθους των βλαστών και των ριζών (Vernieri et al., 2006).

Γενικότερα, τα εκχυλίσματα από φύκη έχουν τη δυνατότητα να αυξήσουν την ανθεκτικότητα των φυτών στα διάφορα είδη καταπονήσεων μέσα από πολλές φυσιολογικές και μεταβολικές οδούς. Η ευεργετική αυτή επίδραση στηρίζεται σε μεγάλο βαθμό στις περιεχόμενες ουσίες που προαναφέρθηκαν. Ωστόσο, η

χημική σύνθεση ορισμένων βιοενεργών συστατικών και ο μηχανισμός δράσης τους παραμένει άγνωστος μέχρι σήμερα.

Τα εμπορικά σκευάσματα που κυκλοφορούν στην αγορά, διαθέτουν συγκεκριμένη συνταγή και σύνθεση, η οποία είναι τις περισσότερες φορές αποκλειστική για την εκάστοτε εταιρεία. Τα περισσότερα από αυτά προέρχονται από τα κόκκινα (*Lithothamnium calcareum*) και τα καφέ (*Ascophyllum nodosum*) μακροφύκη (Khan et al., 2009).

Το ευρύ φάσμα δράσης των βιοδιεγερτών που προέρχονται από εκχυλίσματα φυκιών, έχει μελετηθεί σε έρευνες που πραγματοποιήθηκαν τα τελευταία τριάντα χρόνια και επικεντρώθηκαν στο μηχανισμό δράσης τους. Μερικοί από



Εικόνα 3: Σύνοψη μηχανισμών στόχων των βιοδιεγερτών από εκχυλίσματα φυκιών (Van Oosten et al., 2017)

αυτούς συνοψίζονται στο σχήμα της Εικόνας 3.

Μεταξύ των δράσεών τους, έχει παρατηρηθεί πως εκχυλίσματα φυκιών πλούσια σε ορισμένα ιχνοστοιχεία όπως ο ψευδάργυρος (Zn) και το μαγγάνιο (Mn) οδηγούν στη βελτίωση της ανθεκτικότητας των φυτών στο ψύχος, επηρεάζοντας τις μεταβολικές αποκρίσεις τους. Ειδικότερα, η τροφοδοσία των φυτών με τα ιχνοστοιχεία έχει δείξει πως εξασφαλίζει τη δράση αντιοξειδωτικών ενζύμων και την αντίδραση τους με τις ενεργές μορφές

οξυγόνου (Reactive Oxygen Species, ROS) (Bradáčová et al., 2016). Οι συγκεκριμένες ενώσεις είναι φυσικά παραπροϊόντα του μεταβολισμού του οξυγόνου οι οποίες μπορούν να αυξηθούν δραματικά σε συνθήκες καταπόνησης και να προκαλέσουν ανεπανόρθωτες καταστροφές στη δομή των κυττάρων καθώς και παρεμβολές μεταξύ των σημάτων τους.

Επιπλέον, έχουν διεξαχθεί επιστημονικές μελέτες για τον προσδιορισμό των φυσιολογικών και των μοριακών αποκρίσεων που προκαλούνται από τα φύκη. Συγκεκριμένα κλάσματα που λαμβάνονται από την εκχύλιση τους, μέσω των περιεχόμενων συστατικών τους όπως τα λιπαρά οξέα και οι στερόλες, συνεισφέρουν στην αύξηση της ανθεκτικότητας των φυτικών οργανισμών στο ψύχος, η οποία παρατηρήθηκε στο φυτό μοντέλο της γενετικής μηχανικής *Arabidopsis thaliana* (Rayirath et al., 2009).

1.9.1 Επιδράσεις

1.9.1.1 Αύξηση βιομάζας

Η συγκεκριμένη κατηγορία βιοδιεγερτών ενισχύει σε σημαντικά την βλαστική αύξηση, η οποία στον τομέα της φυσιολογίας αναφέρεται στην προοδευτική συσσώρευση βιομάζας. Η θετική αυτή επίδραση σχετίζεται με την αύξηση των αμινοξέων και την προκαλούμενη βιοσύνθεση πρωτεϊνών (Bulgari et al., 2015). Η αύξηση του περιεχόμενου των φυτικών ιστών σε πρωτεΐνες πέρα από την παροχή αμινοξέων από τα εκχυλίσματα φυκιών, μπορεί να συνδέεται και με την αύξηση του περιεχομένου των φύλλων σε σάκχαρα. Όσον αφορά το τελευταίο, η υψηλότερη βιοσύνθεση σακχάρων σε φυτά στα οποία έχουν εφαρμοστεί βιοδιεγέρτες έχει βρεθεί πως παρουσιάζει συσχέτιση με την αύξηση του περιεχομένου της χλωροφύλλης και το ρυθμό φωτοσύνθεσης στα φύλλα. Σε δενδρώδεις καλλιέργειες, ο διαφυλλικός ψεκασμός βιοδιεγερτών από φύκη προκάλεσε αύξηση της φυλλικής βιομάζας και του μήκους των βλαστών ακόμα και κάτω από συνθήκες έλλειψης καλίου (Saa et al., 2015).

1.9.1.2 Υδατικό δυναμικό

Η διαφυλλική εφαρμογή εκχυλισμάτων από μικροφύκη μπορεί να προκαλέσει την αύξηση του υδατικού δυναμικού των φύλλων και της αγωγιμότητας των στοματίων ακόμη και κάτω από ξηροθερμικές συνθήκες (Mancuso et al., 2006). Ειδικότερα, παρατηρήθηκε μεγαλύτερη ροή ιόντων καλίου (K^+) στους φυτικούς ιστούς. Ο μηχανισμός ανοίγματος-κλεισίματος των στομάτων εξαρτάται από τη ροή K^+ όπως αποδείχθηκε στα τέλη της δεκαετίας του '60 (Humble and Hsiao, 1969). Τα καταφρακτικά κύτταρα, χλωροφυλλούχα κύτταρα με ελλειψοειδές σχήμα που συγκροτούν ανά δύο τα στομάτια της επιδερμίδας, παρουσιάζουν πολύ μεγαλύτερη περιεκτικότητα K^+ όταν τα στομάτια είναι ανοιχτά. Οι μεταβολές στην αγωγιμότητα των στομάτων είναι σημαντικές αφού καθορίζουν τις απώλειες του νερού αλλά και την παροχή του CO_2 που είναι διαθέσιμο για τη φωτοσύνθεση (Taiz and Zeiger, 1998).

Η ρύθμιση του ωσμωτικού δυναμικού έχει αποδειχθεί πως η εφαρμογή είτε μέσω υδρολίπανσης είτε διαφυλλικά εκχυλισμάτων από το *A. nodosum* αύξησε την αποδοτικότητα της χρήσης νερού από τα δένδρα σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης (Spann and Little, 2011).

1.10 Εδαφοβελτιωτικά

Με τον όρο εδαφοβελτίωση περιγράφεται κάθε διαδικασία βελτίωσης της αποδοτικότητάς του εδάφους ή ενίσχυσης της ικανότητάς του να βελτιώσει την απόδοση των καλλιεργειών (Shinde et al., 2019).

Ως εδαφοβελτιωτικά ορίζονται τα υλικά που περιέχουν μικρές ποσότητες θρεπτικών στοιχείων και λόγω της θετικής τους επίδρασης χρησιμοποιούνται κυρίως για τη βελτίωση των φυσικών, χημικών και βιολογικών ιδιοτήτων του εδάφους. Σε ορισμένες περιπτώσεις μάλιστα όπως και στο πείραμα της διπλωματικής μελέτης, χρησιμοποιούνται και ως μέσο ενίσχυσης της φυτικής ανάπτυξης. Γίνεται κατανοητό πως ο όρος εδαφοβελτιωτικό διαφέρει από αυτόν του λιπάσματος. Κύρια λειτουργία των λιπασμάτων που εφαρμόζονται στο έδαφος είναι ο εφοδιασμός του με θρεπτικά στοιχεία, ενώ ένα εδαφοβελτιωτικό διασφαλίζει την «υγεία» του εδάφους σε βιολογικό, φυσικό και χημικό επίπεδο (Prakash and Nikhil, 2014).

Οι λειτουργίες που επιτελούν και η σημασία τους χρήζουν ιδιαίτερης αναφοράς. Η συνεχής υποβάθμιση των εδαφών και η μείωση της γονιμότητάς τους από την χρόνια εφαρμογή χημικών λιπασμάτων και ζιζανιοκτόνων στα πλαίσια της συμβατικής γεωργίας, καθιστούν τη χρήση των εδαφοβελτιωτικών μέσων απαραίτητη. Ειδικότερα, παρουσιάζουν σημαντικό αντίκτυπο στη βελτίωση των προβληματικών εδαφών. Σε αμμώδη εδάφη με μικρή ικανότητα συγκράτησης νερού, η εφαρμογή τους αυξάνει την υδατοικανότητα του εδάφους, καθώς και την ικανότητα διήθησης, δημιουργώντας ευνοϊκότερες συνθήκες για την εγκατάσταση καλλιεργειών σε αυτά. Επιπλέον, η βελτίωση φυσικών εδαφικών ιδιοτήτων έχει ως αποτέλεσμα τον καλύτερο αερισμό του εδάφους επιτρέποντας την καλύτερη ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών. Σημαντική είναι και η συμβολή τους στο κομμάτι της θρέψης καθώς η προσθήκη εδαφοβελτιωτικών ενδέχεται να οδηγήσει στην αύξηση της ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων του εδάφους και της διαθεσιμότητας των θρεπτικών στοιχείων στο εδαφικό διάλυμα.

1.10.1 Είδη εδαφοβελτιωτικών

Τα εδαφοβελτιωτικά μπορούν να ταξινομηθούν με βάση δύο κριτήρια, τα οποία είναι η προέλευση και η σύνθεση των υλικών τους (Shinde et al., 2019). Λαμβάνοντας υπόψιν τα προαναφερθέντα, τα υλικά αυτά ανάλογα με την προέλευσή τους χωρίζονται σε φυσικά και συνθετικά, ενώ όσον αφορά τη σύνθεσή τους σε ανόργανα και οργανικά. Μερικοί από τους συνηθέστερους τύπους εδαφοβελτιωτικών αναγράφονται στον Πίνακα 4.

Πίνακας 4: Είδη εδαφοβελτιωτικών

Οργανικά εδαφοβελτιωτικά	
Κομπόστ	Χουμοειδές προϊόν Παράγεται μέσω της κομποστοποίησης, μίας διαδικασίας στην οποία αναμειγνύονται και σωρεύονται οργανικά υπολείμματα (ζωικά ή φυτικά) κάτω από συνθήκες που επιτρέπουν την αερόβια και βραδεία αποδόμησή τους αλλά και ταυτόχρονη διατήρηση των θρεπτικών στοιχείων
Ζωική κοπριά	Αποτελείται από μείγματα περιττωμάτων ζώων και φυτική ύλη (στρωμνή ζώων) Περιέχει θρεπτικά στοιχεία και υψηλό ποσοστό οργανικής ουσίας και η σύστασή της εξαρτάται από το είδος ζώων, την ηλικία τους και το είδος τροφής τους
Χλωρή λίπανση	Σπορά ετήσιων φυτών (ψυχανθή, αγρωστώδη) στον οπωρώνα, ανάπτυξη τους και ενσωμάτωση στο έδαφος
Φυτά εδαφοκάλυψης	Φυτά που καλλιεργούνται για τον εφοδιασμό του εδάφους με θρεπτικά στοιχεία και οργανικής ουσίας
Υπολείμματα καλλιεργειών	Υπολείμματα που μένουν στον οπωρώνα όπως κλαδιά, φύλλα και σπόροι που αποτελούν σημαντική πηγή οργανικής ύλης
Τύρφη	Φυσικό υλικό που προέρχεται από την αποδόμηση υδροχαρούς βλάστησης που φύτευται σε ελώδεις περιοχές και υγρότοπους
Φύκη ή εκχυλίσματά τους	Οργανικά υλικά φυσικής προέλευσης τα οποία μέσω των περιεχόμενων συστατικών τους βελτιώνουν την εδαφική δομή προς όφελος των λειτουργιών του φυτού
Ανόργανα εδαφοβελτιωτικά	
Ορυκτά (δολομίτης, γύψος)	Χρήση τους για τη βελτίωση προβληματικών εδαφών. Ο γύψος περιέχει Ca, και S χρησιμοποιείται για τη βελτίωση αλκαλιωμένων -νατριομένων εδαφών
Ιπτάμενη τέφρα	Παραπροϊόν από θερμοηλεκτρικούς σταθμούς ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται για βελτίωση της παραγωγικότητας και της γονιμότητας του εδάφους (Shinde et al., 2019)
Πολυμερή (φυσικά ή συνθετικά)	Οργανικές ενώσεις υψηλού μοριακού βάρους που αποτελούνται από μακριά αλυσίδα και δεσμεύουν άλλα μόρια σχηματίζοντας συσσωματώματα. Πολυσακχαρίτες και πολυακρυλαμίδιο χρησιμοποιούνται για βελτίωση εδαφών με ESP > 20.
Άλλα είδη εδαφοβελτιωτικών	Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει λύματα βιομηχανιών, ένζυμα και μικροοργανισμούς

1.10.2 Φύκη ως εδαφοβελτιωτικά

Τα φύκη ως οργανικά φυσικά υλικά χρησιμοποιούνται ως εδαφοβελτιωτικά, βελτιώνοντας την ικανότητα συγκράτησης νερού και θρεπτικών στοιχείων που απαιτούνται για την καλύτερη ανάπτυξη των φυτών (Prakash and Nikhil, 2014).

Ειδικότερα, τα κυανοφύκη (Blue green algae) έχουν ιδιαίτερη αξία ως εδαφοβελτιωτικά λόγω της ικανότητάς τους να φωτοσυνθέτουν, να συνθέτουν πρώτες ύλες από οργανικά υλικά και να δεσμεύουν το ατμοσφαιρικό άζωτο. Μάλιστα, η τελευταία ιδιότητα είναι πολύ συχνή σε συμβιωτικές σχέσεις τους με τους φυτικούς οργανισμούς. Τα φύκη που ανήκουν στο συγκεκριμένο είδος παρουσιάζουν αντιμυκητιακή δραστηριότητα γεγονός που τα καθιστά κατάλληλα για τη χρήση τους ως βιολιπάσματα (Sujanya and Chandra, 2012), τα οποία ρυθμίζουν τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών και ενισχύουν την «υγεία» του εδάφους.

Επιπλέον, η θετική επίδραση των φυκιών στην εδαφοβελτίωση γίνεται με την αύξηση της συσσωμάτωσης από εξωκυτταρικούς πολυσακχαρίτες (EPS) ή ενώσεις χαμηλού μοριακού βάρους που εκκρίνονται στο παρακείμενο έδαφος από τα αναπτυσσόμενα μικροφύκη (microalgae) (Tuhy et al., 2020). Στις προαναφερθέντες ενώσεις περιλαμβάνονται τα αμινοξέα, οι βιταμίνες, αμίδια, πολυπεπτίδια καθώς και ένας αριθμός ενώσεων οι οποίες δεν έχουν ακόμη χαρακτηριστεί.

Ακόμη, η εφαρμογή των φυκιών στο έδαφος έχει μεγάλη συμβολή στον τομέα της θρέψης των φυτών. Είδη όπως το Giant Kelp (*Macrocystis pyrifera*) παρέχει στα φυτά πλήθος θρεπτικών στοιχείων, ενώ τα ξηρά φύκη (dry algae) αυξάνουν την οργανική ουσία του εδάφους. Με αυτό τον τρόπο ενισχύουν τη συγκράτηση των κατιόντων από τα εδαφικά οργανικά κολλοειδή, όντας ταυτόχρονα για περισσότερο χρονικό διάστημα διαθέσιμα για τα φυτά σε αντίθεση με τα κοινά χημικά λιπάσματα τα οποία είναι ευδιάλυτα και ενδέχεται τα κατιόντα των περιεχόμενων στοιχείων τους να εκπλυθούν σε βαθύτερα στρώματα του εδάφους.

1.11 Σκευάσματα

1.11.1 Actiwave

Βιοδιεγέρτης ο οποίος έχει τη δυνατότητα να αυξήσει την απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος και να βελτιστοποιεί τη χρήση τους από τα φυτά σε συνθήκες καταπόνησης (αλατότητα, ακραίες τιμές pH, ξηρασία).

Στα περιεχόμενα συστατικά του περιλαμβάνονται η καυδρίνη και το αλγινικό οξύ. Ειδικότερα, η καυδρίνη είναι παράγωγο της βιταμίνης K και ωθεί στην αύξηση της απορρόφησης θρεπτικών στοιχείων από τη ρίζα. Ο συγκεκριμένος μηχανισμός δράσης έχει παρατηρηθεί από την εξωγενή εφαρμογή της βιταμίνης K η οποία προκάλεσε την έκκριση H^+ στον αποπλάστη και την επακόλουθη οξίνιση της περιοχής της ριζόσφαιρας. Η πτώση του pH συμβάλλει στη διαλυτοποίηση του αδιάλυτου τρισθενούς σιδήρου και τη μετατροπή του σε δισθενή ο οποίος είναι υδατοδιαλυτός και μπορεί να προσληφθεί από τα φυτά. Ενδείξεις υπάρχουν και για την εμπλοκή της συγκεκριμένης ένωσης στον κύκλο του τρικαρβοξυλικού οξέος, προωθώντας έτσι τη βιοσύνθεση σημαντικών βιομορίων όπως πρωτεΐνες και πολυσακχαρίτες (Sportelli, 2005).

Όσον αφορά το αλγινικό οξύ, πρόκειται για έναν πολυσακχαρίτη που προέρχεται από εκχυλίσματα φυκιών του είδους *Phaeophyceae* και είναι ικανός να διεγείρει διάφορες ενζυμικές διεργασίες που σχετίζονται με την ανάπτυξη του φυτού. Το αλγινικό οξύ μπορεί να δράσει και ως εδαφοβελτιωτικό, δημιουργώντας σύμπλοκα με φορτισμένα ιόντα και ενδεχομένως να αυξήσει την υδατοικανότητα της ριζόσφαιρας.

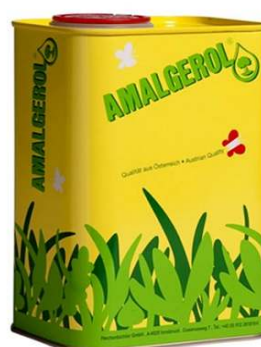
Πίνακας 5: Η σύνθεση του Actiwave

Ολικό Άζωτο (N)	Οργανικό Άζωτο (N)	Ουρικό Άζωτο (N)	K ₂ O	Οργανικός Άνθρακας (C)	Ολικός Σίδηρος (Fe)	Fe EDDHA	Zn EDTA
3,9 %	1,3 %	2,6 %	9%	15,5%	0,65%	0,65%	0,1%

1.11.2 Amalgerol

Πρόκειται για ένα πολυδιάστατο προϊόν με ποικίλες δράσεις ως βιοδιεγέρτης, ενισχυτικό της βλαστητικής αύξησης καθώς και ως βελτιωτικό της δομής και ποιότητας του εδάφους. Στην υγρή του μορφή, το συγκεκριμένο σκεύασμα περιέχει στη σύνθεσή του αιθέρια έλαια, εκχυλίσματα φυκιών και φυτών και οργανικό άνθρακα. Η εφαρμογή του γίνεται με δύο τρόπους, μέσω διαφυλλικού ψεκασμού και μέσω υδρολίπανσης. Τα σάκχαρα και οι φυτοορμόνες που περιέχονται στα συστατικά του συμβάλλουν στην αύξηση της ποιότητας και της ποσότητας της παραγωγής, βελτιώνοντας τη συμπεριφορά των φυτών ακόμα και κάτω από συνθήκες αβιοτικής καταπόνησης. Παράλληλα διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην ενδυνάμωση και ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, γεγονός το οποίο επιδρά άμεσα στην βλαστητική αύξηση και απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων (Al-Mahdi et al., 2019).

Επιπλέον, η χρήση του Amalgerol μπορεί να οδηγήσει στην αύξηση της οργανικής ουσίας του εδάφους, επιδρώντας με θετικό τρόπο στις δραστηριότητες των μικροβιακών πληθυσμών. Πολλοί από τους μικροοργανισμούς του εδάφους επιτελούν ορισμένες σημαντικές διεργασίες (αποδόμηση οργανικών υλών, νιτροποίηση) μέσω των οποίων καθίστανται περισσότερο διαθέσιμα τα θρεπτικά στοιχεία. Όσον αφορά το τελευταίο, είναι πολύ σημαντικό ειδικά όταν πρόκειται για δυσκίνητα στοιχεία στο έδαφος όπως ο φώσφορος με κυρίαρχο ρόλο στη θρέψη και στη φυσιολογία των



φυτών.

1.12 Ανασκόπηση βιβλιογραφίας

1.12.1 Εφαρμογές βιοδιεγερτών και εδαφοβελτιωτικών που προέρχονται από εκχυλίσματα φυκιών και η επίδραση τους στις καλλιέργειες

1.12.1.1 Βιοδιεγέρτες και ροδακινιά

Όσον αφορά την επίδρασή τους στη μελετώμενη καλλιέργεια της ροδακινιάς, σε πειραματική μελέτη βρέθηκε πως η συμμετοχή βιοδιεγερτών από εκχυλίσματα φυκιών στο πρόγραμμα λίπανσης των δένδρων ποικιλίας “Floridapripr” Εικόνα 4: Τα σκευάσματα που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα της διπλωματικής μελέτης είχε ως αποτέλεσμα και 55% στις περισσότερες πειραματικές δοκιμές ενώ ταυτόχρονα οδήγησε σε αύξηση της απόδοσης και βελτίωση των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των καρπών (Mansour et al. 2013). Το γεγονός αυτό είναι εξίσου σημαντικό για την ισορροπία του εδαφικού συστήματος καθώς μειώνεται σημαντικά η ρύπανση των υπόγειων υδάτων από τη συνεχή χρήση λιπασμάτων και αποφεύγεται η υποβάθμιση των γεωργικών εδαφών.

1.12.1.2 Βιοδιεγέρτες στη φυσιολογία

1.12.1.2.2 Φωτοσύνθεση

Η φωτοσύνθεση αποτελεί μία από τις σημαντικότερες φυσιολογικές λειτουργίες των φυτών κατά την οποία δεσμεύουν την ηλιακή ακτινοβολία και την αξιοποιούν για τη σύνθεση υδατανθράκων. Τα εκχυλίσματα από φύκη έχουν ωφέλιμη δράση για τη συγκεκριμένη λειτουργία καθώς ενισχύουν την περιεχόμενη χλωροφύλλη. Εφαρμογή εκχυλισμάτων του είδους “*Ascophyllum nodosum*” σε χαμηλές συγκεντρώσεις είχε ως αποτέλεσμα την επίτευξη υψηλότερου περιεχόμενου χλωροφύλλης σε φύλλα των φυτών τομάτας και διαφόρων σιτηρών (Blunden et al., 1997).

Από το είδος που προαναφέρθηκε προέρχονται τα περισσότερα εκχυλίσματα του “Actiwave”, σκευάσμα το οποίο εφαρμόστηκε ως υδρολίπανση των δένδρων ροδακινιάς στο παρόν πείραμα. Η δράση του συγκεκριμένου

βιοδιεγέρτη έχει μελετηθεί και σε προηγούμενες επιστημονικές έρευνες τα τελευταία 15 χρόνια. Η υδρολίπανση με “Actiwave” νεαρών δένδρων μηλιάς (*Malus X domestica* Borkh.) εμβολιασμένα στο υποκείμενο M.9, αποκλειστικά με το βιοδιεγέρτη είτε μαζί με ανόργανα χημικά λιπάσματα, οδήγησε στην βελτιωμένη φωτοσυνθετική ικανότητα των δένδρων, αυξάνοντας το περιεχόμενο της χλωροφύλλης στα φύλλα, την πυκνότητα των στοματίων καθώς και τον ρυθμό φωτοσύνθεσης και στις δύο περιπτώσεις (Spinelli et al., 2009). Αύξηση του περιεχομένου της χλωροφύλλης παρατηρήθηκε και στη διαφυλλική εφαρμογή του βιοδιεγέρτη σε φύλλα μαρουλιού (Ferrante et al., 2009) σε συνδυασμό και πάλι με ανόργανη λίπανση.

Παρομοίως, η εφαρμογή του σκευάσματος μέσω υδρολίπανσης σε φυτά φράουλας (*Fragaria ananassa*) είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της φωτοσυνθετικής ικανότητάς τους σε συνθήκες έλλειψης σιδήρου (Spinelli et al., 2010). Πιο αναλυτικά, δύο εβδομάδες μετά τις επεμβάσεις παρατηρήθηκε υψηλότερος καθαρός ρυθμός φωτοσύνθεσης, αυξημένη πυκνότητα στοματίων στα φύλλα και υψηλότερο περιεχόμενο χλωροφύλλης. Όσον αφορά το τελευταίο πιθανόν να είναι αποτέλεσμα της καλύτερης απορρόφησης σιδήρου από το φυτό, στοιχείο το οποίο έχει συμμετοχή στη βιοσύνθεσή της, σε συνδυασμό με τις περιεχόμενες μπεταΐνες στο βιοδιεγέρτη.

Σε πρόσφατη μελέτη που πραγματοποιήθηκε στην Κίνα, σε καλλιέργεια τομάτας εφαρμόστηκαν εκχυλίσματα από το είδος “*Sargassum horneri*” που ανήκει στα καφέ μακροφύκη (Yao et al., 2020). Στα φύλλα εφαρμόστηκαν εκχυλίσματα μέσω υδρολίπανσης παρατηρήθηκε υψηλότερος ρυθμός φωτοσύνθεσης.

1.12.1.2.3 Αύξηση περιεχομένου σε σάκχαρα

Οι περισσότερες μελέτες έχουν επικεντρωθεί στην αύξηση των σακχάρων στους καρπούς των οπωροφόρων δένδρων και κηπευτικών που προκαλείται από τη διαφυλλική εφαρμογή των συγκεκριμένων βιοδιεγερτών. Ωστόσο, τα παρακάτω βιβλιογραφικά δεδομένα αναφέρονται στην αύξηση του περιεχομένου των σακχάρων σε φυτικούς ιστούς που προκλήθηκε από σκευάσματα που περιείχαν εκχυλίσματα φυκιών.

Η εφαρμογή εκχυλισμάτων φυκιών υπό τη μορφή υγρού λιπάσματος σε συγκέντρωση 20%, οδήγησε στην αύξηση του συνολικού περιεχομένου σε σάκχαρα στους βλαστούς και στις ρίζες του είδους *Vigna sinensis* το οποίο ανήκει στα ψυχανθή (Sivasankari et al., 2006).

Ο διαφυλλικός ψεκασμός φυτών φασολιού (*Vigna unguiculata* L.) εντός θερμοκηπίου με εκχυλίσματα φυκιών καθώς και με μπεταΐνη της γλυκίνης, οδήγησαν στην αύξηση των ολικών διαλυτών στερεών (TSS) στα φύλλα, στις περισσότερες των περιπτώσεων κάτω από συνθήκες αλατότητας και μη (Manaf, 2016).

Σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε λίγα χρόνια πριν, η εφαρμογή από εδάφους έξι εκχυλισμάτων από τα είδη *Laminaria* sp. και *A. nodosum* (0,5 ml/L), οδήγησε στην πλειονότητα των μεταχειρίσεων στην αύξηση των συγκεντρώσεων της γλυκόζης και της φρουκτόζης στα φύλλα αραβόσιτου (*Zea mays* L.). Πιο συγκεκριμένα, πέντε από αυτά προκάλεσαν σημαντική αύξηση της φρουκτόζης στα φύλλα ενώ τέσσερα σκευάσματα είχαν ως αποτέλεσμα την αύξηση της γλυκόζης στους ιστούς των φύλλων (Ertani et al., 2018). Η μείωση του συγκεκριμένου πολυσακχαρίτη από τα άλλα δύο σκευάσματα βιοδιεγερτών αποδίδεται στην υψηλή κατανάλωση της κατά τη διαδικασία της αναπνοής ώστε να παραχθεί ATP για τη μεταφορά θρεπτικών στοιχείων.

1.12.1.3 Η επίδραση των εκχυλισμάτων από φύκη στη θρέψη των φυτών

Ευρύ είναι το φάσμα των επιδράσεων των βιοδιεγερτών στον τομέα της θρέψης των φυτών. Ωστόσο για τα επίπεδα θρεπτικών στοιχείων στα φύλλα, τα περισσότερα δεδομένα προήλθαν από επιστημονικές μελέτες στις οποίες πραγματοποιήθηκε διαφυλλική εφαρμογή των σκευασμάτων με τα εκχυλίσματα. Ειδικότερα, διαφυλλικός ψεκασμός με τρία εμπορικά προϊόντα που περιείχαν εκχυλίσματα φυκιών σε πρέμνα αμπέλου ενός έτους, είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση των συγκεντρώσεων μακροστοιχείων και ιχνοστοιχείων στα φύλλα στις μεταχειρίσεις που υπήρχε επαρκής τροφοδοσία με θρεπτικά στοιχεία στο υπόστρωμα το οποίο φυτεύτηκαν (Turan and Kose, 2004). Σημειώνεται πως σε όλες τις περιπτώσεις των πειραματικών δοκιμών η

εφαρμογή των εκχυλισμάτων από φύκη ωφέλησε σε μεγάλο βαθμό την απορρόφηση του χαλκού (Cu). Το τελευταίο είναι πιθανόν να οφείλεται στην αυξημένη περατότητα της κυτταρικής μεμβράνης και την ορμονική δραστηριότητα των εκχυλισμάτων μέσα από την εμπλοκή τους στην κυτταρική αναπνοή, τη φωτοσύνθεση καθώς και άλλες ενζυμικές διεργασίες.

Μερικά χρόνια αργότερα, η συμμετοχή εκχυλισμάτων από το είδος "*Ascophyllum nodosum*" στο πρόγραμμα λίπανσης δένδρων ελιάς (*Olea europaea* L.) ποικιλίας Κορωνέικη και η διαφυλλική εφαρμογή τους είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση των συγκεντρώσεων των θρεπτικών στοιχείων στα φύλλα, συμπεριλαμβανομένων των περισσότερων μακροστοιχείων και ιχνοστοιχείων (Chouliaras et al., 2009). Τα εκχυλίσματα φυκιών σε συνδυασμό με εδαφική εφαρμογή νιτρικής αμμωνίας και βορίου με ψεκάσμο οδήγησε στην αύξηση των N, P, K, Ca, Mg καθώς και των ιχνοστοιχείων Zn, Fe, Cu, B και Mn.

Παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάστηκαν και στην ποικιλία ελιάς Μαστοειδή. Η διαφυλλική εφαρμογή δύο σκευασμάτων που περιείχαν εκχυλίσματα φυκιών στο τέλος της άνθησης, οδήγησε σε σημαντική αύξηση των θρεπτικών στοιχείων στα φύλλα των δένδρων σε συνδυασμό με την αύξηση της απόδοσης και της ελαιοπεριεκτικότητας των καρπών (Tasioula-Mangari et al., 2011).

Ακόμη, η εφαρμογή εκχυλισμάτων του ίδιου είδους μέσω του νερού άρδευσης το οποίο σε ορισμένες πειραματικές δοκιμές της μελέτης περιείχε άλατα, οδήγησε σε σημαντική αύξηση των συγκεντρώσεων του καλίου (K) και του ασβεστίου (Ca) στα φύλλα δενδρυλλίων αβοκάντο (*Persea americana* Mill.) (Bonomelli et al., 2018). Η παρατηρούμενη αύξηση παρατηρήθηκε τόσο υπό το καθεστώς καταπόνησης που δημιουργήσε το αλατούχο νερό άρδευσης, όσο και στην άρδευση με απεσταγμένο νερό. Πιθανή ερμηνεία των υψηλότερων συγκεντρώσεων είναι το περιεχόμενο του εκχυλίσματος από φύκη στα προαναφερθέντα θρεπτικά στοιχεία καθώς και στην παρουσία της προλίνης.

1.12.1.4 Εφαρμογή εκχυλισμάτων από φύκη σε αλατούχα εδάφη

Η συγκεκριμένη κατηγορία βιοδιεγερτών αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο για την αντιμετώπιση της αλατότητας των εδαφών, ένα παγκόσμιο φαινόμενο το οποίο προκαλεί πολλά προβλήματα στην παραγωγικότητα των καλλιεργειών και γενικότερα στον πρωτογενή τομέα. Μέσω των περιεχόμενων συστατικών τους ανταποκρίνονται στη συγκεκριμένη καταπόνηση, ενεργοποιώντας βιοχημικούς και φυσιολογικούς μηχανισμούς (Dos Reis et al., 2012). Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η προλίνη η οποία μετριάζει την επίδραση της αλατότητας όπως βρέθηκε έπειτα από εξωγενή εφαρμογή της σε φυτά ρυζιού (Nounjan et al, 2012).

1.12.2 Εδαφοβελτιωτικά

Τα περισσότερα διαθέσιμα δεδομένα από επιστημονικές έρευνες όσον αφορά τη χρήση των φυκιών ως εδαφοβελτιωτικά, αναφέρονται στην εφαρμογή τους στο έδαφος ως οργανικό ή ως βιολίπασμα (biofertilizer).

Πιο αναλυτικά, η προσθήκη στο έδαφος ξηρής μάζας από μικροφύκη (*Chlorella vulgaris*) είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της απορρόφησης των θρεπτικών στοιχείων από τις ρίζες και τους βλαστούς φυτών αραβόσιτου, οι οποίες συσχετίστηκαν με την αύξηση της προστιθέμενης ποσότητας φυκιών (Shaaban, 2001). Ειδικά για το δυσκίνητο στο έδαφος φώσφορο, η απορρόφησή του από τη ρίζα σχεδόν τριπλασιάστηκε κατά τη μεταχείριση των φυτών με φύκη. Τα συγκεκριμένα ευρήματα πιθανόν να οφείλονται στην μεγαλύτερη διαθεσιμότητα των στοιχείων από τις μεγαλύτερες ποσότητες φυκιών στο έδαφος. Εκτός αυτών, παρατηρήθηκε αύξηση στο ρυθμό σχηματισμού της χλωροφύλλης στα φύλλα (chlorophyll formation rate), υποδεικνύοντας με αυτό τον τρόπο το θετικό αντίκτυπο και στις φυσιολογικές διεργασίες των φυτών.

Η επίδραση του σκευάσματος “Amalgerol” που συμπεριλήφθηκε στο πρόγραμμα λίπανσης ορισμένων φυτών του πειράματος, έχει μελετηθεί και σε προηγούμενες έρευνες.

Η διετής εφαρμογή στη ρίζα δένδρων μηλιάς (*Malus x domestica*) ποικιλίας Jonagold οδήγησε σε σημαντική βλαστητική ανάπτυξη των δένδρων και αύξηση της απορρόφησης του φωσφόρου. (von Bennewitz and Hlusek, 2006). Ωστόσο, σε αρκετές μεταχειρίσεις με το εδαφοβελτιωτικό

παρατηρήθηκε μείωση τις απορρόφησης ιχνοστοιχείων όπως φάνηκε από τις συγκεντρώσεις των Fe, Mn και Zn στα φύλλα.

Παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάστηκαν και σε μεταγενέστερη μελέτη στην καλλιέργεια της πιπεριάς. Η εφαρμογή του ίδιου σκευάσματος σε αλατούχο έδαφος αύξησε σημαντικά τον περιεχόμενο φώσφορο στο εδαφικό διάλυμα (Nemeth et al., 2016). Ταυτόχρονα, βελτιώθηκε η συνολική εικόνα των φυτών καθώς και το μέσο βάρος των καρπών.

Σε πρόσφατη μελέτη για την καλλιέργεια της πιπεριάς (*Capsum annuum* L.) αναφέρεται η θετική επίδραση του σκευάσματος και σε άλλες παραμέτρους όπως το ύψος των φυτών, ο αριθμός των φύλλων και το μέσο βάρος των καρπών. Μάλιστα, η εφαρμογή μέσω υδρολίπανσης του “Amalgerol” (2,5 και 5 ml/l) σε συνδυασμό με διαφυλλική λίπανση με λίπασμα N-P-K και υδρολίπανση με ουρία, προκάλεσε σημαντική αύξηση στην απόδοση και στην παραγωγικότητα της καλλιέργειας, συμβάλλοντας στη βελτίωση της ποιότητας και της ποσότητας των παραγόμενων καρπών (Al-Mahdi et al., 2019).

1.13 Σκοπός του πειράματος

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη των επιδράσεων των δύο βιοδιεγερτών σε νεοφυτεμένα δενδρύλλια ροδακινιάς, εμβολιασμένης σε δύο διαφορετικά υποκείμενα. Για το σκοπό αυτό μετρήθηκαν τόσο οι επιδράσεις επί του υποστρώματος ανάπτυξης (φυσικοχημικές ιδιότητες) όσο και οι επιδράσεις επί της αύξησης και φυσιολογίας των φυτών (συγκέντρωση θρεπτικών στοιχείων στα φύλλα, φωτοσυνθετική ικανότητα, συγκέντρωση σακχάρων στα φύλλα).

2. Υλικά και Μέθοδοι

2.1 Τόπος διεξαγωγής του πειράματος

Η διεξαγωγή του πειράματος της μεταπτυχιακής μελέτης πραγματοποιήθηκε στο δενδροκομείο του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών (Γ.Π.Α.), ενώ οι αναλύσεις των εδαφικών και φυλλικών δειγμάτων που συλλέχθηκαν από τα δένδρα έλαβαν χώρα στα εργαστήρια Δενδροκομίας και Εδαφολογίας του



Εικόνα 5: Οι σειρές με τις γλάστρες στις οποίες μεταφτεύτηκαν τα δένδρα της ροδακινιάς, Δενδροκομείο Γ.Π.Α.

Γ.Π.Α.

2.2 Φυτικό Υλικό

Τα δένδρα ροδακινιάς που χρησιμοποιήθηκαν για το πείραμα της μελέτης προήλθαν από το φυτώριο Agromillora Iberia το οποίο βρίσκεται στην περιφέρεια της Καταλονίας της Ισπανίας.

2.3 Εργασίες δενδροκομείου

Στις 25 Φεβρουαρίου του 2020 έγινε μεταφύτευση των εμβολιασμένων δένδρων ροδακινιάς σε γλάστρες και έπειτα η εγκατάσταση του αρδευτικού συστήματος.

Οι γλάστρες τοποθετήθηκαν σε δύο σειρές εντός περιφραγμένου χώρου του δενδροκομείου. Οι αποστάσεις μεταξύ τους ήταν 1,5 μέτρο ενώ μεταξύ των σειρών στα 2 μέτρα.

Μετά από την εγκατάσταση, πραγματοποιήθηκε το πρώτο πότισμα των δένδρων ροδακινιάς, με στάγδην άρδευση. Η συχνότητα της άρδευσης μεταβαλλόταν συνεχώς με βάση τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής. Πιο αναλυτικά, από την ημερομηνία τοποθέτησης του αρδευτικού μέχρι τα μέσα Μαΐου, η συχνότητα του ποτίσματος ανερχόταν σε τρεις μέρες την εβδομάδα οι οποίες αυξήθηκαν στις πέντε, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Η άρδευση ρυθμίστηκε να γίνεται τις πρώτες πρωινές ώρες με διάρκεια μισής ώρας στην οποία η παροχή ήταν 2 λίτρα ανά δένδρο.

Στα μέσα Μαρτίου, εφαρμόστηκε κλάδεμα καρποφορίας με σκοπό την αφαίρεση ξερών κλάδων και την ανανέωση του καρποφόρου ξύλου.

Στις αρχές του Ιουνίου αφαιρέθηκαν όλοι οι καρποί από τα δένδρα ροδακινιάς και στις τρεις μεταχειρίσεις, για τη μείωση του ανταγωνισμού σε ουσίες και θρεπτικά στοιχεία με τα υπάρχοντα φύλλα.

2.4 Εφαρμογή λιπασμάτων & βιοδιεγερτών

Την πρώτη εβδομάδα του Απριλίου πραγματοποιήθηκε η πρώτη εφαρμογή των ανόργανων λιπασμάτων και των δύο βιοδιεγερτών στα δένδρα που

υπόκεινται στις συγκεκριμένες μεταχειρίσεις. Σε όλες τις εφαρμογές κατά τη διάρκεια της βλαστητικής περιόδου, η μέθοδος που ακολουθήθηκε είναι αυτή της υδρολίπανσης.

Ειδικότερα, σε μια δεξαμενή χωρητικότητας 100 λίτρων, διαλύθηκαν τα ανόργανα λιπάσματα με συγκεκριμένη δοσολογία για κάθε στοιχείο, η οποία τροποποιήθηκε τρεις φορές ανάλογα με το στάδιο της βλαστητικής ανάπτυξης των δένδρων. Σε κάθε εφαρμογή εφαρμόστηκε ένα λίτρο διαλύματος της δεξαμενής ανά δένδρο.

Το πρόγραμμα λίπανσης των δένδρων που αποτελούν το μάρτυρα περιλάμβανε αποκλειστικά τα ανόργανα στοιχεία που περιέχονται στο διάλυμα της δεξαμενής. Αντίθετα, στα υπόλοιπα στο ένα λίτρο του διαλύματος προστέθηκαν οι δύο βιοδιεγέρτες οι οποίοι αποτελούν δύο ξεχωριστές επεμβάσεις. Στη μεταχείριση με το “Actiwave” εφαρμόστηκαν 20 ml στο λίτρο ανά δένδρο, ενώ στο “Amalgerol” η δοσολογία ήταν στα 5 ml, σύμφωνα με τις οδηγίες του εκάστοτε σκευάσματος. Συνολικά έλαβαν χώρα 8 υδρολίπανσεις στο διάστημα μεταξύ Απριλίου και Ιουλίου. Κάθε μήνα πραγματοποιήθηκαν 2 εφαρμογές με διαφορά 15 ημερών.

Πίνακας 6: Είδη και δοσολογίες λιπασμάτων κατά τη διάρκεια του Απριλίου

Υδρολίπανση 8/4/2020 & 24/4/2020	
Διαλυμένα λιπάσματα σε 100 L νερού εντός της δεξαμενής	
Είδος λιπάσματος	Δοσολογία
N-P-K (20-20-20)	100 g
Χηλικός σίδηρος (Fe EDDHA)	20 g
MgSO ₄	5 g
ZnSO ₄	2 g
Βόρακας Na ₂ B ₄ O ₅ (OH) ₄ ·8H ₂ O	2 g

Πίνακας 7: Είδη και δΟΣΟΛΟΓΙΕΣ λιπασμάτων κατά τη διάρκεια του Μαΐου μέχρι και τις αρχές Ιουνίου

Υδρολίπανση 8/5/2020, 22/5/2020 & 5/6/2020	
Διαλυμένα λιπάσματα σε 100 L νερού εντός της δεξαμενής	
Είδος λιπάσματος	Δοσολογία
N-P-K (20-20-20)	200 g
Entec N (με παρεμποδιστή νιτροποίησης)	100 g
K ₂ SO ₄ (52 % K ₂ O)	100 g
Χηλικός σίδηρος (Fe EDDHA)	40 g
MgSO ₄	5 g
ZnSO ₄	2 g

2.5 Εργασίες φυτοπροστασίας

Για την προστασία των δένδρων ροδακινιάς από εντομολογικούς εχθρούς πραγματοποιήθηκαν τρεις διαφυλλικοί ψεκασμοί από τον Μάιο ως τον Ιούλιο, ένας για κάθε μήνα. Στην παρασκευή του ψεκαστικού υγρού



Πίνακας 8: Είδη και δοσολογίες λιπασμάτων στη δεύτερη εφαρμογή του Ιουνίου

Υδρολίπανση 19/6/2020	
Διαλυμένα λιπάσματα σε 100 L νερού εντός της δεξαμενής	
Είδος λιπάσματος	Δοσολογία
N-P-K (20-20-20)	200 g
Entec Solub	50 g
Valagro EDTA Mix (Μείγμα ιχνοστοιχείων σε χηλική μορφή)	50 g
Χηλικός σίδηρος (Fe EDDHA)	40 g
MgSO ₄	15 g
ZnSO ₄	5 g

χρησιμοποιήθηκαν διασυστηματικά και πυρεθρινοειδή εντομοκτόνα.

Πίνακας 9: Είδη και δοσολογίες λιπασμάτων κατά τη διάρκεια του Ιουλίου

Υδρολίπανση 2/7/2020 & 14/7/2020	
Διαλυμένα λιπάσματα σε 100 L νερού εντός της δεξαμενής	
Είδος λιπάσματος	Δοσολογία
N-P-K (20-20-20)	200 g
Entec Solub	50 g
Χηλικός σίδηρος (Fe EDDHA)	40 g
MgSO ₄	15 g
ZnSO ₄	5 g

2.6 Συλλογή – προετοιμασία εδαφικών και φυλλικών δειγμάτων

2.6.1 Δειγματοληψία εδάφους

Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε αμέσως μετά τη μεταφύτευση των δένδρων, καθώς συλλέχθηκε δείγμα εδάφους από αυτό που τοποθετήθηκε εντός των γλαστρών. Με τη μεταφορά του εδαφικού δείγματος στο εργαστήριο Εδαφολογίας, ακολούθησε αποξήρανσή του και πέρασμα από κόσκινο διαμέτρου 2 mm. Στο τελικό δείγμα περιλαμβάνονται τα κλάσματα λεπτής γης (άμμος, ιλύς, άργιλος).

Με την ολοκλήρωση των μεταχειρίσεων με την ανόργανη λίπανση και τους βιοδιεγέρτες, πραγματοποιήθηκε και δεύτερη δειγματοληψία εδάφους την τελευταία εβδομάδα του Νοεμβρίου. Αυτή τη φορά ελήφθησαν συνολικά 18 εδαφικά δείγματα, 3 για κάθε μεταχείριση και 3 από τα δένδρα του μάρτυρα και στα δύο υποκείμενα. Όπως και για το πρώτο δείγμα, ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία προετοιμασίας των δειγμάτων στο εργαστήριο.

2.6.2 Συλλογή φυτικού υλικού

Στα μέσα Ιουλίου πραγματοποιήθηκαν δύο δειγματοληψίες φύλλων ροδακινιάς. Αναλυτικά, συλλέχθηκαν από το μέσο των ετήσιων βλαστών ώριμα φύλλα από όλες τις πλευρές της κόμης των δένδρων.

Η πρώτη δειγματοληψία αφορούσε τη μέτρηση των σακχάρων στους ιστούς των φύλλων. Δέκα φύλλα από κάθε δένδρο τοποθετήθηκαν σε πλαστικές



Εικόνα 7: Φύλλα ροδακινιάς στο μέσο ετήσιου βλαστού, 14-7-2020



Εικόνα 2: Ο μύλος στον οποίο έγινε η λειοτρίβηση των φυλλικών δειγμάτων

σακούλες, αποθηκεύτηκαν σε καταψύκτη, λυωφυλιώθηκαν και κονιορτοποιήθηκαν σε μύλο άλεσης. Ακολούθησαν δύο ακόμη δειγματοληψίες για τον προσδιορισμό των σακχάρων στα φύλλα, την πρώτη και την τελευταία εβδομάδα του Σεπτεμβρίου.

Η δεύτερη δειγματοληψία του Ιουλίου έλαβε χώρα για τον υπολογισμό των συγκεντρώσεων των θρεπτικών στοιχείων. Δέκα φύλλα από κάθε δένδρο αφού τοποθετήθηκαν σε πλαστικές σακούλες, μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο Δενδροκομίας. Στη συνέχεια ακολούθησε η ξήρανση των φυλλικών δειγμάτων σε φούρνο στους 65 – 70 °C για διάστημα 48 ωρών και η λειοτριβήσή τους σε ειδικό μύλο άλεσης. Τέλος, οι λειοτριβημένοι φυτικοί ιστοί αποθηκεύτηκαν σε πλαστικές σακούλες κλεισμένες αεροστεγώς.

2.7 Μέτρηση φωτοσυνθετικής ικανότητας

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν τρεις φορές, στις 29 Ιουλίου, στις 28 Αυγούστου και στις 23 Σεπτεμβρίου, τις πρωινές ώρες μεταξύ 7.00 π.μ. έως 9.30 π.μ. σε φύλλα περιμετρικά της κόμης των δένδρων. Επιλέχθηκαν φύλλα πλήρως ανεπτυγμένα χωρίς εμφανείς προσβολές εντομολογικών ή φυτοπαθολογικών εχθρών. Σε κάθε δένδρο μετρήθηκαν δύο διαφορετικά φύλλα στο καθένα από τα οποία λαμβάνονταν 4 μετρήσεις.

Μέσω του φορητού οργάνου μέτρησης φωτοσύνθεσης ADC LCipro+ – SD



Εικόνα 9: Μέτρηση φωτοσύνθεσης με το φορητό όργανο ADC LCipro+ στο δενδροκομείο του Γ.Π.Α.

μετρήθηκε η φωτοσυνθετική ικανότητα (A) σε $\mu\text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$.

2.8 Μέτρηση ύψους δένδρων ροδακινιάς

Η μέτρηση ύψους έγινε το δεύτερο δεκαήμερο του Νοεμβρίου, μετρήθηκε και υπολογίστηκε σε εκατοστά η απόσταση της πρώτης διακλάδωσης μέχρι το ανώτερο σημείο του κορυφαίου βλαστού κάθε δένδρου.

2.9 Προσδιορισμός σακχάρων στα φύλλα

Για τον προσδιορισμό των σακχάρων στα φύλλα πραγματοποιήθηκε η ακόλουθη διαδικασία σύμφωνα με τη μέθοδο που εφάρμοσαν οι (Roussos et al. 2009).

- 1) Ζύγιση 50 mg ξηρού ιστού φύλλων και τοποθέτηση σε πλαστικό falcon

- 2) Προσθήκη 2 ml απιονισμένου νερού
- 3) Τοποθέτηση του falcon σε αναμείκτη Vortex
- 4) Εκχύλιση σακχάρων σε φούρνο μικροκυμάτων για 90 δευτερόλεπτα στα 400 Watt
- 5) Φυγοκέντρηση για 6 λεπτά στις 4.000 στροφές
- 6) Συλλογή του υπερκείμενου διαλύματος και μεταφορά σε πλαστική φιάλη
- 7) Τα βήματα 2, 3, 4 και 5 επαναλαμβάνονται ακόμα μία φορά
- 8) Διήθηση με φίλτρο σύριγγας και διεξαγωγή ανάλυσης με HPLC

Η ανάλυση των διαλυτών σακχάρων έγινε με τη μέθοδο της υγρής χρωματογραφίας υψηλής πίεσης (HPLC). Στα φύλλα της ροδακινιάς ανιχνεύτηκαν πέντε διαλυτά σάκχαρα:

- α. Σακχαρόζη
- β. Γλυκόζη
- γ. Φρουκτόζη
- δ. Ινοσιτόλη
- ε. Σορβιτόλη

2.10 Εδαφικές αναλύσεις

2.10.1 Προσδιορισμός κοκκομετρικής σύστασης

Μέσω της συγκεκριμένης διαδικασίας προσδιορίζονται τα κατά βάρος ποσοστά των κλασμάτων λεπτής γης και πραγματοποιείται με τη μέθοδο Βουγιούκου. Αναλυτικά:

- Ζυγίζονται 50 g του αποξηραμένου και κοσκινισμένου δείγματος και τοποθετούνται στο κύπελλο του αναμείκτη.
- Προστίθενται 40 ml διαλύματος διασποράς {102 g (NaPO₃)₆ και 21 g Na₂CO₃ διαλύονται σε 1 L απιονισμένου νερού } και απιονισμένο νερό μέχρι 5 cm κάτω από το χείλος του κυπέλλου

- Πραγματοποιείται ανάδευση σε χαμηλές στροφές για 7 λεπτά
- Μεταφορά του περιεχομένου του κυπέλλου στον ειδικό ογκομετρικό κύλινδρο και τοποθετείται το πυκνόμετρο
- Συμπλήρωση με απιονισμένο νερό μέχρι την χαραγή των 1130 ml
- Απομάκρυνση του πυκνόμετρου
- Κλείσιμο του στομίου του κυλίνδρου με πλαστικό πώμα και αναστροφή του για αρκετές φορές για 1 λεπτό
- Τοποθέτηση του ειδικού κυλίνδρου σε σταθερό σημείο και του πυκνομέτρου μέσα σε αυτόν
- Λήψη πρώτης ένδειξης με την πάροδο 40 δευτερολέπτων και σημείωση ένδειξης θερμοκρασίας του αιωρήματος με θερμόμετρο
- Λήψη μετρήσεων του αιωρήματος με το πυκνόμετρο και το θερμόμετρο έπειτα



Εικόνα 10: Ο ογκομετρικός κύλινδρος από 2 ώρες απόλυτης ηρύθρευσης του Βουγιούκου

2.10.2 Προσδιορισμός εδαφικού pH

Ο προσδιορισμός του pH των εδαφικών δειγμάτων πραγματοποιήθηκε ηλεκτρομετρικά με πεχάμετρο. Πριν την διαδικασία υπολογισμού το πεχάμετρο βαθμονομήθηκε με τη χρήση ρυθμιστικών διαλυμάτων.

Ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία:

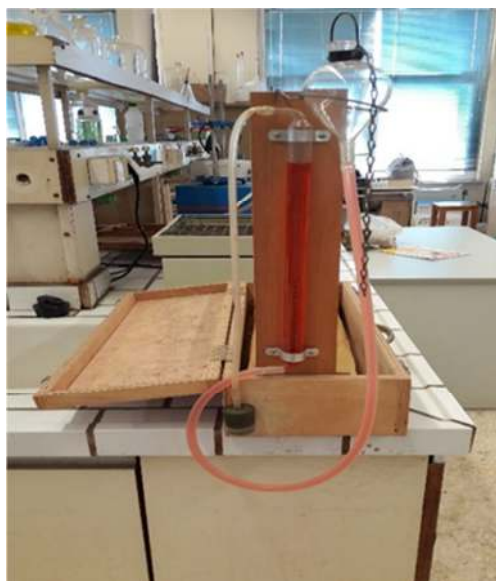
- Τοποθέτηση 20 g εδάφους σε πλαστικό ποτήρι των 50 ml και προστίθενται 20 ml απιονισμένου νερού (αναλογία εδάφους : νερού, 1:1)

- Ανάδευση του αιωρήματος με γυάλινη ράβδο κάθε 10 λεπτά για χρονικό διάστημα μίας ώρας
- Βύθιση ηλεκτροδίων και του αισθητήρα θερμοκρασίας του πεχάμετρου στο αιώρημα και λήψη μέτρησης του pH

2.10.3 Προσδιορισμός ισοδύναμου ανθρακικού ασβεστίου κατά “Bernard”

Ο προσδιορισμός του επί τις % CaCO_3 στηρίζεται στην ογκομέτρηση του εκλυόμενου διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), το οποίο παράγεται κατά την αντίδραση του HCl με τα ανθρακικά άλατα του εδάφους. Αναλυτικά κατά την πειραματική διαδικασία:

- Ζυγίζονται 1 g εδαφικού δείγματος και τοποθετούνται σε κωνική φιάλη
- Στην ίδια φιάλη τοποθετείται μικρός δοκιμαστικός σωλήνας στον οποίο προστίθεται διάλυμα HCl (1M) μέχρι τα 2/3 του όγκου του
- Πωμάτισμα της φιάλης έτσι ώστε η στάθμη του υγρού της χοάνης να βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με το σημείο μηδέν της κλίμακας του ογκομετρικού σωλήνα
- Ανακίνηση της φιάλης ώστε να έρθει σε επαφή το HCl με το εδαφικό δείγμα. Παράλληλα η χοάνη μετακινείται για να βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με τη στάθμη του υγρού του ογκομετρικού σωλήνα



Εικόνα 11: Η συσκευή "Bernard"

2.10.4 Προσδιορισμός οργανικής ουσίας κατά "Walkley – Black"

Η αρχή της συγκεκριμένης μεθόδου στηρίζεται στην οξείδωση του οργανικού άνθρακα με τη χρήση ισχυρού οξειδωτικού μέσου ($K_2Cr_2O_7$) σε ισχυρά όξινο περιβάλλον (H_2SO_4).

Εκτέλεση πειραματικής διαδικασίας

- Ζυγίζονται 1 g εδαφικού δείγματος και μεταφέρονται σε κωνική φιάλη των 500 ml
- Προσθήκη 10 ml διαλύματος $K_2Cr_2O_7$ 1N
- Προσθήκη 20 ml πυκνού H_2SO_4 , ανάδευση φιάλης και ηρεμία για 30 λεπτά
- Προσθήκη 200 ml απιονισμένου νερού και 10 ml H_3PO_4 (φωσφορικό οξύ 85%) και αφήνεται να ψυχθεί για 20 λεπτά
- Μετά την ψύξη προστίθενται 10-12 σταγόνες διαλύματος δείκτη διφαινυλαμινοσουλφονικού βορίου
- Τιτλοδότηση της περίσσειας του $K_2Cr_2O_7$ με δισθενή θειικό σίδηρο ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) (0,5 N) μέχρι το διάλυμα να αποκτήσει πράσινο χρώμα

Παρόμοια διαδικασία ακολουθείται και για την τιτλοδότηση του μάρτυρα.

2.10.5 Προσδιορισμός Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας (EC)

Ο προσδιορισμός της αλατότητας στα εδαφικά δείγματα μετά τη μεταφύτευση πραγματοποιήθηκε με τη μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC). Τα άλατα άγουν το ηλεκτρικό ρεύμα και με αυτό τον τρόπο η συγκέντρωσή τους συνδέεται με την EC.

Η πειραματική διαδικασία είναι η ακόλουθη:

- Ζυγίζονται 40 g εδαφικού δείγματος και μεταφορά σε πλαστική φιάλη των 100 ml
- Προσθήκη 40 ml απιονισμένου νερού ώστε η αναλογία έδαφος : νερό να είναι 1:1
- Ανάδευση των δειγμάτων για 15 λεπτά
- Φυγοκέντρηση για 5 λεπτά στις 3.500 rpm
- Διήθηση του αιωρήματος σε νέα πλαστική φιάλη
- Μέτρηση στο αγωγιμόμετρο

Στο εδαφικό δείγμα πριν τη μεταφύτευση ο προσδιορισμός της αλατότητας έγινε με την παρασκευή πάστας εκχυλίσματος κορεσμού. Αναλυτικά η διαδικασία είναι η εξής:

- Ζυγίζονται 100 g εδαφικού δείγματος και μεταφέρονται σε πλαστικό κύπελλο και προσθήκη αρχικά 50 ml απιονισμένου νερού
- Ανάδευση με γυάλινη ράβδο και προσθήκη σταδιακά μικρών ποσοτήτων νερού μέχρι τον κορεσμό του εδάφους
Το σημείο κορεσμού έχει επιτευχθεί όταν στην πάστα μπορεί να χαραχθεί ένα αυλάκι το οποίο κλείνει σιγά-σιγά με τη μετακίνηση υγρής μάζας εδάφους.
- Τοποθέτηση στο ειδικό κύπελλο της συσκευής μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας

2.10.6 Προσδιορισμός ολικού αζώτου στο έδαφος (Μέθοδος “Kjendahl”)

Η πειραματική διαδικασία είναι η εξής:

- Ζυγίζονται 2 g εδαφικού δείγματος και μεταφέρονται στη φιάλη καύσης “Kjeldahl”
- Προστίθενται 20 ml διαλύματος πυκνού θειικού οξέος (H_2SO_4) και σαλικυλικού οξέος ($C_7H_6O_3$) (αναλογία 25 g σαλικυλικού σε 1 L H_2SO_4)
- Μετά από 30 λεπτά ηρεμίας προστίθενται 1 g θειώδους νατρίου ($Na_2S_2O_3$) και μια ταμπλέτα σεληνίου σε κάθε φιάλη
- Γίνεται καύση των δειγμάτων στις φιάλες για μία ώρα
- Ψύξη των φιαλών για 20 λεπτά και απόσταξη στη συσκευή Bucchi. Σε αυτή τοποθετείται μια κωνική φιάλη που περιέχει βορικό οξύ (H_3BO_3) (20%).
- Όταν ολοκληρωθεί η απόσταξη προστίθενται στο δείγμα 10-12 σταγόνες δείκτη και γίνεται τιτλοδότηση με HCl 0,05 N

2.10.7 Χρωματικός προσδιορισμός του αμμωνιακού αζώτου (NH_4-N) στο έδαφος με τη μέθοδο της ινδοφαινόλης (Indophenol Blue Method)

Πειραματική διαδικασία

1. Ζυγίζονται 3 g εδαφικού δείγματος και μεταφορά σε falcons
2. Προσθήκη 30 ml εκχυλιστικού KCl 2 M
3. Ανάδευση των δειγμάτων για 30 λεπτά
4. Φυγοκέντρωση για 5 λεπτά στις 3.500 rpm
5. Διήθηση των υπερκείμενων διαλυμάτων
6. Σε ογκομετρικές φιάλες των 50 ml προσθήκη: 5 ml από το διηθημένο υπερκείμενο και άλλων 3 αντιδραστηρίων τα οποία είναι:
 - 2 ml EDTA 0,2 M
 - 8 ml αντιδραστηρίου ρυθμισμένου υποχλωριώδους νατρίου (20% w/v)
 - 4 ml Phenol-nitroprusside (7 % w/v φαινόλη)
7. Συμπλήρωση του όγκου με απιονισμένο νερό στα 50 ml
8. Ανάπτυξη μπλε χρώματος
9. Μέτρηση σε φασματοφωτόμετρο σε μήκος κύματος 636 nm

Ταυτόχρονα παρασκευάζεται μάρτυρας, ο οποίος περιλαμβάνει όλα τα αντιδραστήρια εκτός από το δείγμα.

2.10.8 Προσδιορισμός των νιτρικών μορφών του αζώτου (NO₃-N) του εδάφους με τη μέθοδο του καδμίου

Πειραματική διαδικασία

1. Ζυγίζονται 3 g εδαφικού δείγματος και μεταφορά σε falcons
2. Προσθήκη 30 ml CaCl₂ 0,01 M
3. Ανάδευση των δειγμάτων για 30 λεπτά
4. Φυγοκέντρηση για 5 λεπτά στις 3.500 rpm
5. Διήθηση των υπερκείμενων διαλυμάτων
6. Σε falcons των 10 ml προσθήκη 5 ml υπερκείμενου διαλύματος και ένα σακουλάκι kit Cd
7. Μέτρηση στο φασματοφωτόμετρο μετά από 5 λεπτά σε μήκος κύματος 400 nm

Ταυτόχρονα παρασκευάζεται μάρτυρας, ο οποίος περιλαμβάνει όλα τα αντιδραστήρια εκτός από το δείγμα.

2.10.9 Προσδιορισμός διαθέσιμου εδαφικού φωσφόρου (Μέθοδος “Olsen”)

Εφαρμόστηκε η μέθοδος “Olsen” η οποία αφορά τον προσδιορισμού του διαθέσιμου φωσφόρου σε εδάφη με τιμή pH μεγαλύτερη από 6,5.

Πειραματική διαδικασία

- Ζυγίζονται 5 g εδαφικού δείγματος
- Προσθήκη 0,3 g ενεργού άνθρακα
- Προσθήκη 90 ml διπτανθρακικού νατρίου (NaHCO₃) 0,5 M
- Μηχανική ανακίνηση δειγμάτων για 30 λεπτά
- Φυγοκέντρηση για 3 λεπτά στις 3.000 στροφές
- Διήθηση του αιωρήματος σε πλαστική φιάλη

Στη συνέχεια, σε ογκομετρική φιάλη των 50 ml μεταφέρονται 5 ml από το διήθημα και σε αυτά προστίθενται 10 ml ασκορβικό οξύ (0,03 M) για την

ανάπτυξη χρώματος των δειγμάτων κατά Murphy – Riley. Τέλος συμπληρώνεται ο όγκος με απιονισμένο νερό μέχρι τη χαραγή της φιάλης. Τα διαλύματα αφήνονται για 20 λεπτά και έπειτα πραγματοποιείται η μέτρηση του φωσφόρου στο φασματοφωτόμετρο σε μήκος κύματος 882 nm.

Ταυτόχρονα παρασκευάζεται μάρτυρας, ο οποίος περιλαμβάνει όλα τα αντιδραστήρια εκτός από το δείγμα.

2.10.10 Προσδιορισμός I.A.K. (Ικανότητας Ανταλλαγής Κατιόντων)

Η αρχή της μεθόδου περιλαμβάνει τρία στάδια. Στο πρώτο τα ανταλλάξιμα κατιόντα των εδαφικών κολλοειδών αντικαθίστανται από Na^+ και πραγματοποιώντας κορεσμό τους. Στο δεύτερο στάδιο απομακρύνεται η περίσσεια των Na^+ ενώ στο τρίτο τα προσροφηθέντα Na^+ αντικαθίστανται από NH_4^+ .

Εκτέλεση πειραματικής διαδικασίας

1^ο στάδιο

1. Ζυγίζονται 5 g εδάφους και τοποθέτηση σε φιαλίδιο των 50 ml
2. Προσθήκη 33 ml CH_3COONa κανονικότητας 1N. Τα φιαλίδια ποματίζονται και ανακινούνται μηχανικά για 5 λεπτά
3. Φυγοκέντρηση για 3 λεπτά στις 3.000 στροφές
4. Απομάκρυνση του υπερκείμενου υγρού. Τα βήματα 2-3-4 επαναλαμβάνονται άλλες 2 φορές

2^ο στάδιο

5. Προσθήκη 33 ml ισοπροπυλικής αλκοόλης. Τα φιαλίδια πωματίζονται και ανακινούνται για 5 λεπτά
6. Φυγοκέντρηση για 3 λεπτά στις 3.000 στροφές
7. Απομάκρυνση του υπερκείμενου υγρού. Τα βήματα 5-6-7 γίνονται άλλες 2 φορές

3^ο στάδιο

8. Προσθήκη 33 ml $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 1N. Πωματίζονται τα φιαλίδια και ανακινούνται μηχανικά για 5 λεπτά
9. Φυγοκέντρηση για 3 λεπτά στις 3.000 στροφές
10. Συλλογή του υπερκείμενου υγρού σε φιάλη των 100 ml. Η διαδικασία αυτή γίνεται άλλες 2 φορές
11. Συμπλήρωση με $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ μέχρι τη χαραγή
12. Μέτρηση Na στο φλογοφωτόμετρο

2.10.11 Προσδιορισμός ανταλλάξιμων κατιόντων K, Ca, Mg, Na

Πειραματική διαδικασία

- 1) Ζυγίζονται 5 g εδάφους και τοποθέτηση σε πλαστικό φιαλίδιο των 100 ml
- 2) Προστίθενται 50 ml $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 1N. Τα φιαλίδια πωματίζονται και ανακινούνται μηχανικά για 10 λεπτά
- 3) Φυγοκέντρηση για 3 λεπτά στις 3.000 στροφές
- 4) Διήθηση υπερκείμενου αιωρήματος σε ογκομετρικές φιάλες των 100 ml

Τα βήματα 2-3-4 επαναλαμβάνονται ακόμη μία φορά.

- 5) Συμπλήρωση φιάλης με απιονισμένο νερό μέχρι τη χαραγή των 100 ml
- 6) Μέτρηση K και Na στο φλογοφωτόμετρο και Ca, Mg στην ατομική απορρόφηση

2.10.12 Προσδιορισμός ιχνοστοιχείων Fe, Cu, Zn, Mn

- Ζυγίζονται 10 g εδάφους και μεταφορά σε πλαστικές φιάλες των 100 ml
- Προσθήκη 20 ml εκχυλιστικού μέσου DTPA (πεντατικό οξύ) 0,005 M
- Οι φιάλες πωματίζονται και ανακινούνται μηχανικά για 2 ώρες
- Φυγοκέντρηση των δειγμάτων για 3 λεπτά στις 3.000 στροφές
- Διήθηση του αιωρήματος με ηθμό Whatman 42 σε φιάλη
- Προσδιορισμός των μικροθρεπτικών στοιχείων στην ατομική απορρόφηση



Εικόνα 12: Η συσκευή ατομικής απορρόφησης του εργαστηρίου

2.11 Φυλλοδιαγνωστική

2.11.1 Προσδιορισμός ολικού αζώτου (N) των φυτικών ιστών (Μέθοδος “Kjeldahl”)

Η πειραματική διαδικασία είναι η εξής:

- Ζυγίζονται 0,5 g φυτικού δείγματος και μεταφέρονται στη φιάλη καύσης “Kjeldahl”
- Προστίθενται 20 ml διαλύματος πυκνού θειικού οξέος (H_2SO_4) και σαλικυλικού οξέος ($C_7H_6O_3$)
- Έπειτα από 30 λεπτά ηρεμίας προστίθενται 1 g θειώδους νατρίου ($Na_2S_2O_3$) και μια ταμπλέτα σεληνίου σε κάθε φιάλη
- Γίνεται καύση των δειγμάτων στις φιάλες για μία ώρα
- Ψύξη των φιαλών για 20 λεπτά και απόσταξη στη συσκευή Bucchi. Σε αυτή τοποθετείται μια κωνική φιάλη που περιέχει βορικό οξύ (H_3BO_3)
- Όταν ολοκληρωθεί η απόσταξη προστίθενται στο δείγμα 10-12 σταγόνες δείκτη και γίνεται τιτλοδότηση με HCl 0,05 N



Εικόνα 13: Η συσκευή απόσταξης "Bucchi"



Εικόνα 14: Οι φιάλες "Kjeldahl"

2.11.2 Προσδιορισμός ολικών ποσοτήτων των θρεπτικών στοιχείων K, Na, Ca, Mg, P, Fe, Cu, Mn και Zn στους φυτικούς ιστούς

- Ζυγίζεται δείγμα βάρους 0,5 g και τοποθετείται σε πυρίμαχη κάψα πορσελάνης.
- Τοποθέτηση της κάψας στον φούρνο του εργαστηρίου Εδαφολογίας σε θερμοκρασία 550 °C για 3 ώρες
- Παραλαβή των δειγμάτων που έχουν πάρει τη μορφή λευκόχροης τέφρας και προσθήκη 5 ml διαλύματος HNO₃ 65%
- Διήθηση του αιωρήματος σε ογκομετρικές φιάλες των 100 ml και συμπλήρωση του όγκου με απιονισμένο νερό
- Ξέπλυμα της κάψας με απιονισμένο νερό για να ενσωματωθούν όλα τα υπολείμματα από την τέφρα στο τελικό διάλυμα

Στο τελικό διάλυμα περιέχονται όλα τα στοιχεία που πρόκειται να προσδιοριστούν εκτός του ολικού αζώτου.

Το κάλιο (K) και το νάτριο (Na) προσδιορίστηκαν στο φλογοφωτόμετρο.

Το ασβέστιο (Ca) στους φυτικούς ιστούς υπολογίστηκε στο όργανο της ατομικής απορρόφησης, σε φλόγα ακετυλενίου και υποξειδίου του αζώτου (N₂O). Επιπλέον, στο ίδιο όργανο μετρήθηκαν τα στοιχεία μαγνήσιο (Mg), σίδηρος (Fe), μαγγάνιο (Mn), ψευδάργυρος (Zn) και χαλκός (Cu) σε φλόγα ακετυλενίου και αέρα.

Ο φώσφορος (P) μετρήθηκε στο φασματοφωτόμετρο αφού προηγήθηκε ανάπτυξη χρώματος των δειγμάτων κατά Murrely – Riley, όπως αναφέρεται παραπάνω στο εδαφικό δείγμα.

Αναλυτικά:

- Σε ογκομετρική φιάλη των 50 ml μεταφορά 5 ml από το εκχύλισμα και προσθήκη 10 ml απιονισμένου νερού
- Προσθήκη 4-5 σταγόνων δείκτη νιτροφαινόλης και μέσω προχοίδας διάλυμα NaOH μοριακότητας 1M, έως ότου αποκτήσει κίτρινο χρώμα
- Προσθήκη 10 ml ασκορβικού οξέος (0,03 M), ανάδευση και συμπλήρωση του όγκου με απιονισμένο νερό μέχρι τη χαραγή
- Έπειτα από 20 λεπτά ηρεμίας, εφόσον έχει αναπτυχθεί το χαρακτηριστικό μπλε χρώμα γίνεται η μέτρηση στο φασματοφωτόμετρο σε μήκος κύματος



882 nm

2.12 Στατιστική Ανάλυση

Το πείραμα ακολούθησε το εντελώς τυχαίοποιημένο σχέδιο με τρεις επαναλήψεις του ενός δένδρου η κάθε μία. Τα δεδομένα ελέγχθηκαν αν ακολουθούν την κανονική κατανομή και αναλύθηκαν με ανάλυση διασποράς παραγοντικού πειράματος (με δύο παράγοντες, το υποκείμενο και την επέμβαση με βιοδιεγέρτη) και οι διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων προσδιορίστηκαν σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών μέσων του Tukey HSD σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0.05$. Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το στατιστικό πρόγραμμα JMP 13.0 (SAS).

3. Αποτελέσματα

3.1 Εδαφικά Δείγματα

3.1.1 Εδαφικό δείγμα πριν τη μεταφύτευση των δένδρων

Τα αποτελέσματα από το δείγμα που συλλέχθηκε στις 25/2/2020, πριν τη μεταφύτευση και την εφαρμογή της λίπανσης και των βιοδιεγερτών, παρουσιάζονται αναλυτικά στους Πίνακες 10 και 11.

***Πίνακας 10:** Μηχανική σύσταση, pH, ποσοστό ανθρακικού ασβεστίου, ποσοστό οργανικής ουσίας, ηλεκτρικής αγωγιμότητας και IAK του εδάφους πριν τη μεταχείριση με τα λιπάσματα και τους βιοδιεγέρτες*

Κλάση Μηχανικής Σύστασης	S (%)	Si (%)	C (%)	pH	CaCO ₃ (%)	O. O. (%)	(ECe) (dS/m)	ΙΑΚ (meq/100g εδ.)
Sandy Loam (SL)	65,66	21,45	12,89	7,67	23,17	12,3	11,07	38,52

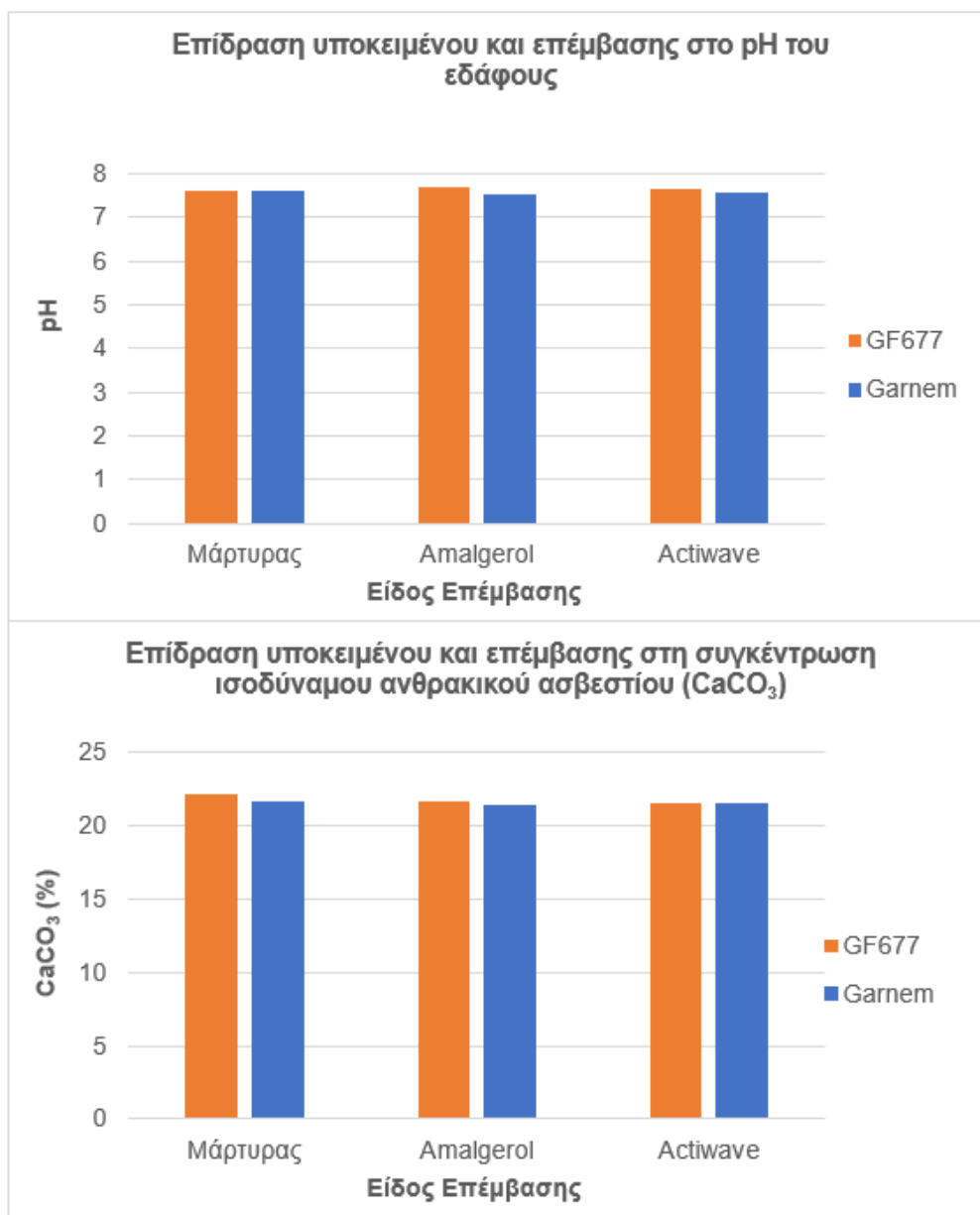
Πίνακας 11: Συγκεντρώσεις θρεπτικών (μακροστοιχείων και ιχνοστοιχείων) στο έδαφος πριν τη μεταχείριση με τα λιπάσματα και τους βιοδιεγέρτες

N (%)	NH ₄ -N (ppm)	NO ₃ -N (ppm)	P (ppm)	K (ppm)	Na (ppm)	Ca (meq/100 g εδ.)	Mg (meq/100 g εδ.)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)
0,63	0,96	49,35	81,43	256,67	332,67	47,50	14,37	7,81	17,75	8,99	3,93

Τα αποτελέσματα αφορούν εδαφικές αναλύσεις του δείγματος πραγματοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό της μηχανικής σύστασης, βασικών χημικών ιδιοτήτων όπως το pH, η αλατότητα, η οργανική ουσία, το CaCO₃, η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων καθώς και των διαθέσιμων μορφών θρεπτικών στοιχείων (μακροθρεπτικών και ιχνοστοιχείων).

3.1.2 Εδαφικά δείγματα μετά τις επεμβάσεις

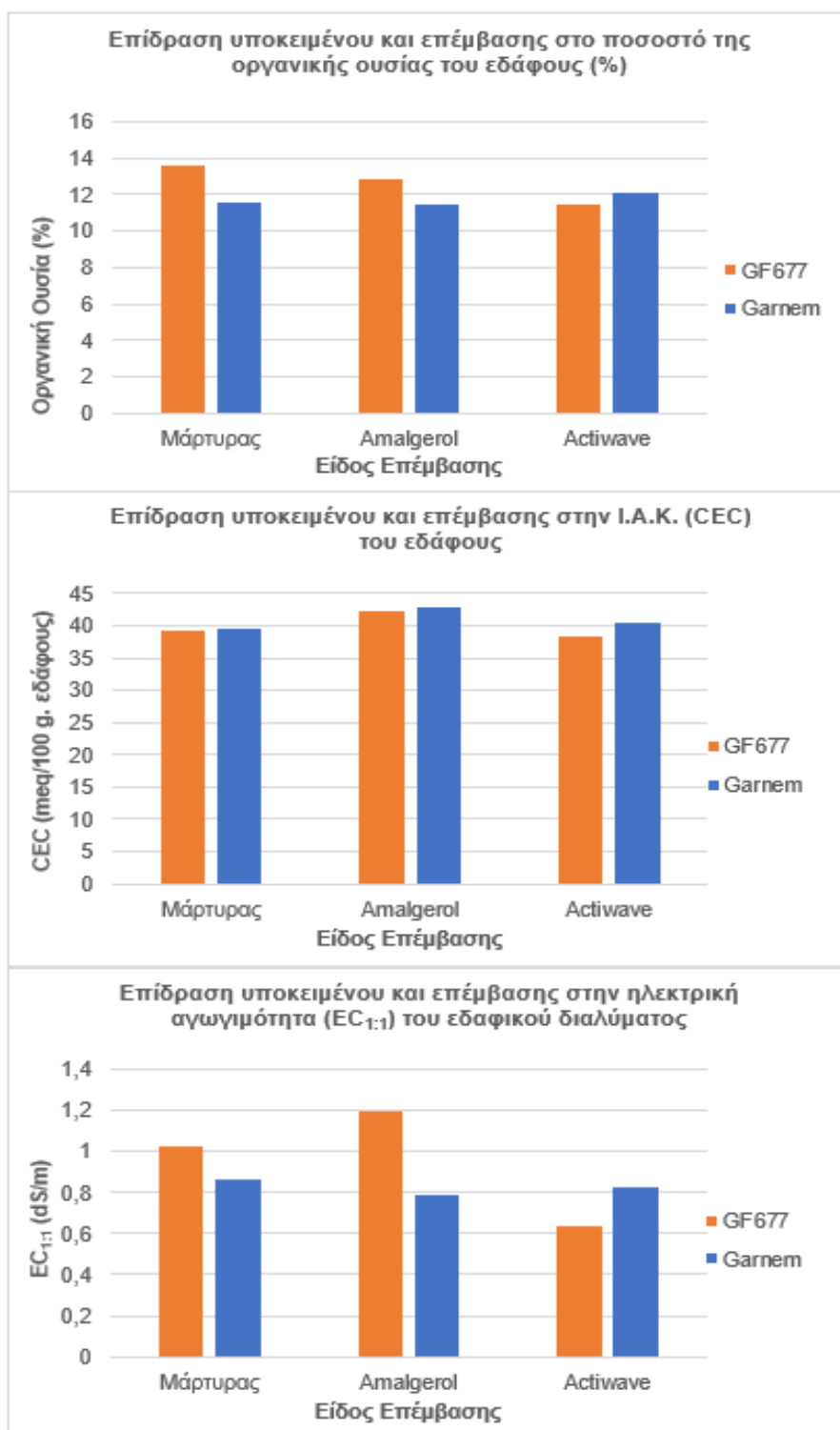
Στο σχήμα 1 παρουσιάζεται η επίδραση του υποκειμένου της ροδακινιάς και της επέμβασης στις τιμές pH του εδάφους και στη συγκέντρωση ισοδύναμου ανθρακικού ασβεστίου. Στην προκειμένη περίπτωση δεν παρατηρείται καμία στατιστική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων, ούτε μεταξύ των δύο



Σχήμα 1: Επίδραση του υποκειμένου της ροδακινιάς και του είδους της επέμβασης στις τιμές pH και στη συγκέντρωση ισοδύναμου ανθρακικού ασβεστίου του εδάφους

υποκειμένων.

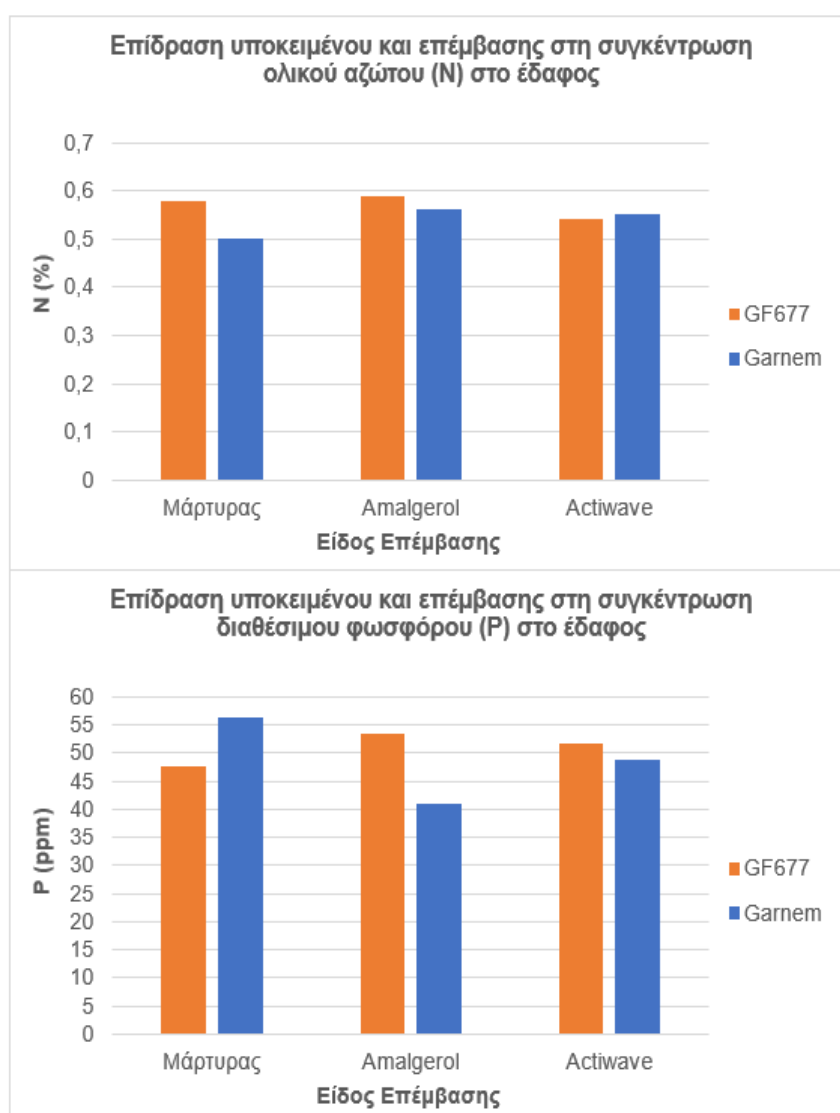
Παρομοίως, στατιστική διαφορά δεν παρατηρείται στην επίδρασή τους στο ποσοστό οργανικής ουσίας, στην ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, και στην αλατότητα του εδαφικού διαλύματος. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο



Σχήμα 2: Επίδραση του υποκειμένου της ροδακινιάς και του είδους της επέμβασης στο ποσοστό οργανικής ουσίας του εδάφους, στις τιμές της ΙΑΚ και στην ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδαφικού διαλύματος

σχήμα 2.

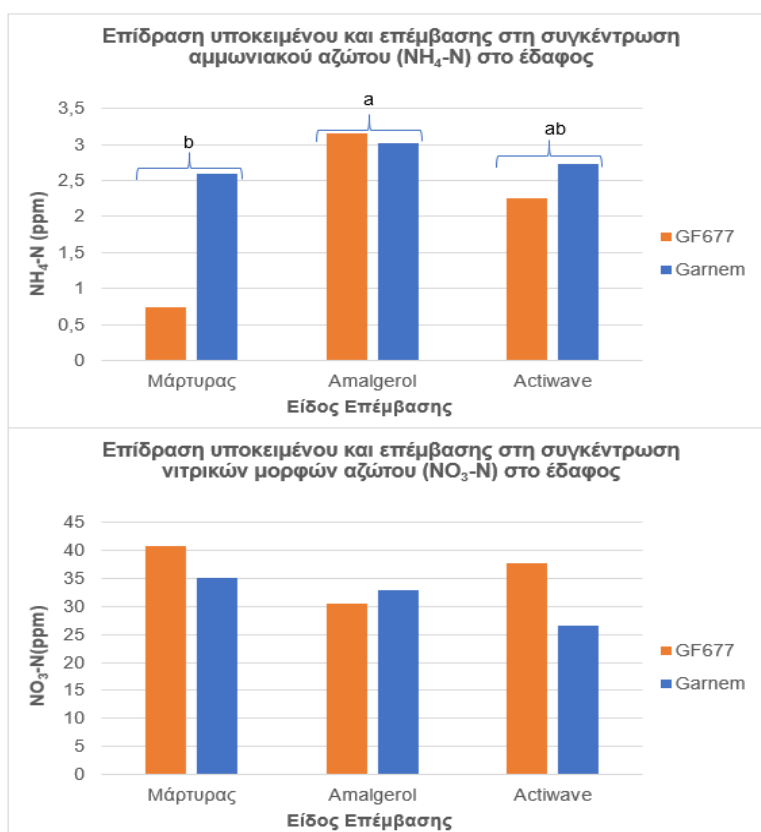
Όσον αφορά τις συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος, τόσο οι επεμβάσεις με βιοδιεγέρτη όσο και το υποκείμενο δεν είχαν κάποια σημαντική επίδραση επί της συγκέντρωσης των N και P. Οι συγκεντρώσεις τους αναπαρίστανται στο σχήμα 3. Το ποσοστό του ολικού αζώτου στο έδαφος είναι σε όλες τις περιπτώσεις μεγαλύτερο του 0,5% ενώ ο διαθέσιμος φώσφορος ξεπερνά τα 40 ppm σε όλες τις επεμβάσεις και για τα δύο



Σχήμα 3: Επίδραση υποκειμένου της ροδακινιάς και του είδους της επέμβασης στις συγκεντρώσεις του ολικού αζώτου και του διαθέσιμου φωσφόρου στο έδαφος

υποκείμενα, με το εύρος του να είναι μεταξύ 40,95 και 56,29 ppm.

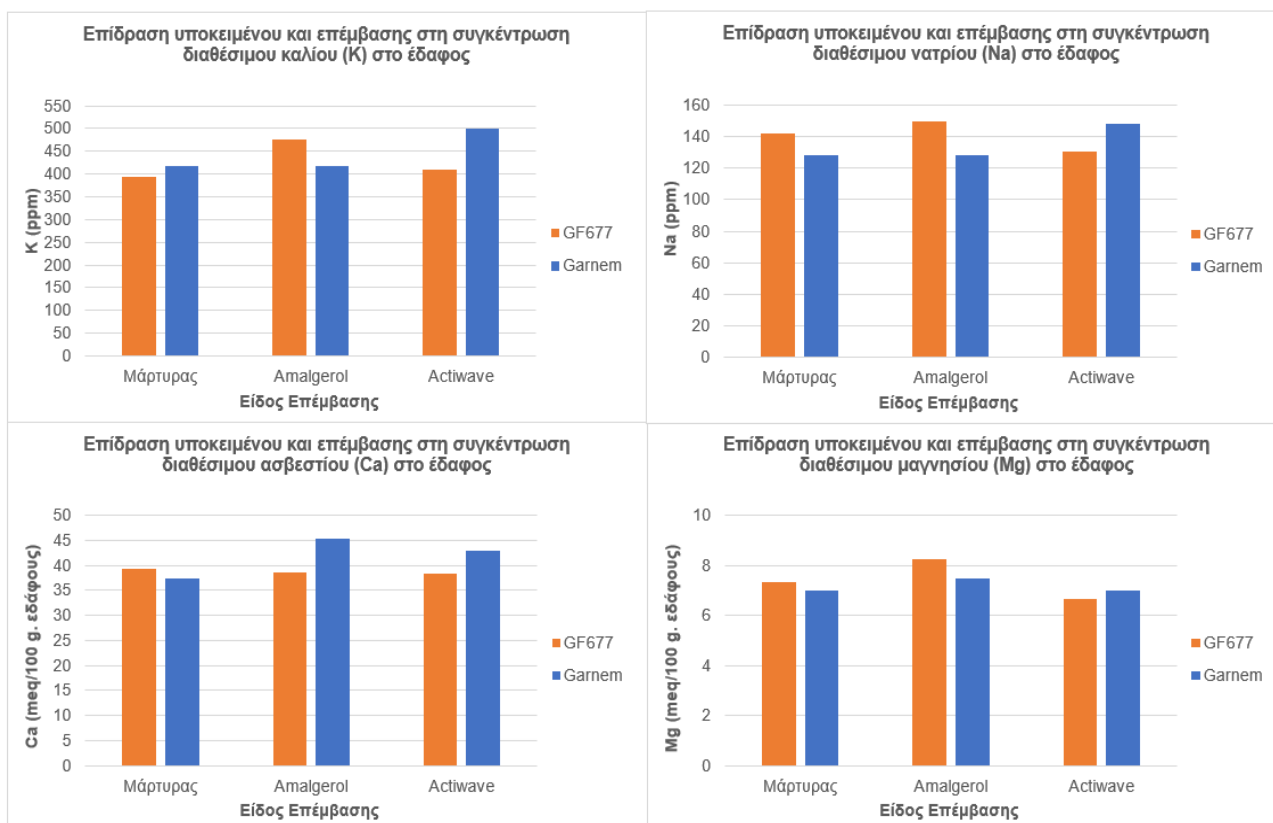
Οι συγκεντρώσεις των δύο ανόργανων μορφών αζώτου στο έδαφος, το αμμωνιακό ($\text{NH}_4\text{-N}$) και το νιτρικό ($\text{NO}_3\text{-N}$) επηρεάστηκαν διαφορετικά από την εφαρμογή των βιοδιεγερτών. Πιο αναλυτικά, η συγκέντρωση του αμμωνιακού αζώτου στο έδαφος των δένδρων που εφαρμόστηκαν οι βιοδιεγέρτες ήταν υψηλότερες συγκριτικά με το μάρτυρα στον οποίο εφαρμόστηκε αποκλειστικά χημική λίπανση. Όπως διακρίνεται στο σχήμα 4, η επέμβαση με το Amalgerol είχε ως αποτέλεσμα τον προσδιορισμό μεγαλύτερης συγκέντρωσης αμμωνιακού αζώτου στο έδαφος με σημαντική διαφορά από το μάρτυρα, όχι όμως από το Actiwave. Στην πρώτη περίπτωση, και για τα δύο υποκείμενα οι συγκεντρώσεις $\text{NH}_4\text{-N}$ στα εδαφικά δείγματα είναι μεγαλύτερες από 3 ppm (3,15 και 3,02 ppm για GF677 και Garnem αντίστοιχα) και έχουν σημαντική διαφορά από το μάρτυρα. Η εφαρμογή του Actiwave έδειξε πως και αυτή είχε επίδραση στα επίπεδα των αμμωνιακών στο έδαφος, τα οποία ωστόσο δεν παρουσιάζουν σημαντική διαφορά με τα επίπεδα του Amalgerol. Στην περίπτωση των νιτρικών μορφών αζώτου ($\text{NO}_3\text{-N}$) δεν παρατηρήθηκε στατιστική διαφορά μεταξύ των



Σχήμα 4: Επίδραση υποκειμένου της ροδακινιάς και του είδους επέμβασης στις συγκεντρώσεις των μορφών του ανόργανου αζώτου ($\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$) στο έδαφος

επεμβάσεων όπως και μεταξύ των υποκειμένων.

Επιπροσθέτως, τα αποτελέσματα από τον προσδιορισμό των ανταλλάξιμων κατιόντων του εδάφους παρατίθενται στο σχήμα 5 όπου δεν παρατηρείται κάποια σημαντική διαφορά μεταξύ των υποκειμένων και των επεμβάσεων.



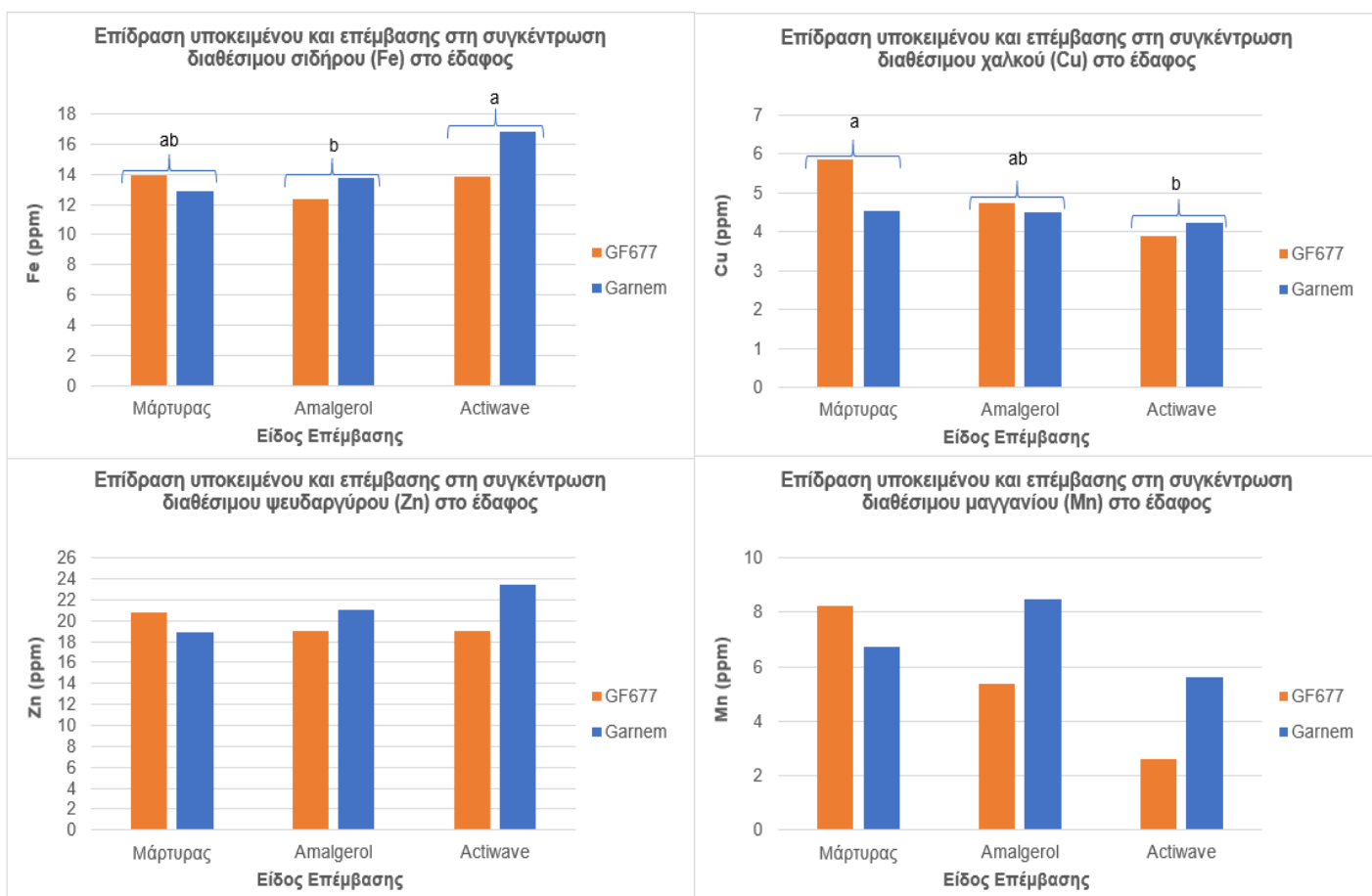
Σχήμα 5: Επίδραση υποκειμένου της ροδακινιάς και είδους επέμβασης στις συγκεντρώσεις των διαθέσιμου καλίου, νατρίου, ασβεστίου και μαγνησίου

Η επίδραση της επέμβασης ήταν φανερή στις συγκεντρώσεις των διαθέσιμων μορφών ορισμένων ιχνοστοιχείων. Ειδικότερα, παρατηρήθηκε στατιστική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων όσον αφορά την επίδρασή τους στη συγκέντρωση διαθέσιμου σιδήρου (Fe) στα εδαφικά δείγματα.

Οι τιμές του διαθέσιμου σιδήρου στα δείγματα που εφαρμόστηκε το Actiwave είναι υψηλότερες συγκριτικά με τις άλλες δύο επεμβάσεις και παρουσιάζει σημαντική διαφορά με το Amalgerol. Παρόλα αυτά τα δείγματα του μάρτυρα δεν διαφέρουν σημαντικά στατιστικά με αυτά της υδρολίπανσης με το Actiwave.

Εν αντιθέσει, τα επίπεδα διαθέσιμου χαλκού (Cu) στο έδαφος ήταν υψηλότερα στα δείγματα του μάρτυρα και έχουν σημαντική στατιστική διαφορά από τα δείγματα της επέμβασης με Actiwave. Η επέμβαση με το Amalgerol δεν έδειξε να επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τις συγκεντρώσεις του ιχνοστοιχείου, μη διαφέροντας σημαντικά από το μάρτυρα.

Για το μαγγάνιο και τον ψευδάργυρο δεν παρατηρήθηκε καμία στατιστική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων. Οι επιδράσεις των υποκειμένων GF677 και Garnem δεν διαφέρουν στατιστικά για κανένα ιχνοστοιχείο. Όλα τα

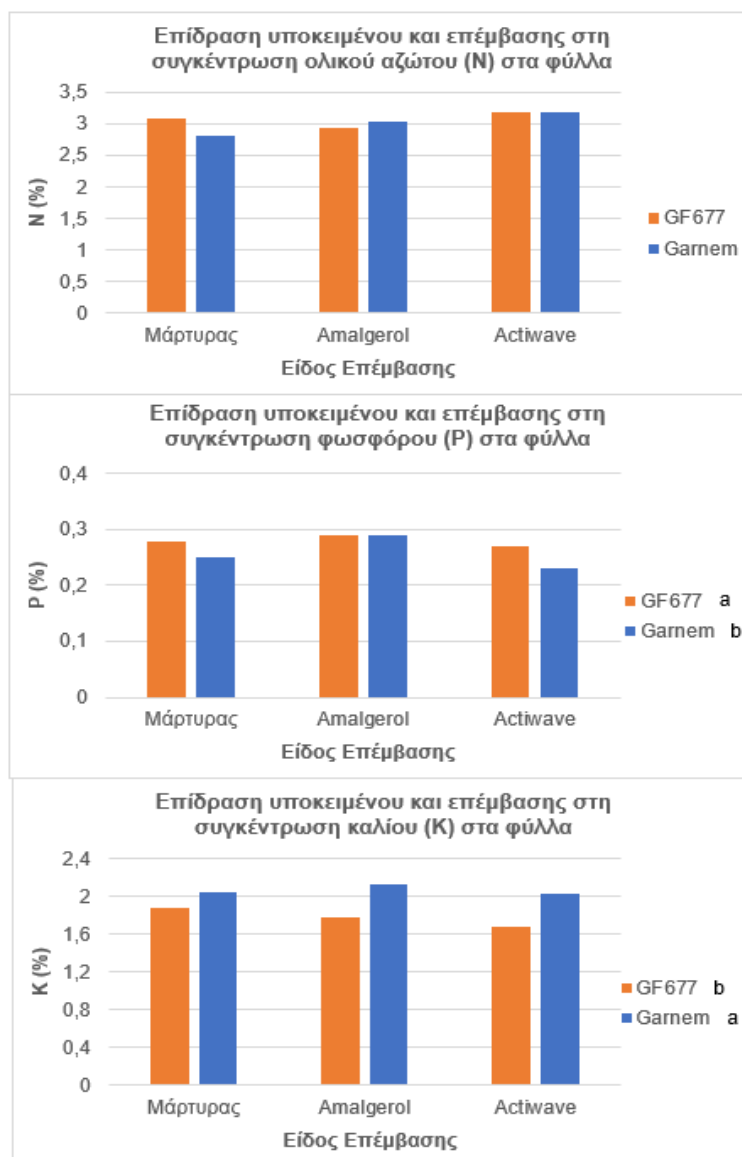


προαναφερθέντα συνοψίζονται αναλυτικά στο σχήμα 6.

3.2 Δείγματα φύλλων

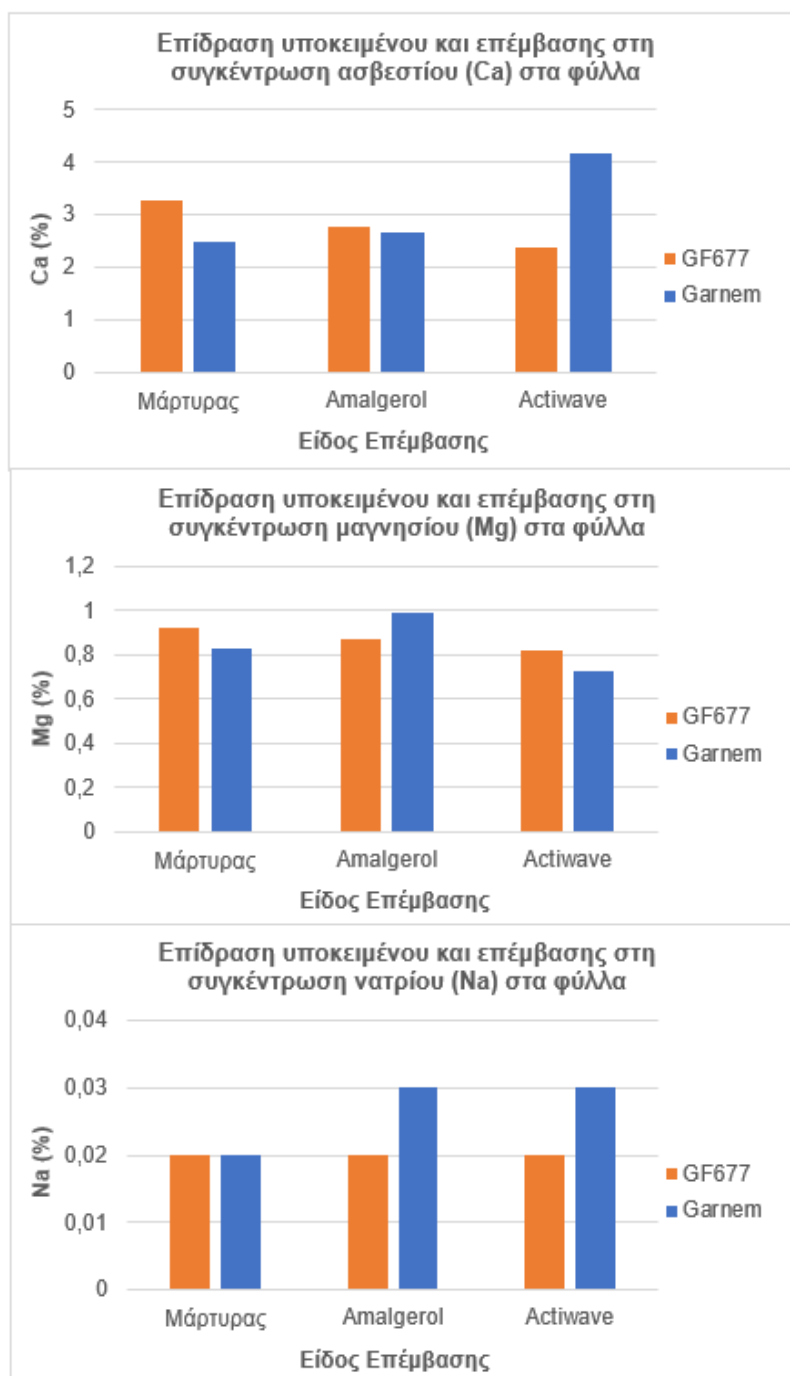
3.2.1 Συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων στα φύλλα

Στις συγκεντρώσεις των μακροστοιχείων αζώτου (N), φωσφόρου (P) και καλίου (K) δεν παρουσιάστηκε σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων. Παρόλα αυτά, η επίδραση του υποκειμένου ήταν εμφανής στα επίπεδα του φωσφόρου και του καλίου στα φύλλα της ροδακινιάς. Μεταξύ του GF677 και του Garnem σημειώθηκε σημαντική διαφορά με το πρώτο να οδηγεί σε υψηλότερες συγκεντρώσεις φωσφόρου στα φύλλα συγκριτικά με το δεύτερο. Αντίθετα, οι συγκεντρώσεις του καλίου ήταν σημαντικά υψηλότερες στα δένδρα που είναι εμβολιασμένα στο Garnem. Αναλυτικά τα αποτελέσματα



παρουσιάζονται στο σχήμα 7.

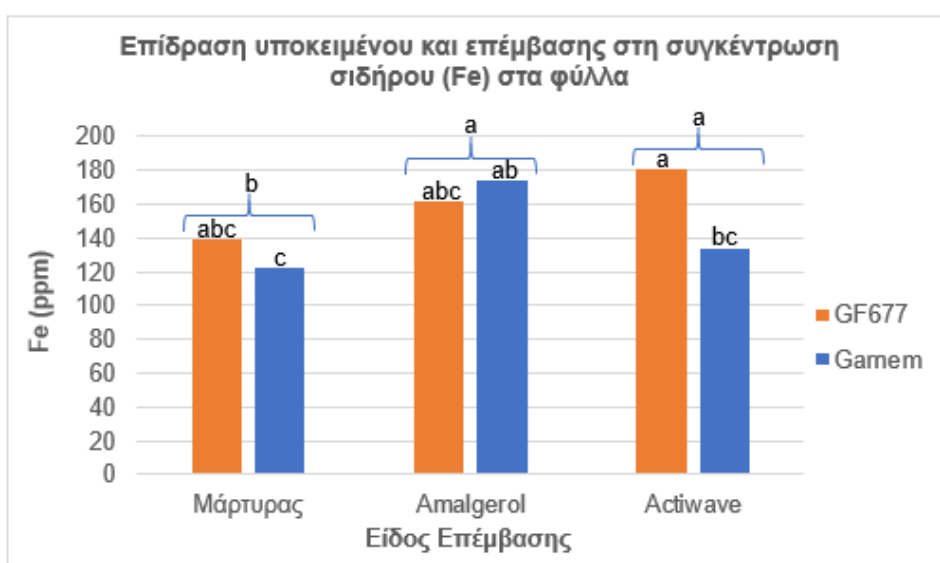
Καμία στατιστική διαφορά δεν παρατηρήθηκε στις επιδράσεις των υποκειμένων και των επεμβάσεων όσον αφορά τις συγκεντρώσεις του ασβεστίου (Ca) και του μαγνησίου (Mg), παρά την αυξημένη συγκέντρωση ασβεστίου (4,18%) στην επέμβαση με το Actiwave σε δένδρα εμβολιασμένα στο Garnem. Παρόμοια αποτελέσματα σημειώθηκαν και στις συγκεντρώσεις



Σχήμα 8: Επίδραση υποκειμένου και είδους επέμβασης στη συγκέντρωση των Ca, Mg και Na στα φύλλα ροδακινιάς

νατρίου (Σχήμα 8). Οι επιδράσεις των υποκειμένων και των επεμβάσεων διαφέρουν μεταξύ τους όπως υποδεικνύουν τα αποτελέσματα των συγκεντρώσεων των ιχνοστοιχείων.

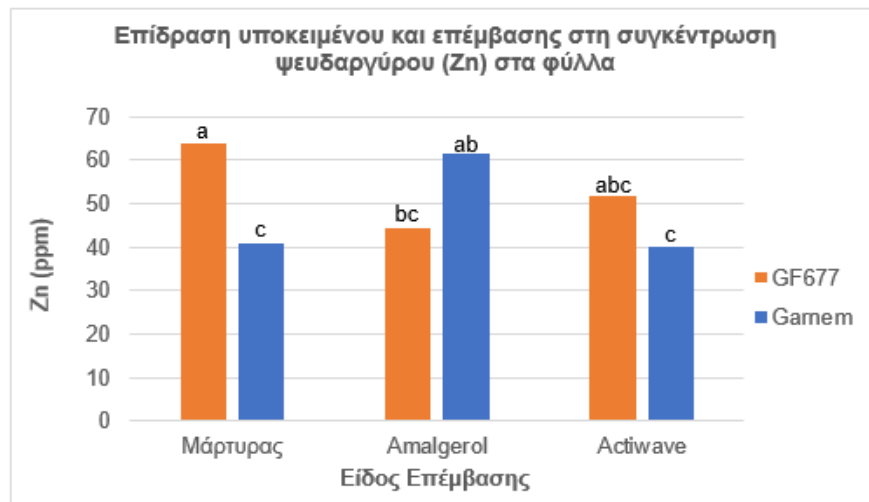
Ειδικότερα, οι επεμβάσεις με τους δύο βιοδιεγέρτες παρουσίασαν σημαντική διαφορά με το μάρτυρα όσον αφορά τις συγκεντρώσεις σιδήρου (Fe) στα φύλλα οι οποίες ήταν υψηλότερες στα δένδρα που εφαρμόστηκε υδρολίπανση με Actiwave και Amalgerol. Ταυτόχρονα, σημειώθηκαν διαφορές μεταξύ των υποκειμένων στις τρεις επεμβάσεις. Η σημαντικότερη από όλες εντοπίστηκε στην επέμβαση με το Actiwave όπου η συγκέντρωση σιδήρου στα φύλλα ήταν σημαντικά υψηλότερη στα δένδρα εμβολιασμένα στο GF677 συγκριτικά με αυτά στο Garnem τόσο στο μάρτυρα όσο και στην ίδια επέμβαση. Η συγκεκριμένη τιμή ήταν η υψηλότερη από τις υπόλοιπες χωρίς ωστόσο να διαφέρει στατιστικά σημαντικά με τα υπόλοιπα δένδρα



εμβολιασμένα στο GF677 και με αυτά που εφαρμόστηκε το Amalgerol. Τα παραπάνω παρουσιάζονται στο σχήμα 9.

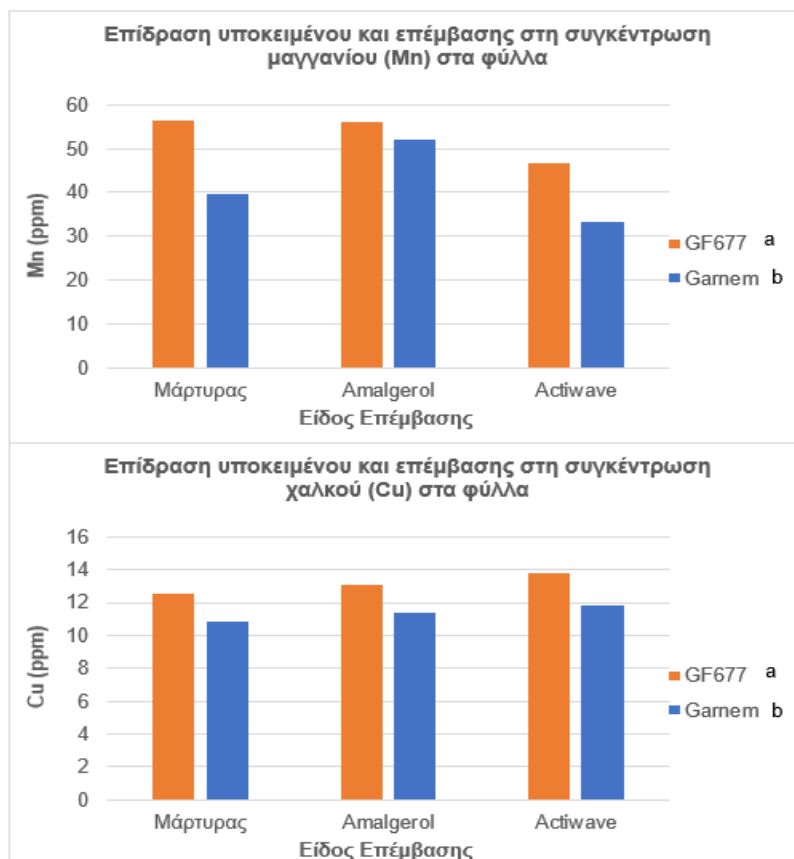
Τα αποτελέσματα από τις συγκεντρώσεις ψευδαργύρου (Zn) στα φύλλα έδειξαν διαφορετικές αλληλεπιδράσεις ενώ δεν υπήρξε στατιστική διαφορά μεταξύ υποκειμένων και επεμβάσεων (Σχήμα 10). Η υψηλότερη συγκέντρωση του στοιχείου προσδιορίστηκε στα δένδρα του μάρτυρα εμβολιασμένα στο υποκείμενο GF-677. Τα δένδρα εμβολιασμένα που ήταν εμβολιασμένα στο

Garnem παρουσίασαν τις χαμηλότερες συγκεντρώσεις ψευδαργύρου τόσο στο μάρτυρα όσο και στη μεταχείριση με Actiwave.



Σχήμα 10: Οι στατιστικές διαφορές που παρουσιάζονται μεταξύ των υποκειμένων συμπεριλαμβανομένων και των τριών επεμβάσεων όσον αφορά τις συγκεντρώσεις Zn

Τα δύο υποκείμενα επέδειξαν σημαντική επίδραση επί της συγκέντρωσης τόσο του μαγγανίου όσο και του χαλκού (Σχήμα 11). Δένδρα εμβολιασμένα στο GF677 είχαν υψηλότερες συγκεντρώσεις των δύο ιχνοστοιχείων



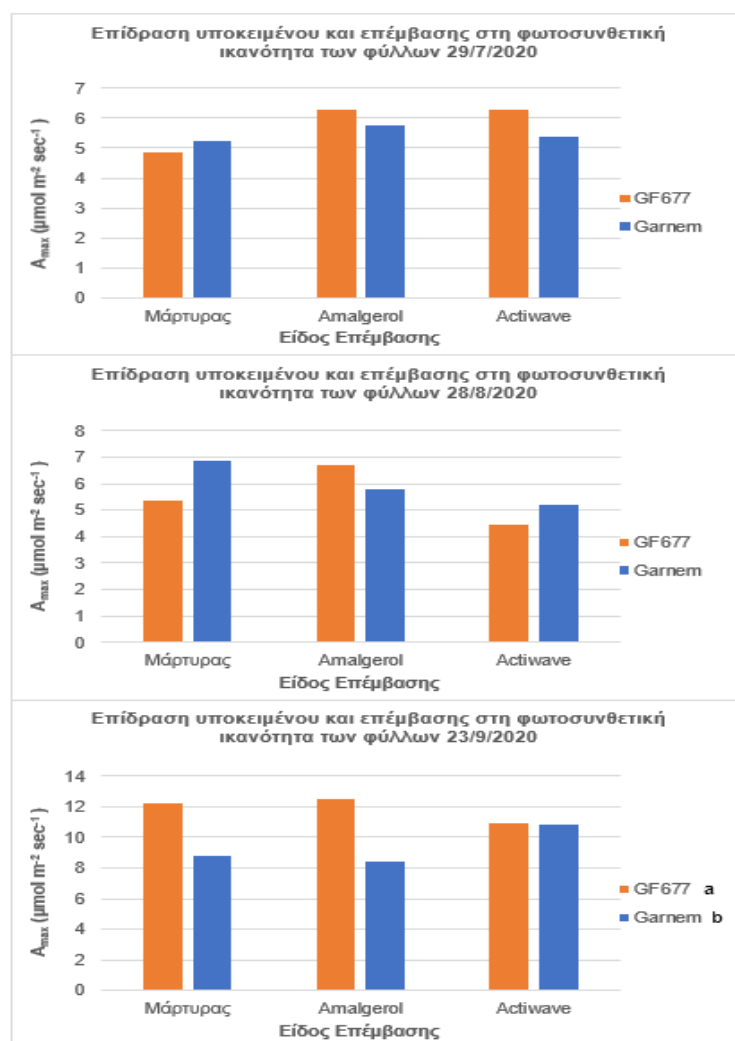
Σχήμα 11: Οι στατιστικές διαφορές μεταξύ των δύο υποκειμένων όσον αφορά την επίδρασή τους στις συγκεντρώσεις Mn και Cu στα φύλλα ροδακινιάς

συγκριτικά με αυτά στο Garnem

3.2.2 Φωτοσυνθετική Ικανότητα

Τα αποτελέσματα της φωτοσυνθετικής ικανότητας των φύλλων στην πρώτη μέτρηση στις 29 Ιουλίου δεν παρουσίασαν σημαντική διαφορά τόσο μεταξύ των επεμβάσεων όσο και των υποκειμένων. Επισημαίνεται πως η φωτοσυνθετική ικανότητα των φύλλων ήταν ελαφρώς υψηλότερη στα δένδρα στα οποία εφαρμόστηκαν οι βιοδιεγέρτες συγκριτικά με το μάρτυρα. Στη δεύτερη μέτρηση στις 28 Αυγούστου οι τιμές της φωτοσυνθετικής ικανότητας δεν διέφεραν στατιστικά μεταξύ των επεμβάσεων και των υποκειμένων της ροδακινιάς.

Στην τρίτη μέτρηση ωστόσο τις 23 Σεπτεμβρίου, η φωτοσυνθετική ικανότητα ήταν υψηλότερη στα φύλλα των δένδρων εμβολιασμένα στο GF677 παρουσιάζοντας σημαντική στατιστική διαφορά από αυτά στο Garnem. Τα

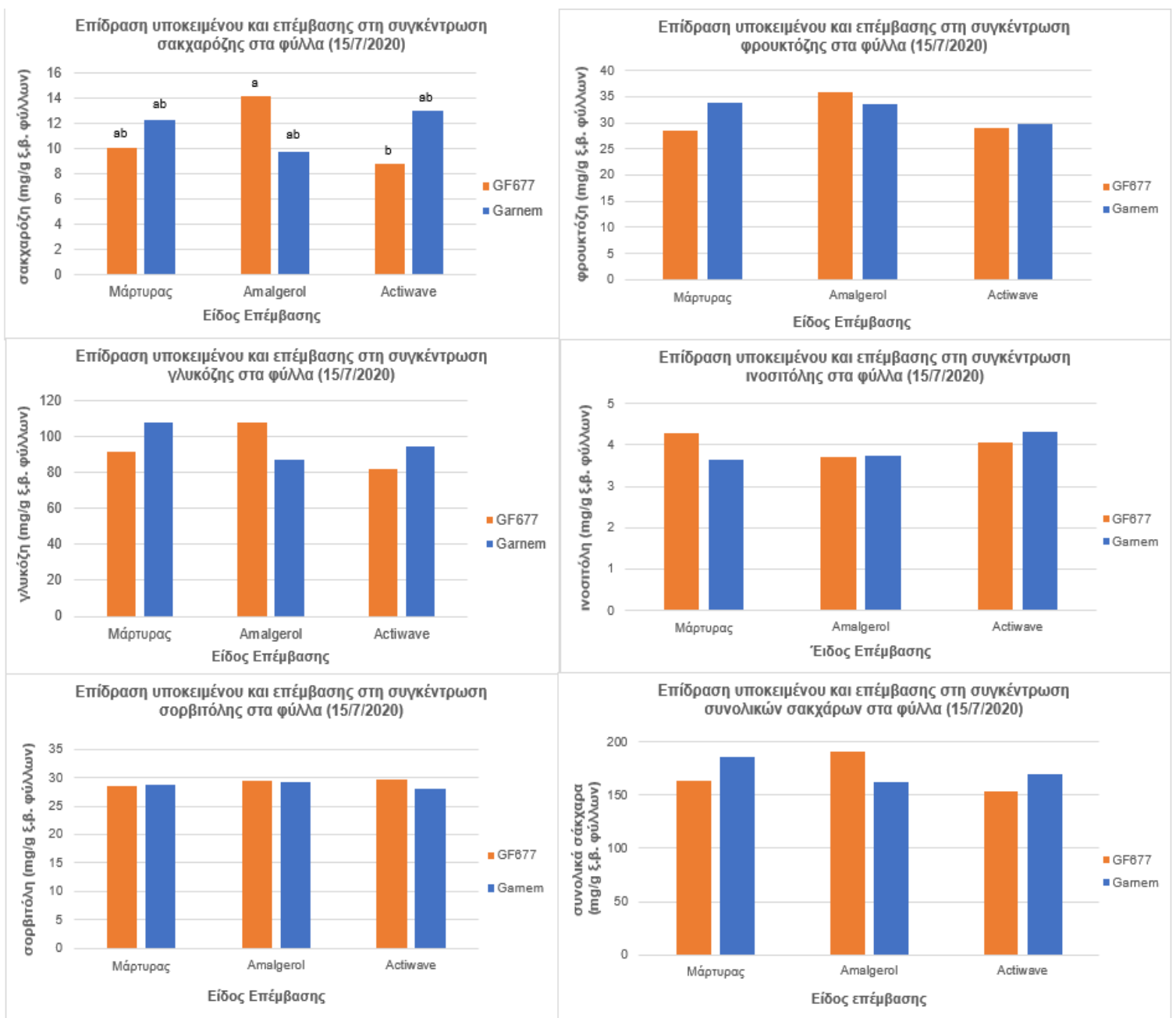


αποτελέσματα φαίνονται αναλυτικά στο σχήμα 12.

3.3 Συγκέντρωση σακχάρων στα φύλλα

3.3.1 Πρώτη Δειγματοληψία

Τα αποτελέσματα της πρώτης δειγματοληψίας που πραγματοποιήθηκε στα μέσα Ιουλίου του 2020 έδειξαν πως δεν υπάρχει διαφορά μεταξύ των υποκειμένων και των επεμβάσεων. Ωστόσο, στη συγκέντρωση σακχαρόζης



Σχήμα 13: Επίδραση υποκειμένου και είδους επέμβασης στις συγκεντρώσεις των σακχάρων στα φύλλα (mg σακχάρων ανά γραμμάριο ξηρού βάρους φύλλων) στην πρώτη δειγματοληψία το μήνα Ιούλιο

στα φύλλα παρατηρήθηκε σημαντική αλληλεπίδραση.

Ειδικότερα, η εφαρμογή του Amalgerol σε δένδρα εμβολιασμένα στο GF - 677 οδήγησε στην μεγαλύτερη συγκέντρωση σακχαρόζης ανά γραμμάριο ξηρού βάρους φύλλων ροδακινιάς με σημαντική στατιστική διαφορά από την υδρολίπανση με Actiwave σε δένδρα εμβολιασμένα στο ίδιο υποκείμενο. Συγκριτικά με τα δένδρα του μάρτυρα και τα δένδρα εμβολιασμένα στο Garnem δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά. Τα προαναφερθέντα φαίνονται στο Σχήμα 13.

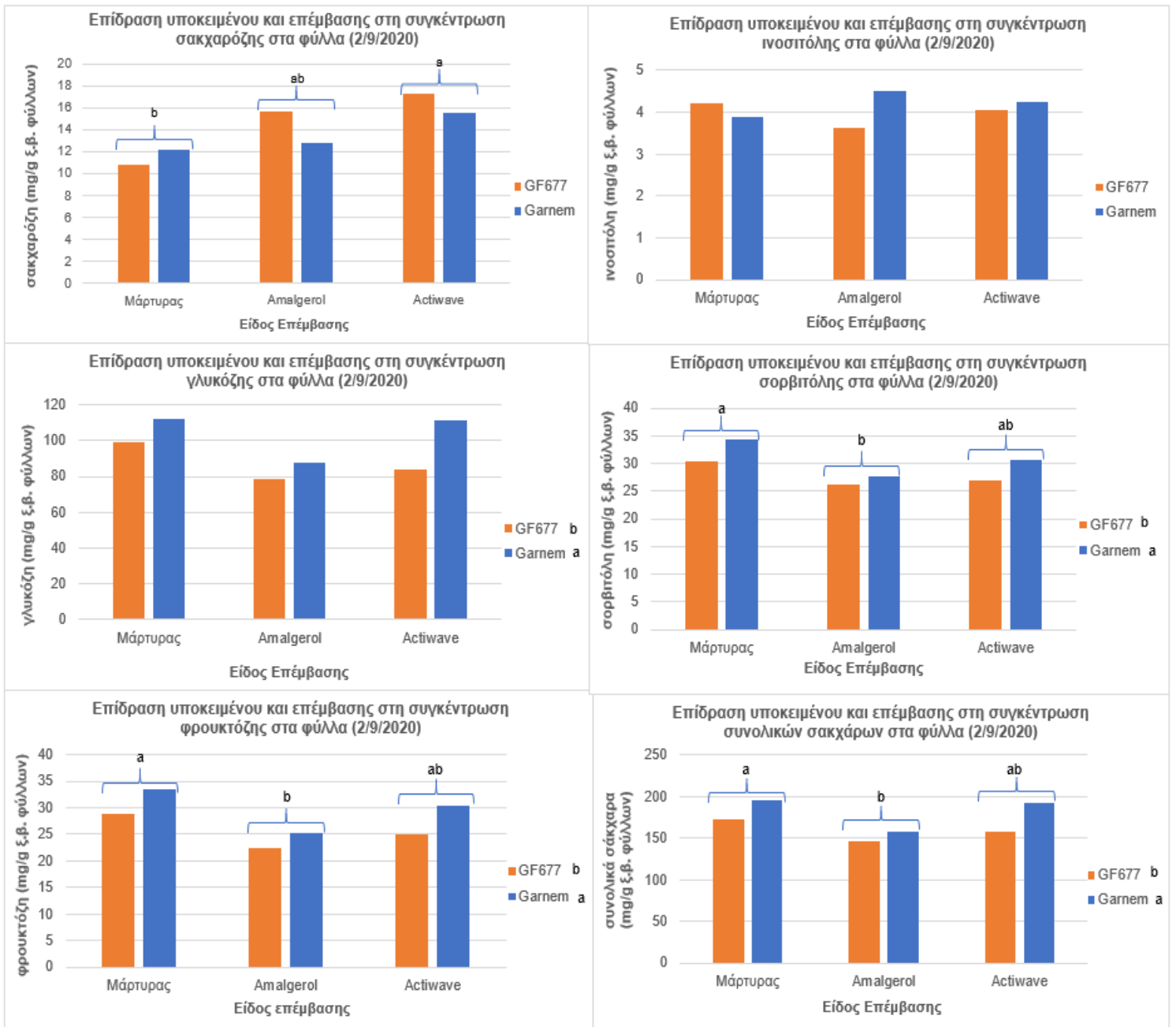
3.3.2 Δεύτερη Δειγματοληψία

Από τα αποτελέσματα της δεύτερης δειγματοληψίας των φύλλων στις αρχές Σεπτεμβρίου (Σχήμα 14) παρατηρήθηκαν τα εξής. Η συγκέντρωση σακχαρόζης ήταν υψηλότερη στα δένδρα στα οποία εφαρμόστηκε το Actiwave παρουσιάζοντας σημαντική διαφορά με τα δένδρα του μάρτυρα και μικρότερη με αυτά της εφαρμογής με Amalgerol.

Η επίδραση των υποκειμένων ήταν εμφανής στη συγκέντρωση της γλυκόζης ανά γραμμάριο ξηρού βάρους φύλλων με τα δένδρα εμβολιασμένα στο Garnem (a) να έχουν σημαντική διαφορά με αυτά του GF677.

Η συγκέντρωση φρουκτόζης στα φύλλα ροδακινιάς παρουσίασε διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων με την υψηλότερη να παρατηρείται στα δένδρα του μάρτυρα με σημαντική διαφορά από τα δένδρα που εφαρμόστηκε το Amalgerol και μικρότερη συγκριτικά με την υδρολίπανση με Actiwave. Επίσης, σημειώθηκε διαφορά μεταξύ των υποκειμένων στη συγκέντρωση της γλυκόζης με τα δένδρα του Garnem και σε αυτή την περίπτωση να έχουν σημαντικά υψηλότερες συγκεντρώσεις στα φύλλα τους σε σχέση με τα εμβολιασμένα στο GF677. Οι ίδιες ακριβώς διακυμάνσεις εμφανίστηκαν και στις συγκεντρώσεις της σορβιτόλης καθώς και στη συγκέντρωση των συνολικών σακχάρων στα φύλλα.

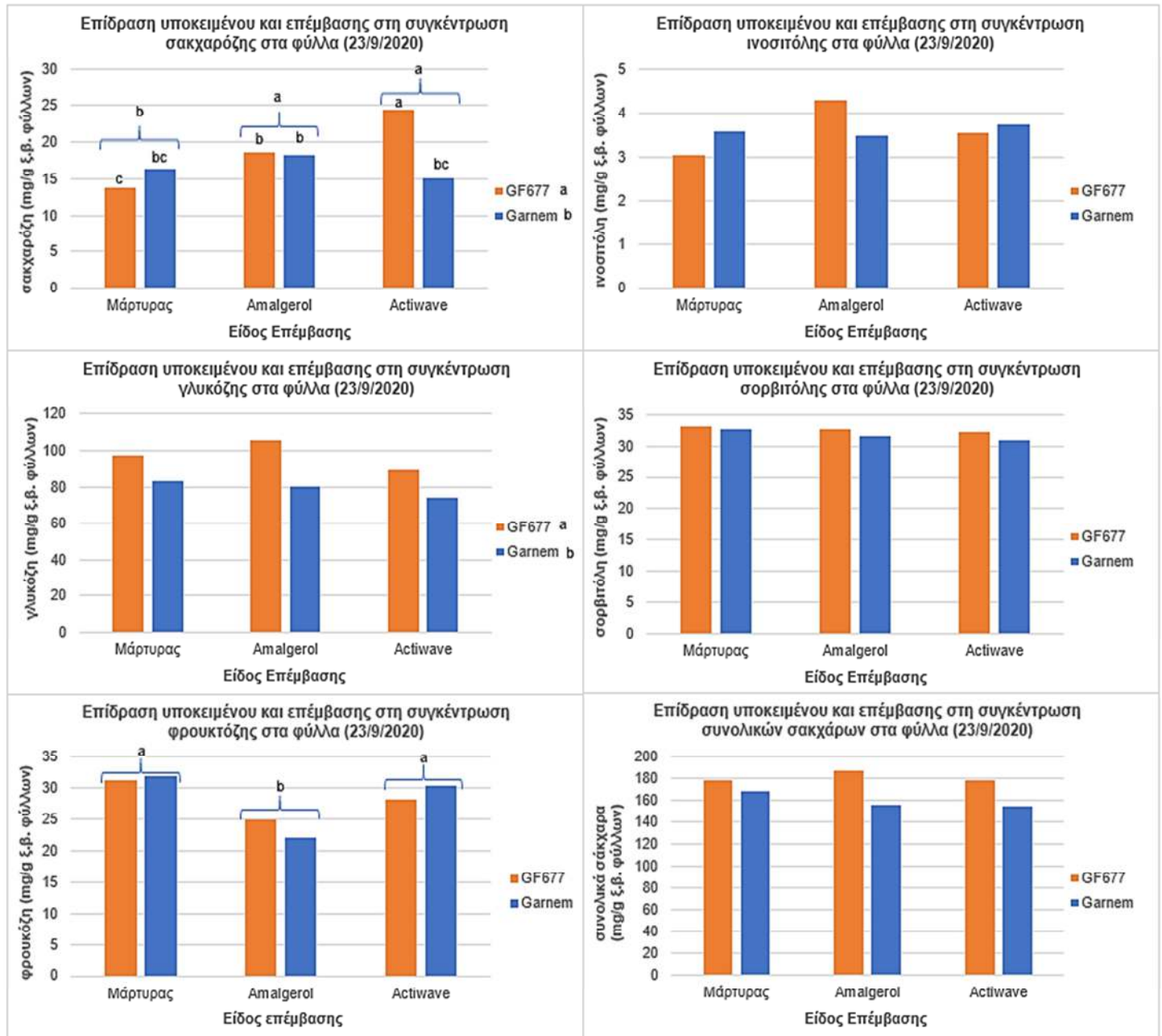
Στη συγκέντρωση της ινοσιτόλης δεν εμφανίστηκε κάποια στατιστική διαφορά μεταξύ των υποκειμένων ή των επεμβάσεων.



Σχήμα 14: Επίδραση υποκειμένου και είδους επέμβασης στις συγκεντρώσεις των σακχάρων στα φύλλα (mg σακχάρων ανά γραμμάριο ξηρού βάρους φύλλων) στη δεύτερη δειγματοληψία στις αρχές Σεπτεμβρίου

3.3.3 Τρίτη Δειγματοληψία

Στα αποτελέσματα της τρίτης δειγματοληψίας φύλλων το τελευταίο δεκαήμερο του Σεπτεμβρίου παρατηρήθηκαν περισσότερες διακυμάνσεις σε σχέση με



Σχήμα 15: Επίδραση υποκειμένου και είδους επέμβασης στις συγκεντρώσεις των σακχάρων στα φύλλα (mg σακχάρων ανά γραμμάριο ξηρού βάρους φύλλων) στην τρίτη δειγματοληψία το τελευταίο δεκαήμερο του Σεπτεμβρίου

την προηγούμενη τον ίδιο μήνα (Σχήμα 15).

Αναλυτικότερα, στη συγκέντρωση σακχαρόζης παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των υποκειμένων, μεταξύ των επεμβάσεων καθώς και αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους. Η συγκέντρωση της σακχαρόζης ήταν σημαντικά υψηλότερη στα φύλλα των δένδρων που εφαρμόστηκαν οι δύο βιοδιεγέρτες συγκριτικά με το μάρτυρα. Επιπροσθέτως, τα δένδρα εμβολιασμένα στο GF - 677 είχαν υψηλότερες συγκεντρώσεις σακχαρόζης στα φύλλα τους διαφέροντας στατιστικά από αυτά των δένδρων εμβολιασμένων στο Garnem. Ακόμη, παρατηρήθηκαν αλληλεπιδράσεις, σύμφωνα με τις οποίες η υδρολίπανση με Actiwave σε δένδρα εμβολιασμένα στο GF677 οδήγησε σε υψηλότερη συγκέντρωση σακχαρόζης στα φύλλα η οποία παρουσίασε σημαντική στατιστική διαφορά με όλα τα υπόλοιπα δένδρα. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις μετρήθηκαν στα δένδρα του μάρτυρα και στα δένδρα εμβολιασμένα στο Garnem που εφαρμόστηκε το Actiwave.

Οι συγκεντρώσεις της γλυκόζης στα φύλλα ήταν σημαντικά υψηλότερες στα δένδρα εμβολιασμένα στο GF677, συγκριτικά με αυτά στο Garnem.

Στη συγκέντρωση φρουκτόζης παρατηρήθηκε στατιστική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων, με τις τιμές να είναι υψηλότερες στα δένδρα του μάρτυρα και σε αυτά που εφαρμόστηκε το Actiwave συγκριτικά με το Amalgerol.

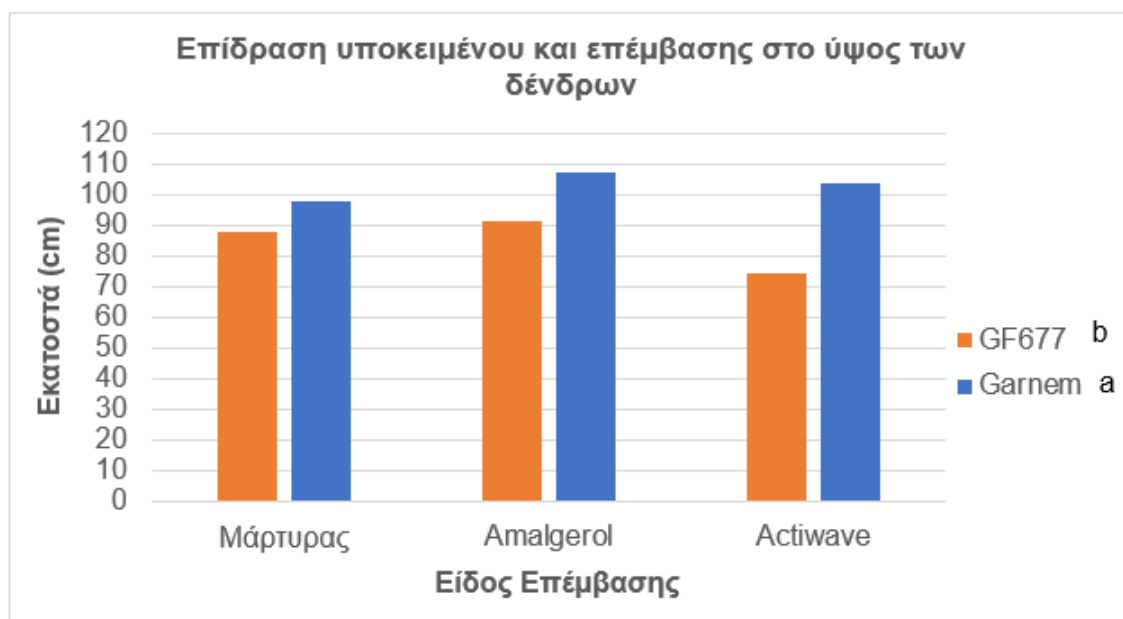
Στις συγκεντρώσεις των άλλων δύο σακχάρων δεν παρατηρήθηκε καμία στατιστική διαφορά όσον αφορά την επίδραση των υποκειμένων και των επεμβάσεων όπως και στη συγκέντρωση των συνολικών σακχάρων στα φύλλα.

3.4 Ύψος Δένδρων

Η διπαραγοντική ανάλυση των αποτελεσμάτων από τις μετρήσεις του ύψους των δένδρων έδειξε πως δεν υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων. Ωστόσο, παρουσιάστηκε σημαντική διαφορά μεταξύ των υποκειμένων στα οποία είναι εμβολιασμένη η ροδακινιά.

Το ύψος των δένδρων από την πρώτη διακλάδωση μέχρι το ανώτερο τμήμα του κορυφαίου βλαστού ήταν υψηλότερο σε εκείνα που έχουν ως υποκείμενο το Garnem, διαφέροντας στατιστικά από τα δένδρα εμβολιασμένα στο GF677.

Μάλιστα στις επεμβάσεις με τους βιοδιεγέρτες τα ύψη ήταν μεγαλύτερα από 1 m. (103,75 cm για Actiwave, και 107,5 cm για Amalgerol). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο σχήμα 16.



Σχήμα 16: Τα ύψη των δένδρων ροδακινιάς και η επίδραση του υποκειμένου και του είδους της επέμβασης σε αυτό

4. Συζήτηση – Συμπεράσματα

Η κλάση μηχανικής σύστασης του εδάφους που τοποθετήθηκε στις γλάστρες των δένδρων ροδακινιάς είναι η αμμοπηλώδης (SL). Πρόκειται για ένα έδαφος που ανήκει στα πηλώδη εδάφη (μέσης σύστασης) στο οποίο κυριαρχεί η άμμος και χαρακτηρίζεται ως μετρίως χονδρόκοκκο. Γενικά τα πηλώδη εδάφη σε σύγκριση με τις άλλες δύο ομάδες εδαφών (αμμώδη, αργιλώδη) έχουν μεγαλύτερη ικανότητα συγκράτησης νερού και θρεπτικών στοιχείων από τα αμμώδη ενώ υπερτερούν ως προς την ευκολία ανανέωσης του εδαφικού αέρα από τα αργιλώδη (Παναγιωτόπουλος, 2010). Με λίγα λόγια εμφανίζουν μόνο τις επιθυμητές ιδιότητες της άμμου και της αργίλου όντας τα καταλληλότερα εδάφη για γεωργική χρήση. Η καλύτερη κίνηση του εδαφικού νερού σε αυτά ευνοεί την καλύτερη στράγγιση, μειώνοντας τις πιθανότητες υδατοκορεσμού (waterlogging), φαινόμενο στο οποίο τόσο το GF677 όσο και το Garnem εμφανίζουν μεγάλη ευαισθησία (Byrne et al., 2012).

Η τιμές pH του εδάφους πριν και μετά την εφαρμογή της λίπανσης κυμαίνονται μεταξύ 7,52 και 7,68 και χαρακτηρίζονται ελαφρώς αλκαλικά, συμφωνώντας με την παρουσία CaCO_3 σε αυτά η οποία ξεπερνά το 20%. Το αλκαλικό περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσονται τα δένδρα καθώς και η υψηλή περιεκτικότητα του εδάφους σε ισοδύναμο ανθρακικό ασβέστιο υποδεικνύει την αναγκαιότητα και το σπουδαίο ρόλο των δύο υποκειμένων στην ανάπτυξη και στη θρέψη των δένδρων ροδακινιάς, στα οποία είναι εμβολιασμένη η ποικιλία Mercil. Η επιλογή κατάλληλων υποκειμένων αποτελεί μία από τις σημαντικότερες ενέργειες για την εγκατάσταση και τη διαχείριση της καλλιέργειας της ροδακινιάς. Ένας από τους βασικότερους στόχους της είναι

η αποφυγή της τροφοπενίας σιδήρου και η πρόκληση χλώρωσης στα φύλλα το οποίο θα έχει αρνητικό αντίκτυπο στην αύξηση και στη φυσιολογία των δένδρων. Στην προκειμένη περίπτωση το GF677 και το Garnem που έχουν αποδεδειγμένα πολύ καλή προσαρμοστικότητα σε αλκαλικές συνθήκες (Jimenez et al., 2008, Byrne et al., 2012, C. Font i Forcada et al., 2012) συνέβαλλαν στην απορρόφηση του σιδήρου καθώς και των υπόλοιπων ιχνοστοιχείων από το έδαφος, των οποίων η διαθεσιμότητα είναι μεγαλύτερη σε πιο όξινες συνθήκες.

Το ποσοστό της οργανικής ουσίας στο έδαφος πριν και μετά τις επεμβάσεις, είναι μεγαλύτερο του 11 % σε όλες τις περιπτώσεις, το οποίο είναι αποτέλεσμα της ενσωμάτωσης χωνεμένης κοπριάς στο έδαφος πριν τη μεταφύτευση των δένδρων. Η υψηλή περιεκτικότητα της οργανικής ουσίας επιδρά θετικά στην ανάπτυξη των φυτών, στις φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους. Κατά την αποδόμηση της οργανικής ύλης σχηματίζονται βιταμίνες, αμινοξέα, αυξίνες και γιββερελίνες οι οποίες συντελούν στην ανάπτυξη των φυτών όπως τα περιεχόμενα χουμικά και φουλβικά οξέα στον χούμο. Τονίζεται πως η οργανική ουσία είναι μια σημαντική αποθήκη θρεπτικών στοιχείων που τροφοδοτεί άμεσα αλλά και μακροχρόνια τα φυτά και τους μικροοργανισμούς με θρεπτικά στοιχεία.

Οι υψηλές τιμές ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων των εδαφών προήλθαν σε μεγάλο βαθμό από την ενσωμάτωση της κοπριάς, καθώς ο χούμος της οργανικής ύλης φέρει αρνητικά φορτία που επιτρέπουν τη συγκράτηση θρεπτικών κατιόντων του εδαφικού διαλύματος σε πρόσφορη ανταλλάξιμη μορφή τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα από τα φυτά (Brady and Weil, 1984/2008). Επισημαίνεται πως η I.A.K. αποτελεί μία από τις σημαντικότερες χημικές ιδιότητες του εδάφους αποτελώντας δείκτη γονιότητάς τους με μεγάλη σημασία για τη θρέψη των φυτών και εξαρτάται από την οργανική ουσία, το είδος και το ποσοστό της αργίλου. Λαμβάνοντας υπόψιν το υψηλό ποσοστό οργανικής ουσίας στο έδαφος πριν τις επεμβάσεις (12,3%), το ποσοστό της αργίλου (12,89%) και την τιμή της I.A.K. του εδάφους γίνεται κατανοητό πως η συνεισφορά της οργανικής ουσίας σε αυτή είναι σημαντικά μεγαλύτερη. Εκτιμήθηκε πως η συμβολή της οργανικής ουσίας στην I.A.K. είναι 24,6 από τα 38,52 meq/100 g εδάφους, δηλαδή ένα

ποσοστό 64%, συνυπολογίζοντας το συνολικό αρνητικό φορτίο (200 meq/100 g. εδάφους) των οργανικών κολλοειδών σε ουδέτερη τιμή pH. Επιπλέον οι αλκαλικές συνθήκες που επικρατούν, συμβάλλουν στη διατήρηση υψηλών επιπέδων της I.A.K. Για τους παραπάνω λόγους όλα τα μακροθρεπτικά και τα ιχνοστοιχεία βρίσκονται πάνω από τα όρια επάρκειας.

Η υψηλή αγωγιμότητα στο εδαφικό δείγμα πριν τις επεμβάσεις πιθανόν να προκλήθηκε από χρόνια χρήση χημικών λιπασμάτων. Ωστόσο με την εγκατάσταση του αρδευτικού συστήματος και την διεξαγωγή τακτικών ποτισμάτων σε συνδυασμό με τις βροχοπτώσεις στην περιοχή του Κεραμεικού, πραγματοποιήθηκε έκπλυση αλάτων (leaching) από την περιοχή της ριζόσφαιρας αποτρέποντας πιθανά προβλήματα όπως η μείωση του ωσμωτικού δυναμικού του εδαφικού νερού.

Στις υπόλοιπες φυσικές (οργανική ουσία) και χημικές ιδιότητες του εδάφους (pH, CaCO_3) δεν υπήρξαν μεταβολές σε καμία μεταχείριση. Η διαφορετική ανάπτυξη των δύο υποκειμένων γενικότερα μπορεί να έχει συνέπειες στη διαφοροποίηση των τιμών pH του εδαφικού διαλύματος και στην οργανική ουσία του εδάφους. Ωστόσο στην προκειμένη περίπτωση δεν παρατηρήθηκε κάποια επίδραση από αυτά ούτε από τους δύο βιοδιεγέρτες.

Όλα τα θρεπτικά στοιχεία στο έδαφος τόσο τα μακροθρεπτικά όσο και τα ιχνοστοιχεία βρίσκονται σε πλήρη επάρκεια καθώς οι συγκεντρώσεις τους είναι ιδιαίτερα υψηλές. Το γεγονός αυτό είναι απόρροια της εφαρμογής χημικών υδατοδιαλυτών λιπασμάτων κατά τη διάρκεια της βλαστητικής περιόδου της ροδακινιάς σε συνδυασμό με τα υψηλά ποσοστά οργανικής ουσίας στο έδαφος των δένδρων.

Η συμμετοχή των βιοδιεγερτών στο πρόγραμμα λίπανσης των δένδρων είχε επίδραση στις συγκεντρώσεις του αμμωνιακού αζώτου και ορισμένων ιχνοστοιχείων. Τα εδάφη στα οποία εφαρμόστηκαν οι βιοδιεγέρτες μέσω της υδρολίπανσης παρουσιάστηκαν υψηλότερες συγκεντρώσεις αμμωνιακών μορφών αζώτου ($\text{NH}_4\text{-N}$) με υψηλότερη στην εφαρμογή του Amalgerol. Ο λόγος ενδεχομένως να είναι οι περιεχόμενες αμίνες και τα αμινοξέα στα εκχυλίσματα φυκιών τα οποία αποτελούν τη βάση της σύνθεσής τους.

Ειδικότερα, η διάσπαση των συγκεκριμένων οργανικών ενώσεων του αζώτου απέφερε απλά ανόργανα ιόντα στο έδαφος μεταξύ αυτών και τα αμμωνιακά.

Οι συγκεντρώσεις του διαθέσιμου σιδήρου ήταν σημαντικά υψηλότερες στις επεμβάσεις με το Actiwane ανεξαρτήτως υποκειμένου συγκριτικά με το Amalgerol και λιγότερο με τα δένδρα του μάρτυρα. Κατά πάσα πιθανότητα το συγκεκριμένο εύρημα οφείλεται στην καϋδρίνη, το συστατικό στη σύνθεση του Actiwane που προκάλεσε την έκκριση H^+ στον ελεύθερο χώρο της ρίζας των υποκειμένων (αποπλάστης) και τη δημιουργία όξινων συνθηκών στη ριζόσφαιρα με αποτέλεσμα τη διαλυτοποίηση του αδιάλυτου τρισθενούς σιδήρου (Fe^{3+}) και μετατροπή του σε δισθενή (Fe^{2+}) ο οποίος είναι υδατοδιαλυτός και διαθέσιμος για πρόσληψη από τα δένδρα. Επιπλέον, οι μορφές χηλικού σιδήρου (FeEDDHA) στο σκεύασμα συνέβαλαν στην αυξημένη διαθεσιμότητά του. Το συγκεκριμένο θρεπτικό στοιχείο χρήζει ιδιαίτερης αναφοράς καθώς η ροδακινιά θεωρείται ευαίσθητη στην τροφопενία σιδήρου και περισσότερο από άλλα σπρωροφόρα δένδρα (Johnson, 2008). Το φαινόμενο αυτό είναι πάρα πολύ συχνό και αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα στους σπρωρώνες ειδικά στις χώρες της Μεσογείου συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας, όπου κυριαρχούν αλκαλικά και ασβεστούχα εδάφη.

Οι συγκεντρώσεις διαθέσιμου χαλκού στο έδαφος ήταν υψηλότερες στα δένδρα του μάρτυρα διαφέροντας από τα δένδρα στα οποία εφαρμόστηκαν επεμβάσεις. Πιθανή ερμηνεία σε αυτό η αλληλεπίδραση και ο ανταγωνισμός με το σίδηρο του οποίου οι συγκεντρώσεις στα εδάφη που δεν εφαρμόστηκαν οι βιοδιεγέρτες είναι χαμηλότερες. Στα άλλα δύο μελετούμενα ιχνοστοιχεία (Mn, Zn) δεν παρατηρήθηκε επίδραση των σκευασμάτων.

Όσον αφορά τις συγκεντρώσεις των θρεπτικών στα φύλλα, δεν παρατηρήθηκε καμία τροφопενία με τα περισσότερα στοιχεία να βρίσκονται εντός του εύρους επάρκειας. Σε αυτό μάλιστα συνέβαλε και η αφαίρεση των αναπτυσσόμενων καρπών από τα δένδρα στις αρχές του καλοκαιριού καθώς αποφεύχθηκε η δημιουργία ανταγωνισμού σε θρεπτικά.

Ειδικότερα, οι συγκεντρώσεις του αζώτου και του φωσφόρου στα φύλλα των δένδρων ήταν μέσα στο εύρος επάρκειας που επιτρέπει την ικανοποιητική

ανάπτυξη της ροδακινιάς και εξασφαλίζει τη μέγιστη αποδοτικότητά της. Η μεγάλη περιεκτικότητα σε υπολειμματικό άζωτο ($\text{NO}_3\text{-N}$) στο έδαφος οδήγησε στην απορρόφησή του από τα δένδρα σε όλα τα είδη των επεμβάσεων. Παρομοίως και ο φώσφορος με το GF - 677 ωστόσο να συμβάλλει στην καλύτερη απορρόφησή του συγκριτικά με το Garnem, δείχνοντας να ανταποκρίνεται καλύτερα στις αλκαλικές συνθήκες του εδάφους και την αυξημένη περιεκτικότητα CaCO_3 . Τονίζεται πως περίσσεια ανθρακικού ασβεστίου στο έδαφος μειώνει σημαντικά τη αφομοιωσιμότητα του φωσφόρου (Hopkins and Ellsworth, 2005) με την ισχυρή δέσμευση φωσφορικών ανιόντων στα άλατα του ασβεστίου και το σχηματισμό συμπλόκων. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται συχνά σε εδάφη τιμή pH μεγαλύτερη του 7,5.

Η επίδραση του υποκειμένου φάνηκε και στις συγκεντρώσεις καλίου στα φύλλα με τα δένδρα εμβολιασμένα στο Garnem να αφομοιώνουν σημαντικά μεγαλύτερες ποσότητες του στοιχείου από το έδαφος.

Τα ποσοστά των συγκεντρώσεων του ασβεστίου, μαγνησίου και νατρίου βρίσκονται και αυτά στη ζώνη επάρκειας δίχως να επηρεάζονται από το είδος επέμβασης ή το υποκείμενο.

Οι συγκεντρώσεις σιδήρου στα φύλλα ροδακινιάς ήταν σε όλες τις περιπτώσεις πάνω από τα όρια επάρκειας και σημαντικά υψηλότερες στα δένδρα που εφαρμόστηκε υδρολίπανση με βιοδιεγέρτες, ακολουθώντας την αυξημένη διαθεσιμότητα του στοιχείου στο έδαφος στις συγκεκριμένες δύο επεμβάσεις. Το αντίκτυπο στις συγκεντρώσεις σιδήρου στα φύλλα των εκχυλισμάτων από φύκη είναι παρόμοιο με τα ευρήματα από τους (Chouliaras et al., 2009) που χρησιμοποίησε ωστόσο διαφυλλική εφαρμογή βιοδιεγέρτη σε δένδρα ελιάς.

Ο ψευδάργυρος βρίσκεται κι αυτός σε υψηλά επίπεδα στα φύλλα των δένδρων ροδακινιάς σε όλες τις επεμβάσεις χωρίς να επηρεάζεται φανερά από την εφαρμογή των βιοδιεγερτών και το υποκείμενο. Η ενσωμάτωση κοπριάς και το περιεχόμενο των χημικών λιπασμάτων που εφαρμόστηκαν εξασφάλισε την επάρκεια του στοιχείου.

Οι συγκεντρώσεις των άλλων δύο μελετώμενων ιχνοστοιχείων φάνηκε να επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από το υποκείμενο. Συγκεκριμένα, οι

συγκεντρώσεις του χαλκού και του μαγγανίου ήταν υψηλότερες στα φύλλα των δένδρων εμβολιασμένα στο GF677 σε σχέση με αυτά στο Garnem, με τις συγκεντρώσεις του μαγγανίου μάλιστα στη δεύτερη περίπτωση να είναι οριακά κάτω από το εύρος επάρκειας της ροδακινιάς. Η συνεισφορά του GF677 στην απορρόφηση του μαγγανίου χρήζει ιδιαίτερης αναφοράς συνυπολογίζοντας την μειωμένη διαθεσιμότητα των ιχνοστοιχείων (εξαιρουμένου του μολυβδαίνιου) σε αλκαλικές συνθήκες.

Όσον αφορά τις επιδράσεις στο ύψος των δένδρων ροδακινιάς, τα δένδρα εμβολιασμένα στο Garnem είχαν σημαντικά μεγαλύτερο ύψος συγκριτικά με αυτά στο GF677. Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν την μεγάλη ζωηρότητα του υποκειμένου που έχει αναφερθεί από τον (Felipe, 2009) και σε προηγούμενες επιστημονικές μελέτες (i Forcada et al., 2012, Yahmed et al., 2016, Zrig et al., 2016) επιδρώντας στο πάχος του κορμού και στο μήκος των βλαστών. Οι περιεχόμενες φυτοορμόνες όπως οι κυτοκινίνες και οι αυξίνες στα εκχυλίσματα από φύκη οι οποίες προάγουν τις κυτταροδιαίρέσεις, φάνηκε πως δεν είχαν σημαντική επίδραση στην αύξηση των δένδρων.

Η ζωηρότητα του υποκειμένου παρουσίασε αντίκτυπο και στο κομμάτι της φωτοσύνθεσης με τα δένδρα εμβολιασμένα στο GF677 να παρουσιάζουν σημαντικά μεγαλύτερη φωτοσυνθετική ικανότητα από αυτά του Garnem στα τέλη Σεπτεμβρίου. Στις άλλες δύο μετρήσεις του καλοκαιριού δεν σημειώθηκε διαφορά στην επίδραση της υδρολίπανσης με ή χωρίς τους βιοδιεγέρτες. Παρόλα αυτά οι τιμές της φωτοσυνθετικής ικανότητας είναι σε όλες τις μετρήσεις χαμηλές συνυπολογίζοντας και τιμές από πρόσφατες μελέτες (Jimenez et al., 2020) υπό συνθήκες καταπόνησης. Εικάζεται πως η μειωμένη φωτοσυνθετική ικανότητα οφείλεται κατά ένα μέρος στις περιβαλλοντικές συνθήκες της περιοχής.

Οι περισσότερες διαφορές μεταξύ των επιδράσεων των υποκειμένων και των επεμβάσεων του πειράματος παρατηρήθηκαν στις συγκεντρώσεις σακχάρων των φύλλων που ελήφθησαν στις τρεις διαφορετικές ημερομηνίες. Η μεγαλύτερη αφορά τη συγκέντρωση σακχαρόζης στα φύλλα των δένδρων η οποία παρουσιάζεται και στις τρεις δειγματοληψίες. Πιο συγκεκριμένα στις δύο δειγματοληψίες του Σεπτεμβρίου η συμμετοχή των βιοδιεγερτών στην

υδρολίπανση των δένδρων είχε ως αποτέλεσμα την υψηλότερη συγκέντρωση σακχαρόζης στα φύλλα με μεγαλύτερες στην επέμβαση με το Actiwave. Το συγκεκριμένο εύρημα μπορεί να χαρακτηριστεί μεγάλης σημασίας καθώς η σακχαρόζη είναι το κύριο συστατικό που κινείται μέσω των αγγείων του ηθμού στους καρπούς στους οποίους συσσωρεύεται κατά την περίοδο της ωρίμανσης (Zanon et al., 2014). Επιπλέον, η σακχαρόζη μέσω του ηθμού μεταφέρεται σε μεγάλες αποστάσεις μέσα στο φυτό και στα υπόλοιπα όργανα που δεν διαθέτουν φωτοσυνθετικούς ιστούς όπως οι ρίζες, τα άνθη και τα σπέρματα.

Η επίδραση του συγκεκριμένου βιοδιεγέρτη φάνηκε και στη συγκέντρωση φρουκτόζης το Σεπτέμβριο διατηρώντας την στα ίδια περίπου επίπεδα με τα δένδρα του μάρτυρα διαφέροντας σημαντικά από τα δένδρα που εφαρμόστηκε το Amalgerol. Η αύξηση στη συγκέντρωση των σακχάρων στα φύλλα στην προκειμένη περίπτωση φαίνεται να μην προήλθε από την αύξηση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας όπως φάνηκε από τις μετρήσεις. Επισημαίνεται σε πειραματικές μελέτες πως η αύξηση της σύνθεσης των σακχάρων στα φύλλα των φυτών στα οποία έχουν εφαρμοστεί βιοδιεγέρτες με περιεχόμενα εκχυλίσματα από φύκη, στηρίζεται και στην αύξηση του περιεχόμενου της χλωροφύλλης. Το γεγονός ότι δεν σημειώθηκε κάποια σημαντική αύξηση στις συγκεντρώσεις της φρουκτόζης από το Actiwave δεν επιβεβαιώνει τα αποτελέσματα άλλων ερευνών (Ertani et al., 2018) για το είδος *Ascophyllum Nodosum* που περιέχεται στο σκεύασμα. Σημειώνεται ωστόσο πως και στην παραπάνω έρευνα υπήρχε περίπτωση στην οποία παρατηρήθηκε μείωση των συγκεντρώσεων φρουκτόζης στα φύλλα όπως και στο πείραμα της διπλωματικής με το Amalgerol.

Η σορβιτόλη έχει μεγάλη σημασία για τη φυσιολογία της ροδακινιάς καθώς είναι η κύρια πηγή υδατανθράκων για την αύξηση διαφόρων οργάνων όπως τα ακρορίζια και τα νεαρά φύλλα (Moing et al., 1992) και ένα από τα κυριότερα παράγωγα φωτοσύνθεσης στα περισσότερα είδη των Rosaceae. Οι συγκεντρώσεις της στα φύλλα δεν επηρεάστηκαν από την εφαρμογή των δύο βιοδιεγερτών, οι οποίες μάλιστα ήταν υψηλότερες στα δένδρα του μάρτυρα στις αρχές Σεπτεμβρίου.

Τα δύο υποκείμενα επίδρασαν το φθινόπωρο, στις συγκεντρώσεις των περισσότερων σακχάρων με τα δένδρα εμβολιασμένα στο Garnem να έχουν υψηλότερες συγκεντρώσεις γλυκόζης, φρουκτόζης, σορβιτόλης και συνολικών σακχάρων στις αρχές Σεπτεμβρίου. Από την άλλη, τρεις εβδομάδες μετά τα δένδρα στο GF677 παρουσίασαν υψηλότερες συγκεντρώσεις σακχαρόζης και γλυκόζης στα φύλλα. Μια πιθανή εξήγηση για την μείωση της γλυκόζης είναι η κατανάλωσή της κατά τη διαδικασία της αναπνοής για την παραγωγή ATP και την ενεργή μεταφορά θρεπτικών στοιχείων.

Συμπερασματικά, οι κυριότερες επιδράσεις των βιοδιεγερτών συνοψίζονται καταρχάς στην αύξηση της συγκέντρωσης του διαθέσιμου σιδήρου στο έδαφος και των συγκεντρώσεών του ιχνοστοιχείου στα φύλλα των δένδρων. Το συγκεκριμένο εύρημα αντανακλά τη συμβολή των βιοδιεγερτών και εδαφοβελτιωτικών στη θρέψη της ροδακινιάς η οποία είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη σε συνθήκες έλλειψης σιδήρου. Σε αυτό συνυπολογίζεται και ο καταλυτικός ρόλος του στοιχείου για τη φυσιολογία και συγκεκριμένα στην αναπνευστική λειτουργία. Μια πιθανή ανεπάρκεια του σιδήρου ενδέχεται να οδηγήσει σε μείωση της έντασης της αναπνοής και τον επακόλουθο περιορισμό της ποσότητας της ενέργειας που είναι απαραίτητη για τη σύνθεση αμινοξέων, πρωτεϊνών και νουκλεϊκών οξέων (Αναλογίδης, 2000). Επιπροσθέτως, η αύξηση των συγκεντρώσεων αμμωνιακού αζώτου συνεισφέρει στην επάρκεια του συγκεκριμένου στοιχείου σε ανόργανη μορφή στο έδαφος. Με τις κατάλληλες συνθήκες στο εδαφικό διάλυμα τα αμμωνιακά ιόντα οξειδώνονται σε νιτρικά (νιτροποίηση) και καθίσταται διαθέσιμα για τα δένδρα. Με αυτό τον τρόπο αυξάνεται έμμεσα η συγκέντρωση υπολειμματικού αζώτου στο έδαφος.

Εκτός από το κομμάτι της θρέψης η σημαντικότερη επίδραση των εκχυλισμάτων από φύκη αφορά τον τομέα της φυσιολογίας και τη συγκέντρωση σακχαρόζης στα φύλλα ειδικά στις δειγματοληψίες το μήνα Σεπτέμβριο. Ο συγκεκριμένος δισακχαρίτης έχει μεγάλη σημασία για τη ροδακινιά καθώς μετακινείται μέσω του ηθμού σε διάφορα όργανα ενώ μαζί με τους μονοσακχαρίτες γλυκόζη και φρουκτόζη, αποτελούν τα κύρια περιεχόμενα σάκχαρα στους καρπούς σε αναλογία 3:1:1 (Genard et al., 2003).

Η επίδραση των δύο υποκειμένων ήταν εμφανής στην απορρόφηση του καλίου και ορισμένων ιχνοστοιχείων, στη βλαστητική αύξηση των δένδρων, στη φωτοσυνθετική ικανότητα καθώς και σε ορισμένα σάκχαρα στα φύλλα. Τα προαναφερθέντα αποτελούν αποτελέσματα της ζωνηρότητάς τους και των ανταποκρίσεών τους σε αλκαλικές συνθήκες.

Όσον αφορά τον τρόπο εφαρμογής των σκευασμάτων, η συμμετοχή των βιοδιεγερτών στο πρόγραμμα υδρολίπανσης φάνηκε πως επιδρά θετικά στις παραμέτρους που αναλυθήκαν προηγουμένως. Η συγκεκριμένη μέθοδος έχει εφαρμοστεί σε προηγούμενες επιστημονικές μελέτες σε μικρότερη κλίμακα συγκριτικά με τους διαφυλλικούς ψεκασμούς. Παρόλο που ένας ψεκασμός στο φύλλωμα των δένδρων ενδεχομένως να εξασφαλίσει την άμεση πρόσληψη των θρεπτικών στοιχείων από τα φυτά, η υδρολίπανση πλεονεκτεί όσον αφορά το κόστος και την ταχύτητα εφαρμογής. Ειδικά όταν πρόκειται για οπωρώνες μεγαλύτερης έκτασης με δένδρα που έχουν μεγαλύτερη δυναμική παραγωγής, η χρήση υδατοδιαλυτών λιπασμάτων και σκευασμάτων στα δένδρα μέσω του εγκατεστημένου αρδευτικού δικτύου.

5. Βιβλιογραφία

5.1 Διεθνής Βιβλιογραφία

AL-MAHDI A.B.M., AL-BAYATY N.M. & ABAID A.K. (2019). Effect of the Bio-stimulator Amalgerol in some Growth and Yield Properties of Two Sweet Pepper (*Capsicum annum L.*) Varieties. *Basrah J. Agric. Sci.*, 32 (Special Issue): 163-169.

BONOMELLI C., CELIS V., LOMBARDI G. and MARTIZ J. (2018). Salt Stress Effects on Avocado (*Persea americana Mill.*) Plants with and without Seaweed Extract (*Ascophyllum nodosum*) Application. *Agronomy* 2018, 8, 64.

BRADACOVA K., WEBER N.F., MORAD-TALAB N., ASIM M., IMRAN M., WEINMANN M., et al. (2016). Micronutrients (Zn/Mn), seaweed extracts, and plant growth-promoting bacteria as cold-stress protectants in maize. *Chem Biol Technol Agric.* 3(1):19

BRADY N.C. and WEIL R.R. (2008). *Nature and Properties of Soils, The*, 14th Edition. Published by Pearson Education Ltd., Harlow, UK.

BYRNE, D.H., RASEIRA B. M., BASSI D., PIAGNANI M.C., GASIC K., REIGHARD G.L. et al. (2012). Peach (Chapter 14). *Badenes M.L. and Byrne D.H. (Eds.), Fruit Breeding* (pp. 505-570). New York: Springer

CEVALLOS-CASALS, B., BYRNE D.H., OKIE, W.R. and CISNEROS-ZEVALLOS, L. (2006). Selecting new peach and plum genotypes rich in phenolic compounds and enhanced functional properties. *Food Chem.* 96: 273-280.

CHOULIARAS V., TASIOULA M., CHATZISSAVVIDIS C., THERIOS I. and TSABOLATIDOU E. (2009). The effects of a seaweed extract in addition to nitrogen and boron fertilization on productivity, fruit maturation, leaf nutritional status and oil quality of the olive (*Olea europaea* L.) cultivar Koroneiki. *J Sci Food Agric*, 89: 984-988.

DOS REIS S.P., Lima A.M., DE SOUZA C.R.B. (2012) Recent molecular advances on downstream plant responses to abiotic stress. *Int. J. Mol. Sci.*, 13, 8628–8647

DROBEK M., FRAC M. and CYBULSKA J. (2019). Plant Biostimulants: Importance of the Quality and Yield of Horticultural Crops and the Improvement of Plant Tolerance to Abiotic Stress-A Review. *Agronomy* 9, 335.

DU JARDIN P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae* 196, 3-14.

ERTANI A., SAMBO P., NICOLETTO C., SANTAGATA S., SCHIAVON M. and NARDI S. (2015). The use of organic biostimulants in hot pepper plants to help low input sustainable agriculture. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* 2:11.

ERTANI A., FRANCIOSO O., TINTI A., SCHIAVON M., PIZZEGHELLO D. and NARDI S. (2018). Evaluation of Seaweed Extracts From *Laminaria* and *Ascophyllum nodosum* spp. as Biostimulants in *Zea mays* L. Using a Combination of Chemical, Biochemical and Morphological Approaches. *Front. Plant Sci.* 9:428. doi: 10.3389/fpls.2018.00428

FELIPE A. (2009). 'Felinem', 'Garnem' and 'Monegro' almond x peach hybrid rootstocks. *HortScience* 44, 196-197.

FILATOV, V. P. (1951b). Tissue treatment. (Doctrine on biogenic stimulators). II. Hypothesis of tissue therapy, or the doctrine on biogenic stimulators. *Priroda* 12, 20–28.

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.

GURAV, R.G., and JADHAV, J.P. (2013). A novel source of biofertilizer from feather biomass for banana cultivation. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 20, 4532-4539.

HOPKINS B. and ELLSWORTH J. (2005). Phosphorus Availability with Alkaline/Calcareous Soil. *Western Nutrient Management Conference*. Vol. 6, Salt Lake City, UT.

HUMBLE G.D. and HSIAO T.C. (1969) Specific Requirement of Potassium for Light-Activated Opening of Stomata in Epidermal Strips, *Plant Physiol.* 44, 230-234.

I FORCADA C.F., GOGORCENA Y., MORENO M.A. (2012). Agronomical and fruit quality traits of two peach cultivars on peach-almond hybrid rootstocks growing on Mediterranean conditions. *Scientia Horticulturae* 140, 157-163.

JIMENEZ S., DRIDI J., GUTIERREZ D., MORET D., IRIGOYEN J.J., MORENO M.A. and GOGORCENA Y. (2013). Physiological, biochemical and molecular responses in four *Prunus* rootstocks submitted to drought stress. *Tree Physiology*, Vol. 33, 1061-1075.

JIMENEZ S., PINOCHET J., ABADIA A., MORENO M.A., GOGORCENA Y., (2008). Tolerance response to iron chlorosis of *Prunus* selections as rootstocks. *HortScience* 43, 304–309.

JOHNSON R.S. (2008). Nutrient and Water Requirements of Peach Trees. In *The Peach: Botany, Production and Uses*; Layne, D.R., Bassi, D., Eds.; CABI: Wallingford, UK, pp. 303–331.

KAUFFMAN, G.L., KNEIVEL, D.P., WATSCHKE, T.L., (2007). Effects of a Biostimulant on the Heat Tolerance Associated with Photosynthetic Capacity, Membrane Thermostability, and Polyphenol Production of Perennial Ryegrass, *Crop Sci.* 47, 261-267.

KHAN W., RAYIRATH U.P., SUBRAMANIAN S., JITHESH M.N., RAYORATH P., HODGES D.M. et al. (2009) Seaweed Extracts as Biostimulants of Plant Growth and Development, *J Plant Growth Regul*, 28:386-399.

KUNICKI E, GRABOWSKA A, SEKARA A, WOJCIECHOWSKA R. (2010). The effect of cultivar type, time of cultivation, and biostimulant treatment on the yield of spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Folia Hortic*. 22:9 – 13.

LEE R.R. (2008). *Phycology*. Cambridge University Press, Cambridge

LEGUA P., PINOCHET J., MORENO M.A., MARTINEZ J.J., HERNANDEZ F. (2012). *Prunus* hybrids rootstocks for flat peach. *Sci. Agric*. v. 69 n.1, p. 13-18.

MANAF H.H. (2016). Beneficial effects of exogenous selenium, glycine betaine and seaweed extract on salt stressed cowpea plant. *Annals of Agricultural Sciences* 61(1), 41-48.

MANCUSO S, AZZARELLO E, MUGNAI S, BRIAND X. (2006). Marine bioactive substances (IPA extract) improve foliar ion uptake and water stress tolerance in potted *Vitis vinifera* plants. *Adv Hortic Sci*. 20(2):156–61.

MOING A., CARBONNE F., RASHAD M.H. and GAUDILLERE J.P. (1992). Carbon Fluxes in Mature Peach Leaves. *Plant Physiol*. 100, 1878-1884.

NEMETH T., HORVATH J. and KUCSERA S. (2016). Effect of the soil and plant conditioner Amalgerol on peppers grown in monoculture on high salinity soil in a protected cultivation system. *Agrokémia és Talajtan* 65(1):63-77.

OKIE, W.R. (1998) *Handbook of Peach and Nectarine Varieties: Performance in the Southeastern United States and Index of Names*. U.S. Dept. of Agric., Ag. Handbook No. 714.

PRAKASH, S. and NIKHIL, K. (2014). Algae as a Soil Conditioner. *IJETR*, Vol. 2, Iss. 4.

RAYIRATH P, BENKEL B, MARK HODGES D, ALLAN-WOJTAS P, MACKINNON S, CRITCHLEY AT, et al. (2009) Lipophilic components of the brown seaweed, *Ascophyllum nodosum*, enhance freezing tolerance in *Arabidopsis thaliana*. *Planta*. 2009;230(1):135–47

ROUSSOS P.A., DENAXA N. & DAMVAKARIS T. (2009). Strawberry fruit quality attributes after application of plant growth stimulating compounds. *Scientia Horticulturae*, 119(2), 138-146.

RUFATO L., RUFATO A.R., KRETZSCHMAR A.A., PICOLOTTO, L., FACHINELLO, J.C. (2007). Crop covers in the vegetative development of peach trees. *Rev. Bras. Frutic.* 29(1): 107-109.

SAA S., OLIVOS-DEL RIO A., CASTRO S. and BROWN P.H. (2015) Foliar application of microbial and plant based biostimulants increases growth and potassium uptake in almond (*Prunus dulcis* [Mill.] D.A. Webb), *Frontiers in Plant Science*, Vol 6, Article 87.

SHAABAN M.M. (2001). Nutritional Status and Growth of Maize Plants as Affected by Green Microalgae as Soil Additives. *Online Journal of Biological Sciences* 1 (6): 475-479.

SHINDE, R., SARKAR, P.K., and THOMBARE, N. (2019). Soil conditioners. *Agriculture & Food: e-Newsletter*, 1(10): 1-5.

SIVASANKARI S., VENKATESALU V., ANANTHARAJ M. and CHANDRASEKARAN M. (2006). Effect of seaweed extracts on the growth and biochemical constituents of *Vigna sinensis*. *Bioresource Technology* 97: 1745-1751.

SPANN T.M. and LITTLE H.A. (2011). Applications of a Commercial Extract of the Brown Seaweed *Ascophyllum nodosum* Increases Drought Tolerance in Container-grown 'Hamlin' Sweet Orange Nursery Trees, *HortScience* 46(4):577-582.

SPINELLI F., FIORI G., NOFERINI M., SPROCATTI M. and COSTA G. (2009). Perspectives on the use of a seaweed extract to moderate the negative effects of alternate bearing in apple trees. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 84(6): 131-137.

SPINELLI F., FIORI G., NOFERINI M., SPROCATTI M. and COSTA G. (2010). A novel type of seaweed extract as a natural alternative to the use of iron chelates in strawberry production. *Scientia Horticulturae*, 125, 263–269.

STYLIANIDES D.C., SYRGIANIDIS G.D., ALMALIOTIS D. (1988) The peach rootstocks: a review of bibliography with relative observations in Greece. *Agric. Technol.* 12, 34-69.

SUJANYA S. And S. CHANDRA S. (2012) Effect of biological agent as suitable for chemical seed treatment on groundnut cultivation, *IJCS New liberty group*, pp- 178- 183.

TAIZ L., ZEIGER E. (1998) *Plant Physiology*. Sinauer Associates, Inc, New York.

TASIOULA-MARGARI M., STAMATAKOS G., CHATZISSAVVIDIS C., MANTZOUTSOS I., CHYTIRI A. and CHOULIARAS V. (2011) The effect of commercial seaweed extracts and commercial liquid organic nitrogen foliar sprays on productivity, oil quality and nutritional status of the olive cultivar 'Mastoidis'. Conference: Olivebioteq 2011, 4th International conference on 'Olive Culture and Biotechnology of Olive Tree Products, Vol 2: 475-479.

TSIPOURIDIS C., THOMIDIS T. (2005). Effect of 14 peach rootstocks on the yield, fruit quality, mortality, girth expansion and resistance to frost damages of 'May Crest' peach variety and their susceptibility to *Phytophthora citrophthora*. *Scientia Horticulturae* 103: 421-428.

TUHY L., SAEID A. and CHOJNACKA K. (2020) *Algae Fertilizers (Chapter 5)*. *Encyclopedia of Marine Biotechnology*, Edited by Se-Kwon Kim, Vol. 1, John Wiley and Sons Ltd, Hoboken, USA.

TURAN, M., KOSE, C., 2004. Seaweed extracts improve copper uptake of grapevine. *Acta Agric. Scand. Plant Sci.* 54, 213–220.

VAN OOSTEN M., PEPE O., DE PASCALE S., SILLETTI S. and MAGGIO A. (2017). The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* (2017) 4:5.

VERNIERI P., BORGHESI E., TOGNONI F., SERRA G., FERRANTE A., PIAGESSI A. (2006). Use of biostimulants for reducing nutrient solution concentration in floating system. *Acta Hortic.* 718, 477-484.

VON-BENNEWITZ, E. and HLUSEK J. (2006). Effect of the application of two biopreparations on the nutritional status, vegetative and generative behaviour of Jonagold apple trees. *Acta Horticulturae*, 721: 129-136.

YAHMED B. J.; GHRAB, M., BEN MIMOUN, M.B. (2016). Eco-physiological evaluation of different scion-rootstock combination of almond grown in Mediterranean conditions. *Fruits*, Vol:71 (3), 185–193.

YAKHIN O., I., LUBYANOV A., A., YAKHIN I. A., and BROWN P. H. (2017). Biostimulants in plant science: a global perspective. *Front. Plant Sci.* 7, 2049

YAO Y., WANG X., CHEN B., ZHANG M. and MA J. (2020) Seaweed Extract Improved Yields, Leaf Photosynthesis, Ripening Time, and Net Returns of Tomato (*Solanum lycopersicum* Mill.) *ACS Omega* 5, 4242–4249. doi: 10.1021/ascomega.9b04155.

ZANON L., FALCHI R., SANTI S. and VIZZOTTO G. (2014). Sucrose transport and phloem unloading in peach fruit: potential role of two transporters localized in different cell types. *Physiologia Plantarum* 154: 179-193.

ZARROYK O., GOGORCENA Y., GOMEZ-APARISI J., BETRAN J.A., MORENO M.A. (2005). Influence of almond x peach hybrids rootstocks on flower and leaf mineral concentration, yield and vigour of two peach cultivars. *Scientia Horticulturae* 106, 502-514.

ZRIG A., MOHAMED H.B., TOUNEKTI T., KHEMIRA H., SERRANO M., VALERO D. and VADEL A.M. (2016). Effect of rootstock on salinity tolerance of sweet almond (cv. Mazzetto). *South African Journal of Botany* 102, 50-59.

5.2 Ελληνική Βιβλιογραφία

Αναλογίδης Δ.Α. (2000), Έδαφος, Θρεπτικά Στοιχεία και Φυτική Παραγωγή. Αθήνα, Εκδόσεις ΑγρόΤυπος ΑΕ.

Βασιλακάκης Μ. (2016). Γενική και Ειδική Δενδροκομία. Εκδόσεις Άγι – Σάββα Δ. Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη, Ελλάς, Ε.Υ.

Γασπαράτος Δ., Καβασίλης Στ., Γιαννακοπούλου Φ., (2011). Ασκήσεις Γενικής Εδαφολογίας. Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων & Γεωργικής Μηχανικής, Τομέας Εδαφολογίας & Γεωργικής Χημείας, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.

Παναγιωτόπουλος Κ.Π. (2010). Εδαφολογία. Εκδόσεις Γαρταγιάννη, Θεσσαλονίκη, Ελλάς. Ε.Ε.

Ρούσσος Π.Α. (2020). Παρουσιάσεις θεωρίας Ειδικής Δενδροκομίας 6^{ου} εξαμήνου. Τμήμα Φυτικής Παραγωγής, Εργαστήριο Δενδροκομίας, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.