

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Σχολή Γεωπονικών Επιστημών

Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής & Αγροτικού Περιβάλλοντος

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

Αειφόρος Αγροτική Παραγωγή και Διαχείριση Περιβάλλοντος

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

Αποτελεσματικότητα διαφυλλικών εναλλακτικών σκευασμάτων στη φιστικιά

Τσινούλης Αχιλλέας

Βόλος, 2022

Αποτελεσματικότητα διαφυλλικών εναλλακτικών σκευασμάτων στη φιστικιά

Τσινούλης Αχιλλέας

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

Γεώργιος Νάνος*, Καθηγητής Δενδροκομίας,

Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (*Επιβλέπων).

Νικόλαος Δαναλάτος (Καθηγητής, Γεωργία και Εφαρμοσμένη Φυσιολογία Φυτού, μέλος)

Βασίλειος Αντωνιάδης (Αναπλ. Καθηγητής, Εδαφολογία, μέλος)

Copyright © ΤΣΙΝΟΥΛΗΣ ΑΧΙΛΛΕΑΣ, 2022.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

Πρόλογος

Ευχαριστίες

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή έγινε στο πλαίσιο του Π.Μ.Σ. «Επιστήμες και Συστήματα Αειφόρου Φυτικής Παραγωγής», στο Εργαστήριο Δενδροκομίας του Τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε την διετία 2019 και 2020 σε καλλιεργούμενη έκταση στη Θεσσαλία. Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων ολοκληρώθηκε τον Σεπτέμβριο του 2020 και η συγγραφή της εργασίας ολοκληρώθηκε τον Μάιο του 2022.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Καθηγητή Γιώργο Δ. Νάνο, Διευθυντή του Εργαστηρίου Δενδροκομίας του Τμήματος, ο οποίος με καλωσόρισε στο εργαστήριο του και μου έδωσε την δυνατότητα να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θέμα. Καθ' όλη τη διάρκεια της διατριβής μου με στήριξε με τις γνώσεις και το ερευνητικό του υπόβαθρο και με καθοδήγησε σε κάθε μου βήμα. Τον ευχαριστώ θερμά για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπό μου και την υπομονή του. Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Νίκο Τσερλικάκη, ο οποίος μου παραχώρησε μέρος για να πραγματοποιηθεί το πείραμα μου και γενικά με βοήθησε με τις γνώσεις και την εμπειρία του. Τέλος, ευχαριστώ θερμά τους καθηγητές της τριμελούς επιτροπής μου για την καθοδήγηση και την άριστη συνεργασία, καθώς και για τον χρόνο που αφιέρωσαν για να έρθει εις πέρας η μεταπτυχιακή διατριβή.

Περίληψη

Η καλλιέργεια της φιστικιάς συναντάται ευρέως στη Θεσσαλία. Αυτό οφείλεται στην αντοχή που παρουσιάζει το φυτό στις ξηροθερμικές συνθήκες και στην ικανοποιητική πρόσοδο της καλλιέργειας. Η παραγωγή κελυφωτού φιστικιού υψηλής ποιότητας απαιτεί άρδευση και άριστη λίπανση με τις ανάγκες του φυτού σε μακροστοιχεία και ιχνοστοιχεία να είναι μεγάλες ακόμα και τη θερινή περίοδο. Τα τελευταία έτη αναπτύσσονται σκευάσματα που υπόσχονται την ενεργοποίηση του εδάφους και του ριζικού συστήματος (με εφαρμογή από εδάφους) ή την ενεργοποίηση του φυτού (ψεκαζόμενα).

Στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής μελετήθηκε η επανειλημμένη διαφυλλική εφαρμογή σκευασμάτων με εκχύλισμα φυτικών αμινοξέων και φυκιών με σκοπό την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητάς τους στη λειτουργία των φύλλων και στην παραγωγή και ποιότητα καρπών της κελυφωτής φιστικιάς σε εμπορικό αγρό. Συγκεκριμένα, μελετήθηκε επί διετία η επίδραση των διαφυλλικών βιοδιεγερτών κατά την κύρια περίοδο ανάπτυξης του σπέρματος στη φιστικιά (αρχές Ιουλίου έως αρχές Αυγούστου) ποικ. Ποντίκη. Αυτή η περίοδος αποτελεί και κομβικό στάδιο για το φυτό τόσο σε επίπεδο απαιτήσεων σε θρεπτικά συστατικά, όσο και σε παραγωγικό επίπεδο για την επόμενη χρονιά (περίοδος αποκοπής και πτώσης των ανθοφόρων οφθαλμών). Με αυτόν τον τρόπο ορίστηκαν δυο στόχοι μελέτης. Αρχικά, η βελτίωση του μεγέθους καρπού και η συνολική του ποιότητα, και η μείωση της παρενιαυτοφορίας ή η αύξηση της παραγωγής. Κατά τη συγκομιδή μετρήθηκε η παραγωγή ανά δέντρο τα έτη 2019 και το 2020 και μετρήθηκαν ποικίλα χαρακτηριστικά του καρπού το έτος 2020. Ως πρώτο συμπέρασμα είναι το γεγονός ότι η παραγωγή ή το μέγεθος του καρπού (ενδοκάρπιο με σπέρμα) δεν βελτιώθηκε από την εφαρμογή διαφυλλικών σκευασμάτων το έτος 2019. Ένα ακόμη συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι για το έτος 2020 η εφαρμογή βιοδιεγερτών αύξησε σημαντικά την παραγωγή καρπών χωρίς να επηρεάζει ουσιαστικά την ποιότητα καρπού, ήτοι μάζα των τμημάτων αυτού και συσσώρευση και κατανομή νωπής και ξηράς ουσίας στα μέρη του καρπού – περικάρπιο, ενδοκάρπιο και σπέρμα. Βάσει των συνολικών αποτελεσμάτων των δύο ετών φαίνεται ότι η φιστικιά αντιδρά θετικά στη διαφυλλική εφαρμογή βιοδιεγερτών και μπορεί να δοκιμαστεί σαν μια οικονομικά συμφέρουσα μέθοδος βελτίωσης της αποδοτικότητας της καλλιέργειας της φιστικιάς, και συγκεκριμένα της ποικιλίας Ποντίκη.

Summary

Pistachio cultivation is widespread in Thessaly. This is due to the resistance of the plant to dry thermal conditions and the satisfactory economic output of the crop. The production of high-quality pistachio shell requires irrigation and excellent fertilization with the needs of the plant in macronutrients and micronutrients to be high even in the period of summer months. In the latest years, commercial formulations have been developed that promise to activate the soil and the root system (by soil application) or to activate the plant (foliar applications).

In the present dissertation, the repeated foliar application of formulations with extracts of plant amino acids and algae was studied in order to evaluate their efficiency in leaf function and in the production and quality of pistachio in-shell nut in a commercial field. In particular, the effect of foliar biostimulants during the major period of kernel growth in pistachios (early July to early August) was studied for two years. This period is a key stage for the plant both in terms of nutrient requirements and in terms of production for the next year (period of loss of flowering buds). In this way, two study objectives were set. Initially, the improvement of the nut size and its overall quality and the reduction of the alternate bearing or the increase of the production. During the harvest the production per tree was measured in the years 2019 and 2020 and various nut characteristics were measured in the year 2020. The first conclusion is that the yield or nut size (endocarp with sperm) was not improved by the application of foliar formulations in 2019. Another conclusion that emerged is that for the year 2020 the application of biostimulants significantly increased fruit production without significantly affecting nut quality, i.e. mass of its parts and accumulation and distribution of fresh and dry matter in the fruit parts - pericarp, endocarp and kernel. Based on the overall results during the years 2019 and 2020, it seems that the pistachio reacts positively to the foliar application of biostimulants and can be further tested as a cost-effective method of improving the efficiency of pistachio cultivation and, in particular, of cv. Pontiki.

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

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

Πίνακας περιεχομένων

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΑΣ.....	II
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ.....	II
Βόλος, 2022.....	II
Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή	III
Πρόλογος.....	V
Ευχαριστίες	V
Περίληψη.....	6
Summary	7
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	15
1.1 Γενικά.....	15
1.2 Βοτανική κατάταξη και φυσιολογία της φιστικιάς.....	17
1.2.1 Τα άνθη.....	18
1.2.2 Ο καρπός.....	18
1.2.3 Οι οφθαλμοί.....	19
1.2.4 Τα φύλλα	19
1.2.5 Εδαφοκλιματικά χαρακτηριστικά	19
1.3 Υποκείμενα και Ποικιλίες	20
1.4 Καλλιεργητικές εργασίες	21
1.4.1 Συστήματα φύτευσης	21
1.4.2 Άρδευση	22
1.4.3 Λίπανση.....	23
1.5 Φυτοπροστασία.....	24
1.6 Ο ρόλος των βιοδιεγερτών	25
1.6.1 Τρόπος δράσης των βιοδιεγερτών	26
Επίδραση στην πρόσληψη θρεπτικών συστατικών	26
Επίδραση στη μικροβιακή δραστηριότητα και το έδαφος.....	27
Επίδραση σε συνθήκες αβιοτικής και βιοτικής καταπόνησης	27
Επίδραση στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος.....	28
1.7 Σκοπός της εργασίας.....	29
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	30
2.1 Πειραματικό τεμάχιο/ Επιλογή πειραματικών δέντρων και υλικού δειγματοληψίας.....	30
2.1.1 Εδαφολογική ανάλυση	31
2.2 Μεταχειρίσεις στον αγρό	33
2.3 Μετρήσεις στο εργαστήριο- Χαρακτηριστικά καρπών	35
2.4 Περαιτέρω υπολογισμοί από το ξηρό βάρος καρπών	38

2.5 Μέτρηση χρώματος φύλλων.....	38
2.6 Στατιστική ανάλυση.....	39
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	40
3.1 Μετρήσεις κατά το έτος 2019.....	40
3.2 Μετρήσεις κατά το έτος 2020.....	41
3.2.1 Διαστάσεις καρπών	41
3.2.2 Χρώμα καρπών	42
3.2.3 Ποιότητα καρπών.....	44
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	49
4.1 Διαστάσεις καρπών	51
4.2 Χρώμα καρπού	51
4.3 Ποιότητα καρπών/ Καταμερισμός νωπής και ξηράς ουσίας στα μέρη του καρπού	51
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	53
Βιβλιογραφία.....	55

Κατάλογος εικόνων-πινάκων

Εικόνα 1. Δέντρο φιστικιάς σε χρονιά παραγωγής.....	16
Εικόνα 2. Τα πέντε δέντρα του πειράματος (Π) απεικονίζονται με κίτρινες και τα πέντε δέντρα του μάρτυρα (Μ) με κόκκινες κουκκίδες. Μεταξύ των πειραματικών (Π) και των δέντρων του μάρτυρα (Μ) υπάρχουν 3 σειρές buffer zones.....	31
Εικόνα 3. Ο πειραματικός αγρός σε περίοδο καρποφορίας.....	34
Εικόνα 4. Διαδικασία συγκομιδής καρπών από τον πειραματικό αγρό.	36
Εικόνα 5. Συγκομιδή καρπών από τον πειραματικό αγρό (Πηγή: Νίκος Τσερλικάκης)..	36
Εικόνα 6. Καρποί που παραλήφθηκαν μετά τη συγκομιδή για μετρήσεις στο εργαστήριο.	37
Εικόνα 7. Το ενδοκάρπιο των καρπών ύστερα από αφαίρεση της ψίχας για μετρήσεις στο εργαστήριο.....	38
Πίνακας 1. Ενδεικτικά δεδομένα για την έκταση, παραγωγή και απόδοση καλλιέργειας φιστικιών στην Ελλάδα για τη περίοδο 2015-2017 (Πηγή: FAOSTAT).....	17
Πίνακας 2. Εδαφολογική ανάλυση (κοκκομετρική ανάλυση, pH, αγωγιμότητα, οργανική ουσία και P) του πειραματικού αγρού σε δείγματα εδάφους βάθους 0-30 cm και 30-60 cm.....	33
Πίνακας 3. Οι συνολικές ποσότητες των μακροστοιχείων: άζωτο, φώσφορο και κάλιο που εφαρμόστηκαν ανά δέντρο την περίοδο 2019 και 2020.....	35
Πίνακας 4. Επίδραση της επανειλημμένης διαφυλλικής εφαρμογής βιοδιεγερτών κατά το θέρους σε ώριμα δέντρα φιστικιάς το 2019 στην παραγωγή καρπών και στο μέγεθος του εμπορικού καρπού (ενδοκάρπιο και σπέρμα).	40
Πίνακας 5. Επίδραση της επανειλημμένης διαφυλλικής εφαρμογής βιοδιεγερτών κατά το θέρους σε ώριμα δέντρα φιστικιάς το 2020 στην παραγωγή καρπών ανά δέντρο.....	41
Πίνακας 6. Επίδραση της μεταχείρισης στις τρεις διαστάσεις του καρπού φιστικιών και στις σχέσεις μεταξύ των διαστάσεων σε δέντρα με διαφυλλικούς βιοδιεγέρτες ή όχι (μάρτυρας) στη συγκομιδή (Αύγουστο).	42
Πίνακας 7. Επίδραση της μεταχείρισης στο χρώμα του ενδοκαρπίου φιστικιών, στους χρωματικούς παράγοντες L*, a*, b* το μήνα συγκομιδής (Αύγουστο) σε δέντρα ψεκασμένα με βιοδιεγέρτες ή όχι (μάρτυρας).	43
Πίνακας 8. Επίδραση της μεταχείρισης στο χρώμα του σπέρματος, στους χρωματικούς παράγοντες L*, a* και b* το μήνα συγκομιδής (Αύγουστο) σε δέντρα ψεκασμένα με βιοδιεγέρτες ή όχι (μάρτυρας).....	43
Πίνακας 9. Επίδραση της μεταχείρισης στο νωπό βάρος του καρπού σε φιστίκια τον Αύγουστο στην εμπορική συγκομιδή σε δέντρα ψεκασμένα με βιοδιεγέρτες ή όχι (μάρτυρας). 44	

Πίνακας 10. Επίδραση της μεταχείρισης στο νωπό βάρος τμημάτων του καρπού, περικάρπιο, ενδοκάρπιο και σπέρμα, σε φιστίκια τον μήνα συγκομιδής (Αύγουστο) σε δέντρα ψεκασμένα με βιοδιεγέρτες ή όχι (μάρτυρας).....	44
Πίνακας 11. Επίδραση της μεταχείρισης στο ξηρό βάρος τμημάτων του καρπού, περικάρπιο, ενδοκάρπιο και σπέρμα, σε φιστίκια στην εμπορική συγκομιδή σε δέντρα ψεκασμένα με βιοδιεγέρτες ή όχι (μάρτυρας).....	45
Πίνακας 12. Επίδραση της μεταχείρισης στο ποσοστό ξηράς ουσίας τμημάτων του καρπού, περικάρπιο, ενδοκάρπιο και σπέρμα, σε φιστίκια στην εμπορική συγκομιδή σε δέντρα ψεκασμένα με βιοδιεγέρτες ή όχι (μάρτυρας).....	46
Πίνακας 13. Επίδραση της μεταχείρισης στο ποσοστό καταμερισμού του νωπού βάρους τμημάτων του καρπού, περικάρπιο, ενδοκάρπιο και σπέρμα στο συνολικό βάρος ⁴	46
Πίνακας 14. Επίδραση της μεταχείρισης στο ποσοστό καταμερισμού του ξηρού βάρους τμημάτων του καρπού, περικάρπιο, ενδοκάρπιο και σπέρμα στο συνολικό βάρος του καρπού σε φιστίκια στην εμπορική συγκομιδή σε δέντρα ψεκασμένα με βιοδιεγέρτες ή όχι (μάρτυρας)....	47
Πίνακας 15. Επίδραση της μεταχείρισης στο ποσοστό του νωπού και ξηρού τμήματος του σπέρματος καρπού στο κόκκαλο στο συνολικό βάρος.....	48

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά

Η φιστικιά είναι φυλλοβόλο, καρποφόρο και μακρόβιο δέντρο. Ανήκει στα ακρόδρυα και συναντάται με την επιστημονική ονομασία *Pistacia vera* L. Η φιστικιά είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με το ελληνικό νησί, την Αίγινα (Zakinthinos, 1994), απ' όπου έχει ονομαστεί και ο καρπός της, φιστίκι 'Αιγίνης' και έτσι ξεχωρίζει από τον καρπό του αράπικου φιστικιού του φυτού αραχίδα.

Στο τελευταίο μισό του 19^{ου} αιώνα, επικρατούσε η θεωρία ότι η φιστικιά προερχόταν από τις περιοχές της Συρίας, Μεσοποταμίας και Τουρκίας (Asma, 2019). Αυτό ήρθαν να διαψεύσουν στις αρχές του 20^{ου} αιώνα στην Κεντρική Ασία, Ρώσοι βοτανολόγοι με πιο γνωστούς τους Morozoff και Poron που συνάντησαν δέντρα άγριας φιστικιάς σε πεδινές αλλά και ορεινές εκτάσεις. Στη συνέχεια, ο Zohary (1950-1952) επιβεβαιώνει την προέλευση της φιστικιάς, η οποία ξεκινάει από βόρεια του Ιράν, συνεχίζει βόρεια του Αφγανιστάν, νότια του Τουρκμενιστάν και φτάνει μέχρι το Κιργιστάν και τη λίμνη Ισσίκ-Κούλ (Chitzanidis, 2010).

Μολονότι τα φιστίκια ήταν γνωστά από την αρχαιότητα, η εισαγωγή τους στον ελλαδικό χώρο δεν είναι χρονολογημένη. Τον 4ο και 3ο αιώνα π.Χ. ο Θεόφραστος στο έργο του "Περί Φυτών Ιστορία IV, 4,7" αν και δεν του προσδίδει όνομα κάνει μορφολογική περιγραφή για το δέντρο. Επίσης, ο Νίκανδρος τον 2ο αιώνα π.Χ αναφέρει στο έργο του, Θηριακά, το όνομα *Pistacia* που προέρχεται από τη περσική λέξη πιστα, το φιστίκι. Ανάλογες αναφορές τον 1ο και 2ο αιώνα μ.Χ. γίνονται και από τον Διοσκουρίδη (Περί Ύλης Ιατρικής, Λόγος Πρώτος, 124) και τον Αθηναίο (Δειπνοσοφισταί, XIV, 649 d-e). Στη συνέχεια, συναντάμε την φιστικιά στην περιοχή της Ρώμης, της Ισπανίας (Πλίνιος, XV, 83, 91) και της Γαλλίας το 30 μ.Χ.. Η πρώτη της εμφάνιση στη Καλιφόρνια δε λαμβάνει χώρα παρά μόνο το τέλος του προηγούμενου αιώνα (Ποντικής, 1996).

Πρωτοπόροι στη καλλιέργεια της φιστικιάς στον ελλαδικό χώρο και συγκεκριμένα στην Αθήνα, ήταν ο γνωστός βιομήχανος Δ. Παυλίδης, ο διευθυντής του Δημόσιου Δενδροκομείου Θ. Ορφανίδης και ο Γεννάδιος (Γεννάδιος, 1914). Σημαντική ήταν και η συνεισφορά του Ν. Περόγλου το 1896 που καλλιεργεί πρώτος φυτεία φιστικιάς στην Αίγινα (Zakinthinos, 1994). Από τα μέσα του 20^{ου} αιώνα η καλλιέργεια της φιστικιάς εξαπλώνεται σε όλη τη χώρα και σε νησιά του Αιγαίου. Χάρη στην υψηλή τιμή πώλησης

των φιστικιών και της ανοχής της καλλιέργεια της φιστικιάς σε υποβαθμισμένα εδάφη σε θρεπτικά συστατικά και άρδευση, η καλλιέργεια της επεκτείνεται σε περιοχές όπως Φθιώτιδα, Θεσσαλία και Εύβοια και Βοιωτία. Τέλος, το φιστίκι Αιγίνης θεωρείται μία από τις καλύτερες ποικιλίες παγκοσμίως και αποτελεί προϊόν Προστατευόμενης Ονομασίας Προέλευσης (ΠΟΠ) σε περιοχή της Φθιώτιδας από την ΕΕ (ΕΚ 1263/96).



Εικόνα 1. Δέντρο φιστικιάς σε χρονιά παραγωγής.

Στην Εικ. 1 απεικονίζεται ώριμο δέντρο φιστικιάς με πολλές ταξικαρπίες (σε χρονιά παραγωγής). Χαρακτηριστική είναι η χλώρωση των φύλλων κοντά στις ταξικαρπίες κατά την περίοδο ανάπτυξης του σπέρματος.

Σήμερα, οι Η.Π.Α είναι πρώτη σε παραγωγή φιστικιών σε παγκόσμια κλίμακα με τις χώρες Ιράν, Τουρκία, Συρία και Αφγανιστάν να έπονται. Όσον αφορά την εγχώρια παραγωγή φιστικιών με στοιχεία της FAOSTAT για τη περίοδο 2014-2017, η Ελλάδα καταλαμβάνει τη πρώτη θέση στην Ευρώπη με καλλιέργεια που κυμαίνεται μεταξύ 40000-43000 στρέμματα και παραγωγή σε 8500-11800 τόνους. Ακόμη, από στοιχεία που έχει συλλέξει ο Διεθνής Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) φαίνεται σημαντική αύξηση στην Ελλάδα το 2016 με συνολική καλλιεργούμενη έκταση να αγγίζει τα 43690 στρέμματα και παραγωγή φιστικιών τους 11265 τόνους σε σύγκριση με το 2015, όπου η έκταση είναι περίπου 40000 στρέμματα, αλλά η παραγωγή είναι εμφανώς μειωμένη στους

9745 τόνους. Για το έτος 2017 δεν σημειώθηκε διαφοροποίηση στις καλλιεργητικές εκτάσεις και στη συνολική παραγόμενη ποσότητα φιστικιών (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Ενδεικτικά δεδομένα για την έκταση, παραγωγή και απόδοση καλλιέργειας φιστικιών στην Ελλάδα για τη περίοδο 2015-2017 (Πηγή: FAOSTAT).

Έτη καλλιέργειας	Έκταση (στρέμματα)	Παραγωγή (τόνοι)	Απόδοση (τόνοι/ στρέμμα)
2015	40000	9745	0,24
2016	43690	11265	0,26
2017	43530	11836	0,27

1.2 Βοτανική κατάταξη και φυσιολογία της φιστικιάς

Η φιστικιά ανήκει στην οικογένεια των Anacardiaceae (Ανακαρδιοειδή) και στο γένος *Pistacia*. Πολλά είδη συγκαταλέγονται στο γένος *Pistacia*, από τα οποία τα πιο διαδεδομένα είναι *Pistacia atlantica* Desf., *P. chinensis* υποείδος *integerrima*, *P. lentiscus* L. υποείδος *lentiscus*, *P. mexicana* Humb., *P. terebinthus* L., *P. vera* L., *P. palaestina* και *P. Texana* (Zakinthinos, 1994).

Το πιο γνωστό είδος φιστικιάς που καλλιεργείται στον ελλαδικό χώρο είναι η *Pistacia vera* L. Αυτό οφείλεται στον εκλεκτό και πλούσιο καρπό της. Χαρακτηριστικά του δέντρου είναι ότι είναι φυλλοβόλο, μακρόβιο, έχει ύψους 6-9 μέτρων και βραδείας ανάπτυξης. Τα είδη που αυτοφυούν στον ελλαδικό χώρο είναι οι *P. terebinthus* L., *P. lentiscus* L., και *P. mutica* F. et M. που αποτελεί υποείδος του *P. atlantica* Desf. (Χιτζανίδου et al., 2004).

Η φιστικιά είναι δέντρο φυλλοβόλο, μακρόβιο, βραδείας ανάπτυξης με ύψος που κυμαίνεται μεταξύ 5 και 10 μέτρων. Η περίοδος κατά την οποία το δέντρο παρουσιάζει τη μεγαλύτερη καρποφορία του είναι το διάστημα μεταξύ του όγδοου και του δέκατου έτους της ζωής της και η καλή παραγωγικότητά της μπορεί να συνεχιστεί έως και τα 100 χρόνια (Μπρουσοβάνας, 1980). Άξιο αναφοράς είναι το φαινόμενο παρενιαυτοφορίας

που παρουσιάζεται στη φιστικιά, όπου μια χρονιά υψηλής παραγωγικότητας υποδέχεται μια χρονιά εμφανώς μειωμένης ή καθόλου παραγωγής.

1.2.1 Τα άνθη

Το δέντρο είναι δίοικο, δηλαδή η άνθηση των αρσενικών και θηλυκών ανθών γίνεται σε ξεχωριστά δέντρα. Η περίοδος βλάστησης αρχίζει ως επί το πλείστον τις τελευταίες μέρες του Μαρτίου και τελειώνει το πολύ μέχρι Μαΐου. Τα αρσενικά δέντρα προηγούνται ως προς την άνθηση από τα θηλυκά. Τα άνθη σχηματίζονται σε ταξιανθία σε σύνθετο βότρυ και πραγματοποιούνται στους οφθαλμούς στα πλάγια που είχε δημιουργηθεί σε περσινό βλαστό. Τα αρσενικά άνθη είναι στημονοφόρα με βραχυστήμονες ανθήρες σε ομάδες των πέντε ανθέρων με κάλυκα πενταμερή ή επταμερή. Τα θηλυκά άνθη είναι μεμονωμένα, απέταλα και νεκτάρια, με βραχύ ύπερο, σαρκώδη, με τρισχιδές στίγμα, με ωοθήκη μονόχορη και με κάλυκα τριμερή ή πενταμερή. Η επικονίαση γίνεται μέσω του αέρα και προϋπόθεση για να σχηματιστούν οι καρποί είναι η παρουσία αρσενικών και θηλυκών δέντρων. Τα θηλυκά άνθη εκπύσσονται αρχές Απριλίου (πρώτο δεκαπενθήμερο) με διάρκεια περιόδου ανθοφορίας 6-10 ημέρες και υποδεκτικότητας στίγματος 3-5 ημέρες. Η άνθηση των αρσενικών δέντρων γίνεται 10-20 ημέρες νωρίτερα από τα θηλυκά (το φαινόμενο λέγεται πρωτανδρία) και η ανθοφορία διαρκεί από 10-20 ημέρες (Χιτζανίδου *et al.*, 2004, Μπρουσοβάνας, 1986).

1.2.2 Ο καρπός

Ο καρπός της φιστικιάς είναι δρύπη. Υπάρχουν το περικάρπιο και το ξυλώδες ενδοκάρπιο, δηλαδή το κέλυφος, που περιλαμβάνει το σπέρμα (ψίχα) (Αναγνωστόπουλος, 1935). Αρχικά, το περικάρπιο είναι το εξωτερικό μαλακό τμήμα του καρπού. Οι καρποί της φιστικιάς αναπτύσσονται σε σύνθετους βότρες. Έχουν σχήμα επίμηκες ωοειδές και μήκος 1-2 εκατοστά. Αφού γονιμοποιηθεί και έχει ξεκινήσει να σχηματίζεται ο καρπός, παρατηρείται αύξηση στο μέγεθος του τη χρονική περίοδο Μάϊο- Ιούνιο. Αυτό δε συμβαίνει και στο σπέρμα, όπου αναπτύσσεται μόλις ξεκινήσει η ξυλοποίηση του ενδοκαρπίου. Ο καρπός στην αρχή της ανάπτυξης του είναι μαλακός και προσβάλλεται εύκολα από έντομα. Το τελικό μέγεθος του σπέρματος ολοκληρώνεται τον Αύγουστο. Η ψίχα είναι μονόσπερμη, με δύο πράσινες κοτυληδόνες. Κατά την ωρίμανση το περικάρπιο παίρνει ερυθρή απόχρωση και το ενδοκάρπιο σχίζεται κατά μήκος της ραφής του καρπού

σε ποσοστό που κυμαίνεται από 20-95%. Χαρακτηριστικό του είδους *P. vera* είναι το σχίσμο του ενδοκαρπίου κατά την ωρίμανση του καρπού.

1.2.3 Οι οφθαλμοί

Όσον αφορά τους οφθαλμούς, στα αρσενικά και θηλυκά δέντρα, είναι απλοί και περιβάλλονται από βράκτια φύλλα σκοτεινού καστανού χρώματος. Διακρίνονται σε ανθοφόρους και βλαστοφόρους, με τους ακραίους να είναι πάντοτε βλαστοφόροι και να συνοδεύονται από 2-3 (ή και περισσότερους) άλλους μικρότερους που είναι επίσης βλαστοφόροι, οι οποίοι όταν εκπτύσσονται δίνουν τη χαρακτηριστική σπονδυλωτή βλάστηση της φιστικιάς (Μπρουσοβάνας, 1986). Ακόμη, οι ανθοφόροι είναι μεγαλύτεροι και το σχήμα και το χρώμα τους διαφέρει στα αρσενικά και θηλυκά δέντρα.

1.2.4 Τα φύλλα

Τα φύλλα είναι σύνθετα, με περιττό αριθμό φυλλαρίων και φέρονται κατ' εναλλαγή. Στα αρσενικά συναντώνται φυλλάρια με σχήμα ωοειδές και στα θηλυκά με σχήμα στρόγγυλο. Τα αρσενικά δέντρα κατατάσσονται σε 4 τύπους, τους "Α", "Β", "Γ" (Αναγνωστόπουλος, 1935) και "Δ" και διακρίνονται από τη μορφολογία των φύλλων. Παρατηρείται διαφοροποίηση στο χρώμα των φυλλαρίων στα αρσενικά και θηλυκά δέντρα με τα αρσενικά Α, Β να έχουν σκούρο πράσινο χρώμα και τα υπόλοιποι αρσενικά και θηλυκά δέντρα να έχουν ανοιχτό χρώμα. Ο αριθμός και το μέγεθος των φυλλαρίων αποτελούν διακριτικά χαρακτηριστικά μεταξύ των αρσενικών και θηλυκών ατόμων και των αρσενικών των διαφόρων τύπων.

1.2.5 Εδαφοκλιματικά χαρακτηριστικά

Η καλλιέργεια της φιστικιάς ευνοείται σε περιοχές με θερμό και ξηρό καλοκαίρι για την ωρίμανση των καρπών της (Ποντίκης, 1996) και σε περιοχές με σχετικά ψυχρούς χειμώνες, καθώς σύμφωνα με τον Μπρουσοβάνα, είναι γνωστό ότι για να διακοπεί ο λήθαργος των οφθαλμών της και κατ' επέκταση η φυσιολογική ανάπτυξη του δέντρου απαιτούνται παρατεταμένες θερμοκρασίες χαμηλότερες των 7°C. Επιπλέον, οι βροχοπτώσεις κατά τη διάρκεια της άνοιξης και καλοκαιριού ευνοούν την ανάπτυξη ασθενειών, ενώ κατά την περίοδο συγκομιδής μπορεί να οδηγήσουν σε υποβάθμιση της ποιότητας του τελικού προϊόντος.

Όσο αναφορά το έδαφος η φιστικιά αναπτύσσεται σε ποικίλα εδάφη και εμφανίζει ανθεκτικότητα σε εδάφη με υψηλή συγκέντρωση άλατος. Είναι γνωστό ότι αναπτύσσεται ικανοποιητικά όταν ποτίζεται με νερό το οποίο έχει περιεκτικότητα σε διαλυτά άλατα από 1000 – 3000 ppm. Ακόμη, για τη φυσιολογική ανάπτυξη του δέντρου απαραίτητη είναι η ύπαρξη καλά στραγγιζόμενων εδαφών, καθώς το ριζικό της σύστημα είναι ισχυρό και βαθύ. Ως εκ τούτου είναι αρκετά ανθεκτική και στην ξηρασία. Το έδαφος που ευδοκιμεί καλύτερα η φιστικιά είναι αμμοπηλώδες με υψηλή περιεκτικότητα σε ανθρακικό ασβέστιο (Barghchi and Alderson, 1989). Επίσης, η φιστικιά μπορεί να καλλιεργηθεί σε εδάφη που αποφεύγονται για άλλες καλλιέργειες που δεν είναι ανθεκτικές στα άλατα, σε ελαφρώς όξινα, αλκαλικά και αλατούχα εδάφη υπό προϋποθέσεις (Χιτζανίδου *et al.*, 2004).

1.3 Υποκείμενα και Ποικιλίες

Τα υποκείμενα τις φιστικιάς είναι σπορόφυτα διαφόρων ειδών του γένους *Pistacia*. Στην Ελλάδα χρησιμοποιούταν κυρίως η τσικουδιά (*P. terebinthus*, τσικουδιά) (Ποντίκης, 1996) λόγω τις καλής της συγγένειας με τη φιστικιά, της ανθεκτικότητας που παρουσιάζει στο ασβέστιο, της αντοχής στις χαμηλές θερμοκρασίες (-10 °C έως -20 °C) και στους μύκητες του γένους *Phytophthora* sp. Βασικό μειονέκτημα αυτού του υποκειμένου είναι η ευαισθησία στη βερτισιλίωση. Τα τελευταία χρόνια η τσικουδιά έχει αντικατασταθεί από διάφορα άλλα είδη, όπως είδη *P. atlantica* Desf., *P. integerrima* (Stewart) Zoh. και υβρίδια μεταξύ αυτών των ειδών (Pioneer Gold II - PG II και UC Berkeley 1 – UCB1) τα οποία χρησιμοποιούνται στις ΗΠΑ και συνδυάζουν καλές δεντροκομικές ιδιότητες και ανθεκτικότητα σε εδαφογενή παθογόνα και νηματώδεις (Holtz *et al.*, 2005) με στόχο την ολοένα μεγαλύτερη εμπορική ανάπτυξη της φιστικιάς.

Οι αρσενικές φιστικιές, ανάλογα με την εποχή ανθήσεως και βάσει άλλων μορφολογικών χαρακτηριστικών, διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες, τις ομάδες "Α", "Β", "Γ" και "Δ" (Αναγνωστόπουλος, 1935) ή τις "Α", "Β", "Γ" και τις ποικιλίες Chico και Peters (Χιτζανίδου *et al.*, 2004). Τα αρσενικά της ομάδας «Α» είναι πρώιμης ανθήσεως με 5-9 φυλλάρια (μ.ο. 7 φυλλάρια), αυτά της ομάδας «Β» είναι μέσης πρώιμης ανθήσεως με 3-7 φυλλάρια (μ.ο. 5 φυλλάρια), ενώ αυτά της «Γ» και «Δ» είτε ανθίζουν παράλληλα είτε μετά τα θηλυκά (Ποντίκης, 1996).

Οι θηλυκές φιστικιές ανάλογα με το σχήμα και το μέγεθος του καρπού κατατάσσονται σε τέσσερις ποικιλίες, την 'Αιγίνης' που ταυτίζεται με την 'Κοιλαράτη', τη 'Φουντουκάτη', τη 'Νυχάτη' και την 'Ποντικής'.

Χαρακτηριστικά της πρώτης ποικιλίας είναι τα ανομοιόμορφα σε μέγεθος φιστίκια, με ελλειπτικό σχήμα έχοντας τη μια πλευρά τους περισσότερο κυρτή, εξ' ου και το όνομα 'Κοιλαράτη'. Το μήκος του ξηρού καρπού αυτής της ποικιλίας είναι περίπου 20 mm και το πάχος στα ευρύτερα σημεία των δυο τμημάτων του ενδοκαρπίου είναι 11 mm. Το μέσο βάρος φιστικιού με κέλυφος κυμαίνεται από 0,98–1,01 g, το ποσοστό ανοικτών φιστικιών από 72–85% και το ποσοστό ψίχας από 56-57% (Zakynthinos & Rouskas, 1995). Βασικό μειονέκτημα της ποικιλίας "Αιγίνης" είναι η ευαισθησία που παρουσιάζει στην *Botryosphaeria* sp., πιθανώς λόγω της πολύ πρώιμης ανθοφορίας της την άνοιξη (Parfitt *et al.*, 2005).

Η δεύτερη ποικιλία, η Φουντουκάτη έχει παρόμοιο σε μέγεθος καρπό με το κοιλαράτο, αλλά μικρότερο μήκος (19 mm). Η ποικιλία υπερτερεί έναντι της Κοιλαράτης, καθώς παρουσιάζει μεγαλύτερο ποσοστό ανοικτών φιστικιών, γεγονός που την κάνει κατάλληλη για ξηρικά εδάφη. Μειονέκτημά της είναι η δυσκολία ανοίγματος των καρπών λόγω του σκληρού κελύφους της.

Η τρίτη ποικιλία, η Νυχάτη δεν είναι τόσο γνωστή όσο οι δύο προηγούμενες ποικιλίες λόγω του μικρότερου μεγέθους της ψίχας του καρπού και λόγω του μειωμένου ποσοστού ανοικτών καρπών.

Η ποικιλία "Ποντικής" είναι μια ποικιλία, που είναι ευρέως γνωστή. Το όνομα της προέρχεται από τον Καθηγητή Δενδροκομίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών Κ. Ποντική (Pontikis, 1986) ο οποίος ήταν και ο πρωτοπόρος στην καλλιέργεια της ποικιλίας. Αυτή η ποικιλία είναι αρκετά παραγωγική και με οψιμότερη ωρίμανση από αυτή της ποικ. 'Αιγίνης'. Ακόμη, οι καρποί της είναι πολύ καλής ποιότητας με καλύτερο σχίσσιμο σε ποσοστό 90-98% και αρκετά χαμηλό ποσοστό άσπερμων καρπών (5-10%). Ο καρπός της έχει μέτριο μέγεθος με μήκος 20 mm και πάχος 11 mm. Το σχήμα του είναι επίμηκες-ωοειδές και το ποσοστό ψίχας κυμαίνεται στο 56-57% του συνόλου του καρπού.

Τέλος, πρέπει να αναφερθούν οι σημαντικότερες από τις ξένες ποικιλίες: 'Kerman', 'Bronte-Red', 'Aleppo-Trabonella', 'Sfax' και 'Joley' (Parfitt *et al.*, 2005).

1.4 Καλλιεργητικές εργασίες

1.4.1 Συστήματα φύτευσης

Σε ένα φιστικεώνα η αναλογία των θηλυκών προς τα αρσενικά είναι συνήθως 7:1 με τα αρσενικά να είναι διάσπαρτα ώστε να εξασφαλίζεται η διασπορά της γύρης σε όλη τη φυτεία (Ποντικής, 1996). Η φιστικιά φυτεύεται συνήθως κατά τετράγωνα, αλλά μπορεί να συναντήσουμε φυτεύσεις κατά ρόμβους ή γραμμές. Η απόσταση μεταξύ των δέντρων

δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 6 μέτρα λόγω πιθανής ανάπτυξης μυκητολογικών ασθενειών εξαιτίας του συνωστισμού και της αλληλοσκίασης της κόμης των δέντρων μετά από μερικά χρόνια. Η φύτευση των δεντρυλλίων γίνεται σε αποστάσεις 6x6 και 7x7, και μπορεί να πραγματοποιηθεί από τη φυλλόπτωση (μέσα στον Νοέμβριο) μέχρι την αρχή της άνοιξης και ανάλογα τις εδαφολογικές συνθήκες (Βασιλακάκης, 2004, Ποντίκης, 1996).

1.4.2 Άρδευση

Το νερό αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στην καλλιέργεια φιστικιάς, στην παραγωγή καλής ποιότητας καρπού και ποσότητας ψίχας και καθορίζει το ποσοστό ανοίγματος του ενδοκαρπίου (κελύφους) του καρπού. Η φιστικιά παρουσιάζει ανθεκτικότητα στην ξηρασία διότι οι ρίζες της βρίσκονται σε μεγάλο βάθος στο έδαφος. Παρ' όλα αυτά σε περιπτώσεις συνεχόμενης ξηρασίας ή μη κάλυψη των απαιτούμενων υδατικών αναγκών παρουσιάζεται έντονα το φαινόμενο της παρενιαυτοφορίας και αυξάνεται το ποσοστό κλειστών καρπών μικρής εμπορικής αξίας. Γενικά, σε ξηρικές καλλιέργειες με μειωμένη υγρασία παρατηρείται σε μεγάλο βαθμό εμφάνιση άγονων καρπών. Στον αντίποδα, είτε η υπερβολική άρδευση είτε η συνεχόμενη υψηλή υγρασία του εδάφους και η συγκέντρωση στάσιμων νερών περιμετρικά του δέντρου πρέπει να προκαλέσει μείωση του ποσοστού των ανοικτών φιστικιών και σηψιρρίζια στα δέντρα. Γι' αυτό το λόγο πρέπει να προτιμώνται αγροί με υδατοδιαπερατά εδάφη ή αγροί στους οποίους πραγματοποιείται εδαφοβελτίωση/ στράγγιση.

Οι υδατικές απαιτήσεις του δέντρου καθορίζονται από την ηλικία του. Δηλαδή, στα νεαρά δεντρύλλια 2^{ου} ή 3^{ου} χρόνου απαιτείται ποσότητα από 50 ως 100 L νερού ανά δενδρύλλιο, το οποίο μεταφράζεται σε 6 έως 8 αρδεύσεις ετησίως με βάση μια μέση ετήσια βροχόπτωση γύρω στα 500 mm. Στα ώριμα παραγωγικά φιστικόδεντρα απαιτούνται 40 έως 70 τόνοι νερού ανά στρέμμα με άρδευση ανάλογα με διάφορους παράγοντες, όπως ηλικία, έδαφος και με ελάχιστο αριθμό δύο αρδεύσεων ετησίως. Η ύπαρξη εδαφικής υγρασίας από τον Ιούνιο μέχρι την ωρίμανση είναι ίσως ο σπουδαιότερος παράγοντας για μια καλή συγκομιδή καρπών με ανοικτό ενδοκάρπιο. Έτσι, το πότισμα των δέντρων γίνεται αρκετά συχνά και ξεκινάει κατά κανόνα από τα τέλη Ιουνίου μέχρι τέλος Αυγούστου. Τα τελευταία χρόνια έχει επικρατήσει ως μέθοδος άρδευσης η στάγδην άρδευση και, εκεί που υπάρχει αρκετό αρδευτικό νερό, άρδευση με μικροεκτοξευτήρες γύρω από τον κορμό του δένδρου με τρόπο τέτοιο ώστε να μην

διαβρέχεται ο κορμός και το δέντρο να προσβληθεί από εδαφογενείς ασθένειες (Ποντίκης, 1996).

Τέλος, για την άρδευση της φυσικιάς δεν απαιτείται συγκεκριμένης ποιότητας νερό, καθώς παρουσιάζει ανθεκτικότητα στην αλατότητα του εδάφους. Με άλλα λόγια, η συγκέντρωση των διαλυτών αλάτων στο νερό θα μπορούσε να φτάνει και στα 1000 – 3000 ppm. Αντίθετα, σε περιπτώσεις χρήσης υδάτων υψηλότερης περιεκτικότητας σε άλατα παρατηρούνται συμπτώματα στη βλάστηση και γενικά μια καχεκτική εικόνα στα μέρη του δέντρου (φύλλα, καρποί, βλαστοί) εξαιτίας της υψηλής οσμωτικής πίεσης στο εδαφικό διάλυμα υψηλής αλατότητας που εμποδίζει τη σωστή λειτουργία του ριζικού συστήματος.

1.4.3 Λίπανση

Η γονιμότητα του εδάφους εμπλουτίζεται μέσω της λίπανσης η οποία είναι σημαντικός παράγοντας, καθώς μέσω αυτής τα δέντρα έχουν διαθέσιμα όλα τα απαιτούμενα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία που χρειάζονται σε αναλογίες ανταποκρινόμενες με τις ανάγκες τους. Η σωστή και αποτελεσματική εφαρμογή των λιπασμάτων εξαρτάται από την κατάλληλη σύνθεση και αναλογία θρεπτικών που απαιτεί η κάθε καλλιέργεια, τις απαιτήσεις της σε νερό αλλά και το φαινολογικό στάδιο στο οποίο βρίσκεται (Ugiu & Crane, 1977). Για να εφαρμοστεί σωστά η λίπανση και να αποφευχθεί η αλόγιστη χρήση λιπασμάτων και νερού, απαιτείται εδαφική ανάλυση και φυλλοδιαγνωστική τη χρονιά της ακαρπίας. Οι κυριότερες περίοδοι όπου η φυσικιά έχει αυξημένες απαιτήσεις σε θρεπτικά συστατικά είναι: α) την άνοιξη (εαρινή περίοδος) όπου σχηματίζονται οι νεαροί βλαστοί και τα περικόρπια των νεαρών βλαστών και β) το καλοκαίρι (περίπου τον Ιούνιο) όπου αναπτύσσονται τα σπέρματα

Εκτός των κλασικών απλών ή σύνθετων βασικών (ή κοκκωδών) ή υδατοδιαλυτών λιπασμάτων, υπάρχουν και άλλοι τύποι λιπασμάτων όπως τα οργανοχημικά. Τα οργανοχημικά προκύπτουν από συνδυασμό σκευασμάτων με διάφορα ιχνοστοιχεία, λιπάσματα που έχουν σαν βάση οργανικές και χημικές ενώσεις, λιπάσματα που αποδεσμεύονται βραδέως κτλ.

Η διαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών στο έδαφος παίζει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη του δέντρου. Το έδαφος αποτελείται από ανόργανα συστατικά σε μορφή κατιόντος τα σημαντικότερα είναι K, Na, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn και Cu και από οργανικά στοιχεία τα οποία σχηματίζουν τα αποθέματα του αζώτου (N), του φωσφόρου (P) και του καλίου (K) (Koukoulakis et al., 2013, Mengel et al., 2001). Το άζωτο (N), ο φώσφορος

(P) και το κάλιο (K) αποτελούν τα κυριότερα θρεπτικά για την καλλιέργεια της φιστικιάς. Βασικό ρόλο διαδραματίζει το άζωτο, γιατί κάτω από ορισμένες συνθήκες απορροφάται εύκολα από το δέντρο (50-80% ετησίως), γεγονός που ενισχύει το σχηματισμό του ξυλώδους φλοιού και της κόμης του φυλλώματος, αλλά και την ανάπτυξη του σπέρματος. Παρ' όλα αυτά αν η χρήση του αζώτου δεν είναι ορθή, είναι πιθανόν να δημιουργηθούν προβλήματα αυξημένης ανάπτυξης των βλαστών και φύλλων ή καθυστερημένη και κακή ωρίμανση των ιστών και μείωση της αντοχής στις ασθένειες και στις δυσμενείς καιρικές συνθήκες (Μπρουσοβάνας, 1980).

Στη συνέχεια, το κάλιο με τη μορφή του θειϊκού και χλωριούχου καλίου συμβάλλει στη ωρίμανση του καρπού (καλή και γρήγορη ωρίμανση της ψύχας) και αυξάνει την ανθεκτικότητα σε μύκητες και σε δυσμενείς καιρικές συνθήκες (παγετός). Η απορρόφηση του καλίου δεν είναι το ίδιο ικανοποιητική με το άζωτο, γι' αυτό και πρέπει η ποσότητα που χρησιμοποιείται στη καλλιέργεια να είναι ανάλογη της άρδευσης που θα δεχτεί ή της υγρασίας του εδάφους, καθώς υπάρχει η πιθανότητα εμφάνισης προβλημάτων, όπως η μικροκαρπία). Επίσης, το κάλιο δρα ως ρυθμιστικός παράγοντας στα προβλήματα από την περίσσεια του αζώτου, αυξάνοντας τους υδατάνθρακες και αποκαθιστώντας έτσι τη φυσιολογική ισορροπία που πρέπει να υπάρχει μεταξύ αυτών και του αζώτου (Μπρουσοβάνας, 1980).

Τέλος, ο φωσφόρος (με τη μορφή πεντοξειδίου του φωσφόρου) συντελεί στο σχηματισμό και στην ωρίμανση του καρπού, αλλά μπορεί η μακροχρόνια χρήση του να προκαλέσει τροφωπενίες άλλων ανόργανων στοιχείων. Λόγω του μικρού ποσοστού απορρόφησης (15-20% ανά έτος) λόγω δημιουργίας αδιάλυτων αλάτων στα εδάφη, θα πρέπει να εφαρμόζεται σε μεγάλο βάθος πριν την εγκατάσταση των δέντρων στο έδαφος, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η καλύτερη απορρόφηση από το ριζικό σύστημα (Ποντίκης, 1996).

1.5 Φυτοπροστασία

Η χημική φυτοπροστασία επεκτάθηκε σημαντικά το 2^ο μισό του 20^{ου} αιώνα για τη μείωση των απωλειών ποσότητας και ποιότητας καρπού, αλλά και για την καλύτερη υγεία και μακροβιότητα του δέντρου. Το τέλος του 20ου αιώνα και αρχές του 21^{ου} σηματοδότησε την είσοδο νέων χημικών με χαμηλότερο κίνδυνο χρήσης και με υψηλή εξειδίκευση σε εχθρούς και ασθένειες, ενώ παράλληλα οδήγησε στην απόσυρση από την αγορά ουσιών που εμφάνιζαν πολλά μειονεκτήματα. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν για

πρώτη φορά φερομόνες, για την παρεμπόδιση της αναπαραγωγής εντόμων, καθώς και μικροοργανισμοί για την καταπολέμηση ασθενειών. Στη συνέχεια, εισήχθησαν ποικιλίες ανθεκτικές σε ζιζανιοκτόνα όπως σόγια, αραβόσιτος, ελαιοκράμβη και βαμβάκι που οδήγησαν στη σημαντική μείωση των ποσοτήτων παρασιτοκτόνων που χρησιμοποιούνταν στις παραπάνω καλλιέργειες.

Επομένως, τις τελευταίες δεκαετίες έχει παρατηρηθεί αύξηση της παραγωγής των γεωργικών προϊόντων λόγω της δημιουργίας βελτιωμένων ποικιλιών, της εισαγωγής μηχανικών μέσων, της ανάπτυξης λιπασμάτων και φυτοπροστατευτικών προϊόντων και ιδιαίτερα της υπέρμετρης χρήσης συνθετικών λιπασμάτων που τελικά είχαν αρνητικές επιπτώσεις τόσο σε ατομικό (καταναλωτής) όσο και σε περιβαλλοντικό επίπεδο. Ως εκ τούτου, κατέστη αναγκαία η αντικατάσταση της συμβατικής γεωργίας από λιγότερο επιζήμια καλλιεργητικά συστήματα, όπως η αειφόρος γεωργία (ή ολοκληρωμένη διαχείριση των καλλιεργειών). Κύρια πλεονεκτήματα της αειφόρου γεωργίας είναι η όσο το δυνατόν περιορισμένη χρήση συνθετικών αγροχημικών (λιπασμάτων, γεωργικών φαρμάκων), η προστασία της βιοποικιλότητας, και η ορθή διαχείριση των φυσικών πόρων (έδαφος, νερό, κ.ά.).

1.6 Ο ρόλος των βιοδιεγερτών

Έχει καταστεί αναγκαίο να εφαρμοστούν γεωργικές πρακτικές φιλικές προς το περιβάλλον και τη βιοποικιλότητα. Έτσι, η αειφορική γεωργία σταδιακά παρουσιάζει αυξητική τάση. Έχει σημειωθεί η αύξηση της χρήσης των βιοδιεγερτών στις καλλιέργειες τα τελευταία χρόνια, με σημαντική παρατήρηση την εφαρμογή τους σε περισσότερα από 60 εκατομμύρια στρέμματα καλλιεργήσιμης γης σε παγκόσμιο επίπεδο το έτος 2012. (Calvo et al., 2014). Ακόμη, η συνεχής εφαρμογή των βιοδιεγερτών στις καλλιέργειες της τάξης του 10-12% ετησίως, τα καθιστά προϊόντα πολλά υποσχόμενα για τις καλλιέργειες.

Έχουν διατυπωθεί αρκετές προσεγγίσεις για τον ορισμό των βιοδιεγερτών (Calvo et al., 2014, du Jardin, 2015, Povero et al., 2016). Σύμφωνα με το EBIC (European Biostimulant Industry Council, 2016) «Ως βιοδιεγέρτες ορίζονται τα υλικά που περιέχουν ουσίες ή/και μικροοργανισμούς, η λειτουργία των οποίων όταν εφαρμόζεται στα φυτά ή στη ριζόσφαιρα διεγείρει τις φυσικές διεργασίες για την ενίσχυση πρόσληψης θρεπτικών ουσιών, της αποτελεσματικότητας των θρεπτικών ουσιών, της ανοχής στο αβιοτικό στρες ή/και της ποιότητας της καλλιέργειας, ανεξάρτητα από το περιεχόμενο του φυτού σε θρεπτικά συστατικά». Βιοτικές καταπονήσεις αναφέρονται στους μύκητες, τα βακτήρια και τα έντομα και αβιοτικές στη ξηρασία, στην αλατότητα του εδάφους, στο οξειδωτικό

στρες και σε μη ευνοϊκές θερμοκρασιακές τιμές (du Jardin, 2015, Povero et al., 2016, van Oosten et al., 2017). Πέρα από τα πλεονεκτήματα από τη χρήση βιοδιεγερτών, παρατηρείται βελτίωση σε φυσικοχημικές ιδιοότητες του εδάφους χάρη στην ανάπτυξη μικροβιακής δραστηριότητας και μικροοργανισμών (Calvo et al., 2014).

Ως βιοδιεγέρτες χρησιμοποιούνται εκχυλίσματα φυκών, χουμικά και φουλβικά οξέα, πρωτεΐνες και αμινοξέα, χιτοζάνη, ανόργανες ενώσεις, μύκητες και βακτήρια. Η εφαρμογή τους μπορεί να γίνει με ποικίλους τρόπους. Επικρατεί η εφαρμογή τους στο έδαφος με σκοπό την εύκολη αφομοίωσή τους από το ριζικό σύστημα των φυτών. Άλλοι τρόποι εφαρμογής είναι το ριζοπότισμα, ο ψεκασμός τους στο φύλλωμα των φυτών, αλλά και η προσθήκη του προϊόντος στο νερό άρδευσης (Halpern et al., 2015, Povero et al., 2016, van Oosten et al., 2017).

1.6.1 Τρόπος δράσης των βιοδιεγερτών

Η χρήση βιοδιεγερτών στην γεωργική πρακτική ασκεί επίδραση σε μια σειρά από διαδικασίες, όπως η αύξηση της ποιοτικής και ποσοτικής παραγωγής, η καλύτερη πρόσληψη θρεπτικών ουσιών, η αύξηση της μικροβιακής δραστηριότητας, η βελτίωση φυσικοχημικών ιδιοτήτων του εδάφους, η προστασία των φυτών σε αντίξοες βιοτικές και αβιοτικές συνθήκες, η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, αλλά και η ποσοτική και ποιοτική βελτίωση των παραγόμενων προϊόντων (Du Jarbin, 2015, Halpern et al., 2015).

Επίδραση στην πρόσληψη θρεπτικών συστατικών

Οι πρώτες ύλες που βρίσκονται στους βιοδιεγέρτες συμβάλλουν στην καλύτερη πρόσληψη θρεπτικών συστατικών από τους φυτικούς οργανισμούς. Πρωταγωνιστικό ρόλο διαδραματίζουν τα προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών τα οποία ρυθμίζουν τη διαθεσιμότητα και αφομοίωση του αζώτου (N) στα φυτά (Du Jarbin, 2015). Οι χουμικές ενώσεις ως οργανικές ουσίες είναι γνωστές για τις ευεργετικές τους ιδιότητες στη φυσιολογία των φυτικών οργανισμών. Αρχικά, τα χουμικά οξέα, συστατικά των χουμικών ουσιών, αποτελούν σημαντικά συστήματα ανταλλαγής ιόντων και συμπλοκοποίησης μετάλλων. Με άλλα λόγια, έχουν την ικανότητα να συγκρατούν κατιόντα, όπως μαγνήσιο (Mg^{2+}), ασβέστιο (Ca^{2+}), σίδηρο (Fe^{2+}), μέσω της χηλικοποίησης και έτσι επιτυγχάνεται η ευκολότερη απορρόφηση αυτών από τη ρίζα του φυτού και κατ' επέκταση η μεταφορά των μικροθρεπτικών συστατικών στα αγγεία του φυτού (Calvo et al., 2014, Halpern et al., 2015). Επίσης, οι χουμικές ουσίες ενεργοποιούν τη κινητικότητα της πλασματικής μεμβράνης των κυττάρων με αποτέλεσμα να αυξάνεται η διαλυτοποίηση ιχνοστοιχείων

λόγω μείωσης του pH του εδάφους (Halpern et al., 2015). Τέλος, έχει διαπιστωθεί ότι ορισμένα βακτήρια μέσω ειδικών μηχανισμών που διαθέτουν μπορούν να παράγουν χημικές ενώσεις, γνωστές ως σιδηροφόρα, οι οποίες δεσμεύουν και μεταφέρουν σίδηρο (Fe) καθιστώντας τον πιο διαλυτό και εύκολα απορροφούμενο από τις ρίζες των φυτών (Halpern et al., 2015).

Επίδραση στη μικροβιακή δραστηριότητα και το έδαφος

Η αποικοδόμηση των βιοδιεγερτικών ουσιών που περιέχουν προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών και αμινοξέα επηρεάζουν θετικά τη μικροβιακή δραστηριότητα εμπλουτίζοντας έτσι έμμεσα το έδαφος με οργανικά θρεπτικά συστατικά (Du Jarbin, 2015). Συγκεκριμένα, έχει διαπιστωθεί ότι τα εκχυλίσματα φυκών βελτιώνουν τη δομή του εδάφους και ενισχύουν το έδαφος με μικροοργανισμούς και σε περιπτώσεις υποβαθμισμένων λόγω εντατικής καλλιέργειας περιοχών (Calvo et al., 2014, Halpern et al., 2015). Αρχικά, τα αλγινικά άλατα και φουκοϊδάνες που περιέχουν δημιουργούν ενώσεις με τα μέταλλα του εδάφους με αποτέλεσμα να ενισχύεται η διατήρηση της εδαφικής υγρασίας και η δομή του εδάφους (Halpern et al., 2015). Ακόμη, έχει διαπιστωθεί ότι τα μυκόριζα που βρίσκονται σε αυτά, αποικίζουν ευκολότερα και εντονότερα το ριζικό σύστημα του φυτού και το ενισχύουν, ενώ έχουν την ικανότητα να συνθέτουν φυτορμόνες που επηρεάζουν διάφορες φυσιολογικές λειτουργίες των φυτών (Calvo et al., 2014).

Επίδραση σε συνθήκες αβιοτικής και βιοτικής καταπόνησης

Βασικό ρόλο στην προστασία των φυτών υπό ακατάλληλες συνθήκες ανάπτυξης (αυξημένη αλατότητα, UV, οξειδωτικές συνθήκες) είναι τα προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών μέσω της διέγερσης κατάλληλων ενζύμων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το προϊόν υδρόλυσης της μηδικής (*Medicago sativa*), το οποίο ενεργοποιεί το ένζυμο φαινυλαλανίνη αμμωνία-λυάση (PAL) με αποτέλεσμα να παράγονται φλαβονοειδή. Είναι πολυφαινολικές ενώσεις με αντιοξειδωτική δράση που έχουν την ιδιότητα να προστατεύουν τα φυτά σε συνθήκες αλατότητας (Du Jarbin, 2015). Ακόμη, τα εκχυλίσματα φυκών προστατεύουν τα φυτά σε συνθήκες αβιοτικής καταπόνησης (Calvo et al., 2014) με δύο τρόπους: α) με την έκφραση γονιδίων που κωδικοποιούν τις πρωτεΐνες, τα οποία κινητοποιούν διάφορες ανάλογες αμυντικές διεργασίες των φυτών, και β) με τη βοήθεια ουσιών όπως η γλυκίνη-βεταΐνη και η προλίνη, οι οποίες έχουν την

ικανότητα σε αυξημένες συγκεντρώσεις μέσα στο φυτό να το προστατεύουν σε συνθήκες καταπόνησης (Calvo et al., 2014).

Επίδραση στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος

Τα συστατικά των βιοδιεγερτών σε βακτήρια, χουμικά οξέα και εκχυλίσματα φυκών επιδρούν θετικά στο ριζικό σύστημα των φυτών. Έχουν βρεθεί βακτήρια, όπως το *Azospirillum brasilense*, με την ικανότητα να απελευθερώνουν αυξίνες, οι οποίες αυξάνουν την πυκνότητα των ριζών των φυτών και χουμικά οξέα και εκχυλίσματα φυκών που βοηθούν στην επιμήκυνση των ριζών μέσω χαλάρωσης των κυτταρικών τοιχωμάτων και μέσω κυτταρικής διαίρεσης (Du Jarbin, 2015, Halpern et al., 2015). Έτσι, το ανεπτυγμένο ριζικό σύστημα συνεπάγεται καλύτερη πρόσληψη θρεπτικών συστατικών και νερού.

Επίδραση στην ποσότητα και την ποιότητα των παραγόμενων ειδών

Έχει γίνει συσχέτιση της χρήσης βιοδιεγερτικών ουσιών με την καλύτερη απόδοση και ποιότητα των καλλιεργειών των παραγόμενων ειδών με την παρουσία (Halpern et al., 2015, Melo et al., 2015, Machado et al., 2014), χάρη στην καλύτερη αφομοίωση των θρεπτικών συστατικών από το ανεπτυγμένο ριζικό σύστημα του φυτού. Διεξαγωγή πειραμάτων με εφαρμογή βιοδιεγερτικού σκευάσματος σε ποικιλίες σόγιας επιβεβαίωσε την αύξηση του παραγόμενου αριθμού σπόρων ανά φυτό (Melo et al., 2020). Αντίστοιχη διεξαγωγή πειραμάτων με βιοδιεγέρτη στο φύλλωμα φυτών καλέντουλας (*Calendula officinalis* L.) προκάλεσε αύξηση στον αριθμό των παραγόμενων ταξιανθιών ανά φυτό, οι οποίες περιείχαν αυξημένο αριθμό φλαβονοειδών, πράγμα που καθιστά το αιθέριο έλαιο της καλεντούλας ποιοτικότερο (Machado et al., 2014).

1.7 Σκοπός της εργασίας

Η παρούσα διατριβή επικεντρώθηκε στη μελέτη της αποτελεσματικότητας χρήσης συγκεκριμένων βιοδιεγερτών με εκχυλίσματα πρωτεϊνών στην παραγωγικότητα και ποιότητα καρπού και στη μείωση της παρεννιαυτοφορίας της φυστικής ποικ. Ποντική.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Πειραματικό τεμάχιο/ Επιλογή πειραματικών δέντρων και υλικού δειγματοληψίας

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε τη διετία 2019 και 2020, σε φιστικεώνα στο χωριό Νέα Λεύκη της Π.Ε. Λάρισας που ανήκει στον κ. Νικόλαο Τσερλικάκη. Στο πλαίσιο του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν δέντρα φιστικιάς ποικιλίας Ποντικής ηλικίας 9 ετών.

Όσον αφορά την επιλογή των πειραματικών δέντρων, το κάθε δέντρο θα θεωρείται ως πειραματική μονάδα. Η επιλογή των δέντρων πραγματοποιήθηκε μεταξύ δέντρων ομοιόμορφης ανάπτυξης βάσει διαμέτρου κορμού και κόμης και παρόμοιου φορτίου καρποφορίας, ώστε να αποφευχθεί η παρεμβολή άλλου παράγοντα προς εξέταση, όπως το μέγεθος του δέντρου και η ηρτημένη παραγωγή. Συνολικά, για τη διεξαγωγή των μετρήσεων κατά τη διάρκεια των δύο ετών πειραματισμού επιλέχθηκαν 10 δέντρα με ίδια διάμετρο κορμού και παραγωγικότητα και χωρίστηκαν σε δύο μεταχειρίσεις: 5 δέντρα για τον μάρτυρα (Μ), και 5 δέντρα για το πείραμα (Π) διεξαγωγής διαφυλλικών ψεκασμών (εικόνα Χ). Τα θηλυκά δέντρα, τα οποία κατανεμήθηκαν στο δενδροκομείο σε αναλογία 8 προς 1 με αρσενικά δέντρα τύπου Γ και Δ ήταν ποικιλίας Ποντική, εμβολιασμένα σε υποκείμενο *Pistachia terebinthus* (τσικουδιά). Τα ίδια δέντρα μελετήθηκαν και το 2020 λόγω του φαινομένου της παρενιαυτοφορίας. Το έτος 2019 χαρακτηρίστηκε ως «έτος καρποφορίας» και διαδέχθηκε από το έτος 2020 ως «έτος ακαρπίας».



Εικόνα 2. Τα πέντε δέντρα του πειράματος (Π) απεικονίζονται με κίτρινες και τα πέντε δέντρα του μάρτυρα (Μ) με κόκκινες κουκκίδες. Μεταξύ των πειραματικών (Π) και των δέντρων του μάρτυρα (Μ) υπάρχουν 3 σειρές buffer zones.

Η διαφοροποίηση στις δύο μεταχειρίσεις αφορά τη λίπανση με βιοδιεγέρτες αμινοξέων και εκχυλίσματος φυκιών στα πειραματικά δέντρα κατά την περίοδο της ταχύτερης αύξησης του σπέρματος (μήνας Ιούλιος). Οι υπόλοιπες καλλιεργητικές φροντίδες, όπως η άρδευση, η λίπανση και η φυτοπροστασία δεν διαφοροποιήθηκαν στις δύο μεταχειρίσεις και πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με το πρόγραμμα που ακολούθησε ο παραγωγός.

2.1.1 Εδαφολογική ανάλυση

Η εδαφολογική ανάλυση του αγρού όπου διεξήχθη το πείραμα έγινε το διάστημα μεταξύ 4ης Ιουνίου και 10ης Ιουλίου του έτους 2015 στο εργαστήριο του ΙΧΤΕΛ- ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ, στη Λάρισα.

Για την εδαφολογική ανάλυση λήφθηκε δείγμα εδάφους με κατάλληλο εδαφολήπτη από τέσσερα σημεία του πειραματικού αγρού τον Ιούνιο. Σε κάθε σημείο το πρώτο δείγμα εδάφους παραλήφθηκε στα 0-30 cm από την επιφάνεια του δέντρου (β1) και το δεύτερο στα 30-60 cm (β2). Στη συνέχεια τα δείγματα από κάθε βάθος ομογενοποιήθηκαν, τοποθετήθηκαν σε πλαστικές συσκευασίες και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο για ανάλυση.

Οι αναλύσεις που έγιναν αφορούν την κοκκομετρική σύσταση του εδάφους, την περιεκτικότητα σε ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3), τον προσδιορισμό του pH στο εδαφικό διάλυμα, το ποσοστό της οργανικής ουσίας, και την περιεκτικότητα σε φώσφορο (Πίνακας 2.1). Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης το έδαφος σε βάθος 0-30 cm χαρακτηρίστηκε ως αλκαλικό με τιμή pH 8 και αργιλοπηλώδες (άμμος 38%, ιλύς 31%, άργιλος 31%), σχετικά χαμηλό σε CaCO_3 (4,6%), πλούσιο σε οργανική ουσία (2,6%) και με αρκετά χαμηλή περιεκτικότητα σε P (5,8 mg/kg). Σε βάθος 30-60 cm το έδαφος χαρακτηρίστηκε ως αλκαλικό (pH 8), αργιλώδες και φτωχότερο σε CaCO_3 (2,9%). Ακόμη, μετρήθηκε η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους σε βάθος 0-30 cm και σε βάθος 30-60 cm και βρέθηκε 489 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και 584 $\mu\text{S}/\text{cm}$, αντίστοιχα. Οι χαμηλές αυτές τιμές είναι επιθυμητές, καθώς είναι γνωστό ότι ωφελούν την ικανότητα αφομοίωσης του εδαφικού νερού και των θρεπτικών στοιχείων από το ριζικό σύστημα του δέντρου.

Πίνακας 2. Εδαφολογική ανάλυση (κοκκομετρική ανάλυση, pH, αγωγιμότητα, οργανική ουσία και P) του πειραματικού αγρού σε δείγματα εδάφους βάθους 0-30 cm και 30-60 cm.

Περιοχή	Βάθος δείγματος	Άμμος %	Άργιλος %	Ίλύς %	Χαρακτηρισμός	pH 1:1 H ₂ O (25°C)	% CaCO ₃ (Κατά Bernard)	% Οργανική ουσία	P Olsen mg/Kg	Ηλ.αγωγιμότητα στους 25°C, (μS/cm)
Ν.Λεύκη	0-30	38	31	31	CL	8	4,6	2,6	5,8	489
Ν.Λεύκη	30-60	34	41	25	C	8	2,9	-	-	584

2.2 Μεταχειρίσεις στον αγρό

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε φιστικεώνα ελαφρά επικλινούς εδάφους. Τα δέντρα ήταν φυτεμένα σε αποστάσεις 6 μ επί 6 μ με διαμόρφωση ανοικτό κύπελλο. Η άρδευση πραγματοποιήθηκε από εγκατεστημένο αρδευτικό σύστημα στάγδην άρδευσης αποτελούμενο από σταλακτηφόρους σωλήνες (Netafim), οι οποίοι τοποθετήθηκαν με σταλάκτες σταθερής παροχής νερού 4 L/h και 10 σταλάκτες ανά δέντρο. Το πρόγραμμα άρδευσης πραγματοποιούνταν για 10 ώρες ανά 10 ημέρες. Συνολικά, η άρδευση του αγρού για την κάθε καλλιεργητική περίοδο υπολογίστηκε περίπου στα 120 m³ /στρέμμα.



Εικόνα 3. Ο πειραματικός αγρός σε περίοδο καρποφορίας.

Όσον αφορά τη λίπανση (Mengel et al., 2001, Chatzissavidis et al., 2013), είναι γνωστό ότι τα ώριμα δέντρα έχουν αυξημένες απαιτήσεις σε λιπάσματα πλούσια με άζωτο, φώσφορο και κάλιο σε υδατοδιαλυτή μορφή εύκολα αφομοιώσιμη. Ως εκ τούτου, η λίπανση που χρησιμοποιήθηκε τον Φεβρουάριο για τις δύο μεταχειρίσεις ήταν το εμπορικό λίπασμα τύπου 17 – 12- 12, που εφαρμόστηκε στο έδαφος σε ποσότητα 500 g ανά δέντρο. Κατόπιν, τον Ιούνιο πραγματοποιήθηκε εμπλουτισμός του αρδευόμενου εδάφους της καλλιέργειας με νιτρική αμμωνία σε ποσότητα 100 g ανά δέντρο. Τέλος, την περίοδο της ανάπτυξης του σπέρματος, συμπληρωματικά με τη χειμερινή λίπανση πραγματοποιήθηκε υδρολίπανση με νιτρικό κάλιο σε ποσότητα 200 g ανά δέντρο (Πίνακας 2.2). Στα πειραματικά δέντρα πλην των ανωτέρω εφαρμόστηκαν διαφυλλικά λιπάσματα την 1η Ιουλίου 2019 με την έναρξη γεμίσματος του φιστικιού, την 18η Ιουλίου 2019 και στις 2 Αυγούστου 2019 που περιλάμβαναν μίγμα από 5 L/τόνο εκχύλισμα φυτικών αμινοξέων με εμπορική ονομασία Amino-16, από 3 L/τόνο εκχύλισμα φυτικών

(εμπορικό σκεύασμα Kelrak) και 1,5% του σύνθετου λιπάσματος τύπου 13-40-13. Το 2020 στις περιόδους Ιουλίου και Αυγούστου έγιναν αντίστοιχοι ψεκασμοί των δύο βιοδιεγερτών χωρίς την προσθήκη του σύνθετου λιπάσματος.

Πίνακας 3. Οι συνολικές ποσότητες των μακροστοιχείων: άζωτο, φώσφορο και κάλιο που εφαρμόστηκαν ανά δέντρο την περίοδο 2019 και 2020.

Έτος	Λίπασμα (γρ/δέντρο)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
2019	673	200	587
2020	1000	200	700

2.3 Μετρήσεις στο εργαστήριο- Χαρακτηριστικά καρπών

Η πρώιμη συγκομιδή έλαβε χώρα στα μέσα Αυγούστου με στόχο να διερευνηθεί η σημασία των διαφυλλικών ψεκασμών στην ανάπτυξη του καρπού, στη λειτουργία των φύλλων και στην προετοιμασία του φυτού για την επόμενη χρονιά.

Κατά τη συγκομιδή, συλλέχθηκαν οι καρποί από τα πειραματικά δέντρα και τα δέντρα του μάρτυρα για να μετρηθεί η παραγωγικότητα ανά δέντρο. Από τους καρπούς του κάθε δέντρου λήφθηκε δείγμα περίπου 30 καρπών, αποθηκεύτηκε σε σακούλα και μεταφέρθηκε στο εργαστήριο για εκτίμηση της ποιότητας. Η ποιότητα καρπού περιλάμβανε το διαχωρισμό σε περικάρπιο, ενδοκάρπιο και σπέρμα, μέτρηση του ποσοστού κλειστών, μέτρηση νωπού βάρους των τριών τμημάτων του καρπού, ξήρανση αυτών και μέτρηση του ξηρού βάρους αυτών.



Εικόνα 4. Διαδικασία συγκομιδής καρπών από τον πειραματικό αγρό.



Εικόνα 5. Συγκομιδή καρπών από τον πειραματικό αγρό (Πηγή: Νίκος Τσερλικάκης)

Συνολικά, ζυγίστηκαν 30 καρποί και υπολογίστηκε το νωπό βάρος του κάθε καρπού ξεχωριστά. Στην συνέχεια, ο κάθε καρπός διαχωρίστηκε σε σαρκώδες περικάρπιο, ξυλώδες ενδοκάρπιο και σπέρμα. Το κάθε επιμέρους τμήμα ζυγίστηκε μεμονωμένα ως το νωπό βάρος των επιμέρους αυτών τμημάτων. Κάθε ένα από τα παραπάνω τοποθετήθηκαν σε θήκες αλουμινίου και τοποθετήθηκε σε ξηραντήρα 80 °C. Σε κάθε θήκη αναγράφονταν το όνομα του εκάστοτε δέντρου και η μεταχείριση. Ανά τακτά χρονικά διαστήματα μετρήθηκαν στα ίδια δείγματα ανά είδος το βάρος του κάθε ιστού έως ότου η τιμή του βάρους να μην μεταβάλλεται περαιτέρω. Στο τέλος της ξήρανσης το βάρος του κάθε τμήματος του καρπού ήταν το ξηρό βάρος ανά τμήμα καρπού, δέντρου και μεταχείρισης.



Εικόνα 6. Καρποί που παραλήφθηκαν μετά τη συγκομιδή για μετρήσεις στο εργαστήριο.



Εικόνα 7. Το ενδοκάρπιο των καρπών ύστερα από αφαίρεση της ψίχας για μετρήσεις στο εργαστήριο.

2.4 Περαιτέρω υπολογισμοί από το ξηρό βάρος καρπών

Από τους καρπούς που συλλέχθηκαν την περίοδο συγκομιδής επιλέχθηκαν τυχαία 30 καρποί, μετρήθηκε το ξηρό βάρος των επιμέρους τμημάτων του καρπού, όπως περιεγράφηκε ανωτέρω. Κατόπιν υπολογίστηκε το ποσοστό % ξηρό βάρος [$100 \cdot (\text{ξηρό βάρος} / \text{νωπό βάρος})$] καρπού και των περικαρπίου, ενδοκαρπίου και σπέρματος επί του συνόλου για κάθε δείγμα και επανάληψη, και ο καταμερισμός νωπής και ξηράς ουσίας σε κάθε τμήμα του καρπού (περικάρπιο, ενδοκάρπιο, σπέρμα) ως ποσοστό επί του συνόλου του καρπού.

2.5 Μέτρηση χρώματος φύλλων

Με το χρωματόμετρο Minolta (μοντέλο CR-200, Konica-Minolta, Japan) μετρήθηκαν οι παράμετροι L^* , a^* , b^* του χρώματος των φύλλων των δέντρων-επαναλήψεων κάθε μεταχείρισης. Ο παράγοντας L^* (Lightness) είναι η φωτεινότητα του αντικειμένου

παίρνοντας τιμές από 0 (μαύρο) έως 100 (λευκό), ενώ ο παράγοντας a^* την ένταση του πράσινου χρώματος (όσο πιο αρνητική τιμή απομακρυνόμενη από το 0, τόσο πιο πράσινο το φυτικό μέρος), και ο παράγοντας b^* , όταν $b^* > 0$ δείχνει κίτρινη απόχρωση ενώ όταν $b^* < 0$ δείχνει μπλε απόχρωση (McGuire, 1992).

2.6 Στατιστική ανάλυση

Στο Εργ. Δενδροκομίας εφαρμόστηκε ανάλυση παραλλακτικότητας με παράγοντα την ποικιλία με το στατιστικό πακέτο SPSS (SPSS Statistics for Windows, Version 26.0, IBM Corporation, Armonk, NY, USA). Υπολογίστηκε η ελάχιστη σημαντική διαφορά και διαχωρίστηκαν οι μέσοι όροι με τη μέθοδο Tukey mean separation (επίπεδο σημαντικότητας 5%).

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Από την εδαφολογική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στον πειραματικό αγρό το έτος 2015, ένα από τα βασικά στοιχεία που σημειώθηκε είναι η χαμηλή συγκέντρωση του ανθρακικού ασβεστίου στα 30 cm από την επιφάνεια του δέντρου (4,6%) και η ακόμα πιο χαμηλή σε βάθος 30-60 cm στο έδαφος (2,9%). Παρόλα αυτά το εδαφικό pH ήταν υψηλό, επομένως υπήρχε πολύ υδατοδιαλυτό Ca που μπορεί με τη σειρά του να μειώνει τη διαθεσιμότητα του εδαφικού K στις ρίζες των δέντρων.

3.1 Μετρήσεις κατά το έτος 2019

Οι μετρήσεις που έγιναν κατά το έτος 2019 αφορούσαν μετρήσεις παραγωγής ανά δέντρο και μάζας καρπού (ενδοκάρπιο με σπέρμα) μετά την εμπορική ξήρανση. Η παραγωγή ανά δέντρο καταγράφηκε στο 1ο και στο 2ο 'χέρι' συγκομιδής.

Πίνακας 4. Επίδραση της επανειλημμένης διαφυλλικής εφαρμογής βιοδιεγερτών κατά το θέρους σε ώριμα δέντρα φιστικιάς το 2019 στην παραγωγή καρπών και στο μέγεθος του εμπορικού καρπού (ενδοκάρπιο και σπέρμα).¹

Παράμετρος	Μάρτυρας	Βιοδιεγέρτες
Παραγωγή/δέντρο 1ο χέρι (kg/δέντρο)	20,7 a	18,1 b
Παραγωγή/δέντρο 2ο χέρι (kg/δέντρο)	15,2 a	12,2 b
Συνολ. Παραγωγή/δέντρο (kg/δέντρο)	36,0 a	30,3 b
Μάζα ενδοκαρπίου +σπέρματος (g)	3,29a	3,26a

Η μέτρηση της παραγωγής καρπών και μεγέθους του εμπορικού καρπού, που περιλάμβανε ενδοκάρπιο και σπέρμα, παρουσίασε διαφορετική εικόνα στα πειραματικά δέντρα και στο μάρτυρα κατά τη 1η και 2η συγκομιδή και στη συνολική παραγωγή ανά δέντρο.

¹ Μέσοι όροι ανά παράμετρο (γραμμή) που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά (N=6).

Η επανειλημμένη διαφυλλική εφαρμογή αμινοξέων, εκχυλίσματος φυκιών και εξτρά πλήρους λιπάσματος μείωσε την παραγωγή καρπών κατά περίπου 20% σε σχέση με τον μάρτυρα (Πίνακας 4). Συγκεκριμένα, η μείωση της παραγωγής στα δέντρα που δέχθηκαν διαφυλλικούς βιοδιεγέρτες ήταν σημαντική στο 1ο 'χέρι' (περίπου κατά 12,6%), αλλά ακόμα πιο σημαντική στο 2ο 'χέρι' (περίπου 20%) (Πίνακας 4).

Στα δέντρα που δέχθηκαν διαφυλλικούς βιοδιεγέρτες στο 1ο 'χέρι' συγκομίστηκε το 60,2% της συνολικής παραγωγής, ενώ στα δέντρα του μάρτυρα στο 1ο 'χέρι' συγκομίστηκε το 58,1% της συνολικής παραγωγής.

Η μάζα εμπορικού καρπού (ενδοκάρπιο και σπέρμα) ήταν παρόμοια στα δέντρα που δέχθηκαν διαφυλλικούς βιοδιεγέρτες και στα δέντρα του μάρτυρα (Πίνακας 4).

3.2 Μετρήσεις κατά το έτος 2020

Τα υλικά και ψεκασμοί που διενεργήθηκαν το έτος 2019 στα δέντρα, διενεργήθηκαν παρομοίως και το έτος 2020 στα ίδια δέντρα. Ελήφθησαν μετρήσεις παραγωγής και ποιότητας καρπού.

Πίνακας 5. Επίδραση της επανειλημμένης διαφυλλικής εφαρμογής βιοδιεγερτών κατά το θέρος σε ώριμα δέντρα φιστικιάς το 2020 στην παραγωγή καρπών ανά δέντρο.

Παράμετρος	Μάρτυρας	Βιοδιεγέρτες
Συνολ. Παραγωγή/δέντρο (kg/δέντρο)	6,8 b	19,4 a

Μέσοι όροι ανά παράμετρο (γραμμή) που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά (N=6).

Τα δέντρα που ψεκάστηκαν με βιοδιεγέρτες το έτος 2020 είχαν πολύ πιο υψηλή παραγωγή καρπών (σχεδόν τριπλάσια) ανά δέντρο σε σχέση με τα δέντρα του μάρτυρα (Πίνακας 5).

3.2.1 Διαστάσεις καρπών

Η συγκομιδή των δέντρων και των δυο μεταχειρίσεων έγινε στα τέλη του μήνα Αύγουστου. Επειδή κατά την πρώιμη συγκομιδή που έγινε μέσα Αυγούστου αρκετοί

καρποί δεν είχαν ωριμάσει πλήρως ο παραγωγός προχώρησε και σε δεύτερη συγκομιδή τέλος Αυγούστου.

Πίνακας 6. Επίδραση της μεταχείρισης στις τρεις διαστάσεις του καρπού φιστικιών και στις σχέσεις μεταξύ των διαστάσεων σε δέντρα με διαφυλλικούς βιοδιεγέρτες ή όχι (μάρτυρας) στη συγκομιδή (Αύγουστο).²

Μεταχείριση	Μήκος L (mm)	Πλάτος ραφής T (mm)	Πλάτος Μάγουλα W (mm)	L/T	L/W	T/W
Μάρτυρας	21,6a	13,6a	12,26a	1,59a	1,76a	1,11a
Βιοδιεγέρτες	21,8a	13,8a	12,26a	1,59a	1,78a	1,12a

Μέσοι όροι ανά παράμετρο (γραμμή) που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά (N=6).

Το μήκος καρπού (L) δεν διαφοροποιήθηκε μεταξύ των δέντρων στις δύο μεταχειρίσεις (Πίνακας 6). Το πλάτος ραφής του καρπού (T) στον μάρτυρα ήταν ελάχιστα μικρότερο (μη σημαντικά) σε σχέση με τα ψεκασμένα. Όσον αφορά το πλάτος στα “μάγουλα” του καρπού (W) δεν υπήρξαν διαφοροποιήσεις στις δύο μεταχειρίσεις. Ακόμη, ο λόγος μήκος προς πλάτος ραφής καρπού (L/T) δεν παρουσίασε διαφορές στις δύο μεταχειρίσεις. Ο λόγος μήκος προς πλάτος στα “μάγουλα” (L/W) ήταν παρόμοιος και στις δύο μεταχειρίσεις. Ομοίως, ο λόγος πλάτος ραφής προς πλάτος στα μάγουλα (T/W) βρέθηκε παρόμοιος και χωρίς διαφορές στις δύο μεταχειρίσεις (Πίνακας 6).

3.2.2 Χρώμα καρπών

Οι μέσοι όροι ανά παράμετρο που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά (N=6). Στο ενδοκάρπιο ο παράγοντας L* δεν παρουσίασε διαφοροποιήσεις στα δέντρα των δυο μεταχειρίσεων. Στον μάρτυρα, η τιμή του παράγοντα a* ήταν

²Η επίδραση της μεταχείρισης αναφέρεται στις τρεις διαστάσεις του καρπού, L, το μήκος, T, το πλάτος ραφής και W, το πλάτος στα “μάγουλα” και στις σχέσεις μεταξύ των διαστάσεων, L/T, σχέση μήκος προς πλάτος ραφής, L/W, σχέση μήκος προς πλάτος στα “μάγουλα” και σχέση T/W, πλάτος ραφής προς πλάτος στα “μάγουλα” των καρπών.

σημαντικά μεγαλύτερη από την τιμή στα ψεκασμένα (Πίνακας 7). Σε αντίθεση, ο μάρτυρας δεν διαφοροποιήθηκε σε σχέση με τα ψεκασμένα με βιοδιεγέρτες δέντρα ως προς τον παράγοντα b* (Πίνακας 7).

Πίνακας 7. Επίδραση της μεταχείρισης στο χρώμα του ενδοκαρπίου φιστικιών, στους χρωματικούς παράγοντες L*, a*, b* το μήνα συγκομιδής (Αύγουστο) σε δέντρα ψεκασμένα με βιοδιεγέρτες ή όχι (μάρτυρας).

Μεταχείριση	Παράμετρος L*	Παράμετρος a*	Παράμετρος b*
Μάρτυρας	80a	1,69a	18,4a
Βιοδιεγέρτες	79,7a	1,47b	18,2a
Σημαντικότητα	NS	**	NS

Μέσοι όροι ανά παράμετρο (γραμμή) που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά (N=6).

Στο σπέρμα του μάρτυρα ο παράγοντας L* ήταν σημαντικά μικρότερος από τα πειραματικά (Πίνακας 8). Ακόμη, στο σπέρμα ο παράγοντας a* ήταν παρόμοιος μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων (Πίνακας 8). Τέλος, η παράμετρος b* δεν διαφοροποιήθηκε σημαντικά στις δυο μεταχειρίσεις (Πίνακας 8).

Πίνακας 8. Επίδραση της μεταχείρισης στο χρώμα του σπέρματος, στους χρωματικούς παράγοντες L*, a* και b* το μήνα συγκομιδής (Αύγουστο) σε δέντρα ψεκασμένα με βιοδιεγέρτες ή όχι (μάρτυρας).

Μεταχείριση	Παράμετρος L*	Παράμετρος a*	Παράμετρος b*
Μάρτυρας	38,2b	28,6a	8,6a
Βιοδιεγέρτες	40,2a	26,5a	9,2a
Σημαντικότητα	**	NS	NS

Μέσοι όροι ανά παράμετρο (γραμμή) που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά (N=6).

3.2.3 Ποιότητα καρπών

Πίνακας 9. Επίδραση της μεταχείρισης στο νωπό βάρος του καρπού σε φιστίκια τον Αύγουστο στην εμπορική συγκομιδή σε δέντρα ψεκασμένα με βιοδιεγέρτες ή όχι (μάρτυρας).

Μεταχείριση	Συνολικό νωπό βάρος καρπού (g)
Μάρτυρας	2,90a
Βιοδιεγέρτες	2,99a
Σημαντικότητα	NS

Μέσοι όροι ανά παράμετρο (γραμμή) που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά (N=6).

Το συνολικό βάρος του καρπού δεν παρουσίασε διαφοροποιήσεις στη μεταχείριση με διαφυλλικούς ψεκασμούς σε σχέση με τον μάρτυρα (Πίνακας 9). Σχετικά με το νωπό βάρος (NB) του περικαρπίου βρέθηκε σημαντικά μικρότερο στα δέντρα του μάρτυρα σε σχέση με τα ψεκασμένα με βιοδιεγέρτες (Πίνακας 10). Το NB του ενδοκαρπίου δεν παρουσίασε διαφορές στις δύο μεταχειρίσεις (Πίνακας 10). Παρόμοια εικόνα εμφάνισε και το NB του σπέρματος που δε διέφερε μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων (Πίνακας 10).

Πίνακας 10. Επίδραση της μεταχείρισης στο νωπό βάρος τμημάτων του καρπού, περικάρπιο, ενδοκάρπιο και σπέρμα, σε φιστίκια τον μήνα συγκομιδής (Αύγουστο) σε δέντρα ψεκασμένα με βιοδιεγέρτες ή όχι (μάρτυρας).

Μεταχείριση	Νωπό βάρος Περικαρπίου (g)	Νωπό βάρος Ενδοκαρπίου (g)	Νωπό βάρος Σπέρματος (g)
Μάρτυρας	1,15a	0,59a	0,94a
Βιοδιεγέρτες	1,24b	0,60a	0,97a
Σημαντικότητα	*	NS	NS

Μέσοι όροι ανά παράμετρο (γραμμή) που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά (N=6).

Δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές στα ξηρά βάρη των τριών τμημάτων του καρπού μεταξύ του μάρτυρα και των ψεκασμένων δέντρων (Πίνακας 11). Το ξηρό βάρος (ΞΒ) στο περικάρπιο που συλλέχθηκε τον Αύγουστο από τις δύο συγκομιδές στις δύο μεταχειρίσεις ήταν το ίδιο. Παρόμοια εικόνα εμφάνισε το ΞΒ του ενδοκαρπίου και του σπέρματος μετά την ξήρανσή τους.

Πίνακας 11. Επίδραση της μεταχείρισης στο ξηρό βάρος τμημάτων του καρπού, περικάρπιο, ενδοκάρπιο και σπέρμα, σε φιστίκια στην εμπορική συγκομιδή σε δέντρα ψεκασμένα με βιοδιεγέρτες ή όχι (μάρτυρας).

Μεταχείριση	Ξηρό Βάρος περικαρπίου (g)	Ξηρό Βάρος ενδοκαρπίου (g)	Ξηρό Βάρος σπέρματος (g)
Μάρτυρας	0,25	0,50	0,65
Βιοδιεγέρτες	0,25	0,51	0,66
Σημαντικότητα	NS	NS	NS

Πίνακας 12. Επίδραση της μεταχείρισης στο ποσοστό ξηράς ουσίας τμημάτων του καρπού, περικάρπιο, ενδοκάρπιο και σπέρμα, σε φιστίκια στην εμπορική συγκομιδή σε δέντρα ψεκασμένα με βιοδιεγέρτες ή όχι (μάρτυρας).

Μεταχείριση	Ξηρά ουσία περικαρπίου (%)	Ξηρά ουσία ενδοκαρπίου (%)	Ξηρά ουσία σπέρματος (%)
Μάρτυρας	21,6a	84,7	69,3a
Βιοδιεγέρτες	20,8b	84,5	68,0b
Σημαντικότητα	*	NS	*

Μέσοι όροι ανά παράμετρο (γραμμή) που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά (N=6).

Όσον αφορά την επίδραση της μεταχείρισης στο ποσοστό % ξηράς ουσίας στα τρία τμήματα του καρπού, το ποσοστό % ξηράς ουσίας (ΞΟ) στο περικάρπιο του καρπού ήταν μεγαλύτερο στον μάρτυρα από αυτό στη μεταχείριση με βιοδιεγέρτες (Πίνακας 12). Αυτό βρέθηκε να συμβαίνει και στο ποσοστό % ξηράς ουσίας (ΞΟ) στο σπέρμα που εμφανίστηκε αυξημένο στον μάρτυρα και μειωμένο στη μεταχείριση με διαφυλλικά. Ακόμη, στο ενδοκάρπιο το ποσοστό % ΞΟ ήταν παρόμοιο στις δύο μεταχειρίσεις (Πίνακας 12).

Πίνακας 13. Επίδραση της μεταχείρισης στο ποσοστό καταμερισμού του νωπού βάρους τμημάτων του καρπού, περικάρπιο, ενδοκάρπιο και σπέρμα στο συνολικό βάρος⁴.

Μεταχείριση	Καταμερισμός νωπού βάρους περικαρπίου (%)	Καταμερισμός νωπού βάρους ενδοκαρπίου (%)	Καταμερισμός νωπού βάρους σπέρματος (%)

Μάρτυρας	39,6a	20,4a	32,4a
Βιοδιεγέρτες	40,5a	20,1a	32,4a
Σημαντικότητα	NS	NS	NS

Μέσοι όροι ανά παράμετρο (γραμμή) που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά (N=6).

Ο καταμερισμός νωπού βάρους (NB) στο περικάρπιο ήταν παρόμοιος στον μάρτυρα σε σχέση με τα πειραματικά δέντρα (Πίνακας 13). Παρόμοια εικόνα παρουσίασε ο καταμερισμός νωπού βάρους (NB) στο ενδοκάρπιο, χωρίς διαφορές μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων (Πίνακας 13). Τέλος, το ποσοστό % του NB που κατανέμονταν στο σπέρμα ήταν ίδιο και στις δύο μεταχειρίσεις (Πίνακας 13).

Πίνακας 14. Επίδραση της μεταχείρισης στο ποσοστό καταμερισμού του ξηρού βάρους τμημάτων του καρπού, περικάρπιο, ενδοκάρπιο και σπέρμα στο συνολικό βάρος του καρπού σε φιστίκια στην εμπορική συγκομιδή σε δέντρα ψεκασμένα με βιοδιεγέρτες ή όχι (μάρτυρας).

Μεταχείριση	Καταμερισμός ξηρού βάρους περικαρπίου (%)	Καταμερισμός ξηρού βάρους ενδοκαρπίου (%)	Καταμερισμός ξηρού βάρους σπέρματος (%)
Μάρτυρας	17,7a	35,8a	46,5a
Βιοδιεγέρτες	17,7a	35,8a	46,4a
Σημαντικότητα	NS	NS	NS

Μέσοι όροι ανά παράμετρο (γραμμή) που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά (N=6).

Ο καταμερισμός του ξηρού βάρους (ΞΒ) στο περικάρπιο ήταν ο ίδιος στις δύο μεταχειρίσεις (Πίνακας 14). Παρόμοια εικόνα παρουσίασε ο καταμερισμός του ξηρού βάρους (ΞΒ) στο ενδοκάρπιο τόσο για τα δέντρα του μάρτυρα όσο και για τα πειραματικά (Πίνακας 14). Τέλος, δεν παρατηρήθηκαν διαφοροποιήσεις στον καταμερισμό του ξηρού βάρους (ΞΒ) στο σπέρμα από τις συγκομιδές των δύο μεταχειρίσεων (Πίνακας 14).

Πίνακας 15. Επίδραση της μεταχείρισης στο ποσοστό του νωπού και ξηρού τμήματος του σπέρματος καρπού στο κόκκαλο στο συνολικό βάρος.

Μεταχείριση	Νωπό σπέρμα στο κόκκαλο (%)	Ξηρό σπέρμα στο κόκκαλο (%)
Μάρτυρας	61,3a	56,5a
Βιοδιεγέρτες	61,7a	56,4a
Σημαντικότητα	NS	NS

Μέσοι όροι ανά παράμετρο (γραμμή) που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά (N=6).

Όσον αφορά την επίδραση της μεταχείρισης στο ποσοστό νωπής ουσίας στο σπέρμα σε σχέση με το ‘κόκκαλο’, η μεταχείριση με την εφαρμογή βιοδιεγερτών δεν επηρέασε την τιμή του ποσοστού νωπού σπέρματος στο ‘κόκκαλο’ (Πίνακας 15). Αντίστοιχα, το ποσοστό ξηρού σπέρματος στο ‘κόκκαλο’ δεν επηρεάστηκε από τη μεταχείριση των βιοδιεγερτών σε σχέση με τη μεταχείριση του μάρτυρα (Πίνακας 15).

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σκοπός της διατριβής ήταν να προκύψουν συμπεράσματα για την επίδραση της εφαρμογής των ψεκασμών με βιοδιεγέρτες στην ανάπτυξη του καρπού, στη λειτουργία των φύλλων και στην προετοιμασία του φυτού για την επόμενη χρονιά.

Τα αποτελέσματα που μας έδωσε η μέτρηση της παραγωγής καρπών και μεγέθους του εμπορικού καρπού, που περιλάμβανε ενδοκάρπιο και σπέρμα, το έτος 2019 παρουσίασε σημαντικό προβάδισμα για τα δέντρα του μάρτυρα κατά τη 1η και 2η συγκομιδή. Με άλλα λόγια, η διαφυλλική εφαρμογή αμινοξέων, εκχυλίσματος φυκιών και εξτρά πλήρους λιπάσματος δεν βοήθησε στην παραγωγή καρπών. Συγκεκριμένα, οι διαφυλλικοί ψεκασμοί βιοδιεγερτών προκάλεσαν σημαντική μείωση της παραγωγής κατά περίπου 20% όσον αφορά το μάρτυρα στη 1η αλλά και στη 2η συγκομιδή (Πίνακας 4). Αυτό προφανώς οφείλεται στη μικρότερη ηρτημένη παραγωγή καρπών στα δέντρα που ψεκάστηκαν με βιοδιεγέρτες. Ποσοστό περίπου 60,2% της συνολικής παραγωγής συγκομίστηκε κατά την 1η συγκομιδή, χωρίς διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων, παρότι στα δέντρα που ψεκάστηκαν βιοδιεγέρτες η ηρτημένη παραγωγή ήταν μειωμένη. Η μάζα εμπορικού καρπού (ενδοκάρπιο και σπέρμα) δεν επηρεάστηκε από τους ψεκασμούς με βιοδιεγέρτες παρότι αυτοί ψεκάστηκαν και κατά την περίοδο ανάπτυξης του σπέρματος.

Το έτος 2020 σημειώθηκε αύξηση στη παραγωγή καρπών ανά δέντρο στα δέντρα που μεταχειρίστηκαν με βιοδιεγέρτες σε σύγκριση με τα δέντρα του μάρτυρα, αύξηση που ήταν σχεδόν τρεις φορές μεγαλύτερη. Αυτό οφείλεται στην καλύτερη διατήρηση των οφθαλμών κατά το προηγούμενο έτος 2019 ή στην καλύτερη καρπόδεση, αν υπήρχε παρόμοιος αριθμός ανθέων. Το πρώτο είναι το πιθανότερο, αλλά δεν μετρήθηκε κάτι σχετικό για να μπορέσουμε να εξηγήσουμε αυτή τη σημαντική αύξηση της καρποφορίας.

Είναι γνωστό ότι στη φιστικιά εκδηλώνεται το φαινόμενο της παρενιαυτοφορίας (alternate bearing). Αφορά την οφθαλμόπτωση ανθοφόρων οφθαλμών στους ετήσιους βλαστούς όταν οι διπλανοί περυσίνοι βλαστοί φέρουν καρπούς και εκδηλώνεται εντός των καλοκαιρινών μηνών. Έχει παρατηρηθεί ότι η πλήρωση του ενδοκαρπίου του φιστικιού ακολουθεί ανοδική πορεία από τις τελευταίες μέρες του μήνα Μάιου μέχρι το μήνα Ιούλιο, όπου και επέρχεται το μέγιστο ποσοστό πλήρωσης (Amiri, 2009, Marino et al., 2022, Vemmos, 1994). Έχει βρεθεί ότι το φαινόμενο αυτό επηρεάζεται από τα γενετικά χαρακτηριστικά των ποικιλιών (Esmailpour Rafsanjan (Iran) & Khezri, n.d.). Λόγω του έντονου αυτού φαινομένου τα δέντρα παρουσιάζουν εναλλαγές στη καρποφορία από έτος καρποφορίας σε έτος ακαρπίας με αποτέλεσμα να υπάρχουν

διακυμάνσεις και στην ετήσια παραγωγή καρπών. Παρ' όλο που ο μηχανισμός και οι αιτίες του φαινομένου αυτού δεν έχουν διευκρινιστεί, η οφθαλμόπτωση μπορεί να λάβει χώρα είτε στο πρώιμο στάδιο ανάπτυξης των καρπών και αφορά όλα τα δέντρα που είτε στο όψιμο στάδιο όπου και εμφανίζεται αποκλειστικά σε κλαδιά που φέρουν καρπούς. Κατά το έτος ακαρπίας παρατηρείται το φαινόμενο της αποκοπής και πτώσης των ανθοφόρων οφθαλμών που βρίσκονται μπροστά από τους καρπούς (Crane & Nelson, 1971), έτσι τελικά διατηρούνται λιγότεροι οφθαλμοί και φυσικά η καρποφορία την επόμενη χρονιά είναι πολύ μειωμένη. Κατά το έτος καρποφορίας οι ανθοφόροι οφθαλμοί, οι οποίοι εκπτύσσονται με τους βλαστοφόρους οφθαλμούς στα τέλη Μαρτίου, ανθίζουν στα μέσα Απριλίου με αρχές Μαΐου και οι νέοι βλαστοί και καρπίδια αναπτύσσονται σημαντικά έως και τον Ιούνιο. Μέχρι τότε οι καρποί φτάνουν στο τελικό τους μέγεθος, αλλά το σπέρμα θα αναπτυχθεί κατά τον Ιούλιο-Αύγουστο.

Το φαινόμενο της παρενιαυτοφορίας δεν συμβαίνει τόσο έντονα στην ποικιλία Ποντική, η οποία έχει ως χαρακτηριστικό της να συγκρατεί μέρος των οφθαλμών της να μην πέσουν τους καλοκαιρινούς μήνες. Το έτος 2019 θα μπορούσε να θεωρηθεί έτος καρποφορίας και το έτος 2020 έτος ακαρπίας. Η εφαρμογή βιοδιεγερτών πιθανώς να αύξησε τον αριθμό οφθαλμών των πειραματικών δέντρων αποτρέποντας εν μέρει την οφθαλμόπτωση το έτος 2019 με αποτέλεσμα να έχουμε αυξημένη άνθηση αυτών το επόμενο έτος. Αυτό μπορεί να εξηγήσει την εμφανώς αυξημένη παραγωγή καρπών/δέντρο στα πειραματικά δέντρα, πράγμα που δε συνέβη στα δέντρα του μάρτυρα που παρουσίασαν έντονη παρενιαυτοφορία, και τελικά έως και 3 φορές μικρότερη παραγωγή το 2020 από το 2019. Έτσι, είναι πιθανό ότι η εφαρμογή βιοδιεγερτών μείωσε το φαινόμενο παρενιαυτοφορίας, με άμεση απόδειξη ότι τελικά το έτος 2020 παραλήφθηκε το 65% της παραγωγής του 2019 στα πειραματικά δέντρα σε αντίθεση με το μειωμένο ποσοστό 19% της παραγωγής του 2019 στα δέντρα του μάρτυρα. Στη μειωμένη ένταση παρενιαυτοφορίας στα πειραματικά δέντρα πιθανώς να συνέβαλε και η μικρότερη συνολική παραγωγή καρπών/δέντρο του έτους 2019.

Σύμφωνα με έρευνα (Mondragón-Valero et al., 2020) που έγινε σχετικά με την εφαρμογή βιοδιεγερτών (αμινοξέων και χουμικών) σε άλλες καλλιέργειες, όπως αυτή της αμυγδαλιάς, η λίπανση με βιοδιεγέρτες είχε θετικό αντίκτυπο στην ανάπτυξη των φυτών σε βλαστικό και ριζικό επίπεδο και συνέβαλε στην καλύτερη και πιο γρήγορη προσαρμογή των καλλιεργειών αμυγδάλου στον δενδρώνα.

4.1 Διαστάσεις καρπών

Η εφαρμογή διαφυλλικών βιοδιεγερτών δεν επηρέασε τις διαστάσεις των καρπών της ποικιλίας Ποντική και συγκεκριμένα του ενδοκαρπίου και σπέρματος. Με αυτόν τον τρόπο επιβεβαιώνεται η γενετική φύση του χαρακτηριστικού του σχήματος των καρπών που παραμένει ανεπηρέαστη από τη μεταχείριση με βιοδιεγέρτες στο στάδιο ανάπτυξής τους. Ως επακόλουθο, οι μετρήσεις στο μήκος, πλάτος ραφής και πλάτος στα 'μάγουλα' του καρπού δεν παρουσίασαν αλλαγές.

4.2 Χρώμα καρπού

Στους καρπούς ποικιλίας Ποντική πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στο χρώμα ενδοκαρπίου και σπέρματος στα δέντρα που δέχτηκαν ψεκασμό με βιοδιεγέρτες και στα δέντρα-μάρτυρες. Σημειώθηκε ότι οι καρποί της μεταχείρισης με βιοδιεγέρτες είχαν ελαφρά πιο λευκό ενδοκάρπιο και πιο ανοικτόχρωμο λιγότερο χρωματιστό κοκκινωπό σπέρμα σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Αυτό σημαίνει ότι μερικώς οι βιοδιεγέρτες βελτίωσαν τη μακροσκοπική ποιότητα των φιστικιών, καθώς ο λευκότερος χρωματισμός είναι επιθυμητός στα φιστίκια.

4.3 Ποιότητα καρπών/ Καταμερισμός νωπής και ξηράς ουσίας στα μέρη του καρπού

Τα φιστίκια της ποικ. Ποντική που συλλέχθηκαν από τα ψεκασμένα δέντρα είχαν παρόμοια συνολική νωπή και ξηρή μάζα καρπού με τα φιστίκια του μάρτυρα. Όμως, η νωπή μάζα του περικαρπίου ήταν αρκετά μεγαλύτερη στους καρπούς που συλλέχθηκαν από τα δέντρα του πειράματος. Ακόμη, η νωπή μάζα του ενδοκαρπίου και του σπέρματος ήταν παρόμοια και στις δύο μεταχειρίσεις.

Όσον αφορά τη συνολική ξηρή μάζα του καρπού, δεν παρουσίασε διαφοροποίηση στους καρπούς των δέντρων που δέχτηκαν βιοδιεγέρτες και στους καρπούς των δέντρων που δεν δέχτηκαν. Οι καρποί που ψεκάστηκαν με βιοδιεγέρτες είχαν παρόμοια ξηρή μάζα περικαρπίου, ενδοκαρπίου και σπέρματος με τον μάρτυρα. Άρα, οι ψεκασμοί δεν τροποποίησαν το συνολικό βάρος του καρπού και το ξηρό βάρος στα μέρη του καρπού, σε όλες τις συγκομιδές, παρότι η ηρτημένη παραγωγή ήταν πολύ μεγαλύτερη στα ψεκασμένα με βιοδιεγέρτες δέντρα.

Ακόμα, οι διαφυλλικοί ψεκασμοί επηρέασαν την επι τις εκατό μάζα ξηράς ουσίας στα μέρη του περικαρπίου και σπέρματος, ενώ στο ενδοκάρπιο δεν παρατηρήθηκαν διαφοροποιήσεις. Ειδικότερα, η επι τις εκατό ξηρά ουσία στο περικάρπιο και σπέρμα στους καρπούς των δέντρων που δέχτηκαν βιοδιεγέρτες ήταν μικρότερη συγκριτικά με τους καρπούς του καρπούς του μάρτυρα.

Ο καταμερισμός νωπής ουσίας σε συγκεκριμένα μέρη του καρπού ήταν διαφορετικός σε κάθε μεταχείριση. Συγκεκριμένα, το νωπό βάρος στα φιστίκια των πειραματικών δέντρων κατανεμήθηκε περισσότερο στο περικάρπιο και σε παρόμοιο ποσοστό στο σπέρμα και στο ενδοκάρπιο σε σχέση με τα φιστίκια του μάρτυρα. Αντίθετα, παρ' όλο που υπερερούσε το ποσοστό ξηρής ουσίας στο περικάρπιο και σπέρμα των δέντρων του μάρτυρα, το ξηρό βάρος στα φιστίκια κατανεμήθηκε με ίδιο τρόπο και στις δυο μεταχειρίσεις. Τέλος, οι καρποί των πειραματικών δέντρων είχαν παρόμοιο ποσοστό σπέρματος στο 'κόκκαλο' μετρημένο στο νωπό και στο ξηρό με τα δέντρα του μάρτυρα, με αποτέλεσμα να συμπεράνουμε ότι οι διαφυλλικοί ψεκασμοί δεν επηρέασαν το ποσοστό σπέρματος στο 'κόκκαλο' (σημαντικό εμπορικό χαρακτηριστικό).

Δημιουργείται το ερώτημα γιατί να μην βελτιώθηκε η παραγωγή ή η ανάπτυξη των καρπών. Ο αριθμός καρπών προφανώς ήταν ήδη δεδομένος το 2019 και παρότι μικρότερος στα ψεκασμένα δέντρα δεν βελτίωσε το μέγεθος καρπού και του εδώδιμου τμήματος αυτού.

Συμπερασματικά, η μεταχείριση με τους διαφυλλικούς ψεκασμούς το έτος 2020 δεν επηρέασαν θετικά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του καρπού, όπως μέγεθος και ποσοστό εδώδιμου τμήματος. Δηλαδή, δε παρατηρήθηκε αύξηση στο μέγεθος καρπού και στη νωπή και ξηρή μάζα του καρπού. Αντιθέτως, μείωσαν το ποσοστό ξηρής ουσίας στο σπέρμα. Θα πρέπει όμως να ληφθεί υπόψιν ότι το 2020 η παραγωγή καρπών ανά πειραματικό δέντρο ήταν σχεδόν τριπλάσια από αυτή του μάρτυρα. Ως εκ τούτου, θα περιμέναμε με τόσο μεγάλη παραγωγή και εμφανή μείωση του μεγέθους των καρπών. Με έμμεσο τρόπο παρατηρείται ότι η ανάπτυξη των καρπών ή η ανάπτυξη του καρπού είναι σχετικά ανεξάρτητη από την ηρτημένη παραγωγή.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Είναι ευρέως γνωστό ότι οι βιοδιεγέρτες χρησιμοποιούνται στα φυτά σε συνδυασμό με το πρόγραμμα θρέψης του καλλιεργητή για να βελτιώσουν την ανάπτυξη των φυτών, να ενισχύσουν ποιοτικά την παραγωγή, και να βελτιώσουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καλλιεργειών (E.B.I.C 2011), αλλά και να βελτιστοποιήσουν τη συμπεριφορά των φυτών και την αντοχή τους σε αντίξοες συνθήκες, όπως αβιοτικό και βιοτικό στρες (π.χ. αλατότητα, ξηρασία, θερινή θερμική καταπόνηση) (Sharma S et al., 2014). Γνωρίζοντας για τη δράση των βιοδιεγερτών πραγματοποιήθηκε η παρούσα διατριβή με αρχική υπόθεση ότι οι ψεκασμοί με βιοδιεγέρτες θα αυξήσουν την παραγωγικότητα των δέντρων φιστικιάς. Τα συμπεράσματα που απορρέουν από την πορεία της διατριβής είναι:

- Τα δέντρα που ψεκάστηκαν με βιοδιεγέρτες είχαν πολύ πιο υψηλή παραγωγή καρπών (σχεδόν τριπλάσια) ανά δέντρο σε σχέση με τα δέντρα του μάρτυρα.
- Οι καρποί που ψεκάστηκαν με βιοδιεγέρτες είχαν ελαφρά πιο λευκό ενδοκάρπιο και πιο ανοιχτόχρωμο λιγότερο χρωματιστό σπέρμα από τον μάρτυρα.
- Οι καρποί που ψεκάστηκαν με βιοδιεγέρτες είχαν παρόμοια συνολική νωπή μάζα καρπού, υψηλότερη νωπή μάζα περικαρπίου, παρόμοια νωπή μάζα ενδοκαρπίου και ελαφρά μεγαλύτερη νωπή μάζα σπέρματος από τον μάρτυρα.
- Οι καρποί που ψεκάστηκαν με βιοδιεγέρτες είχαν παρόμοια ξηρή μάζα περικαρπίου, ενδοκαρπίου και σπέρματος με τον μάρτυρα.
- Οι καρποί που ψεκάστηκαν με βιοδιεγέρτες είχαν μικρότερο ποσοστό % ΞΟ στο περικάρπιο και στο σπέρμα και παρόμοιο ποσοστό % ΞΟ στο ενδοκάρπιο σε σχέση με τον μάρτυρα.
- Οι καρποί που ψεκάστηκαν με βιοδιεγέρτες είχαν παρόμοιο καταμερισμό νωπής ουσίας στα τρία μέρη του καρπού με τον μάρτυρα.
- Οι καρποί που ψεκάστηκαν με βιοδιεγέρτες είχαν παρόμοιο καταμερισμό ξηρής ουσίας στα τρία μέρη του καρπού με τον μάρτυρα.
- Οι καρποί που ψεκάστηκαν με βιοδιεγέρτες είχαν παρόμοιο ποσοστό % σπέρματος στο 'κόκκαλο' (ενδοκάρπιο και σπέρμα) μετρημένο στο νωπό και στο ξηρό σε σχέση με τον μάρτυρα.
- Οι καρποί που ψεκάστηκαν με βιοδιεγέρτες είχαν παρόμοιες διαστάσεις καρπού (χωρίς το περικάρπιο, μετρημένες στο 'κόκκαλο') με τον μάρτυρα.

Συνοψίζοντας, οι ψεκασμοί με βιοδιεγέρτες τριπλασίασαν την παραγωγή, δεν βελτίωσαν με κάποιο τρόπο την ποιότητα των φιστικιών, αντίθετα μείωσαν την ξηρά ουσία που συσσωρεύτηκε στο σπέρμα χωρίς όμως να επηρεαστεί η ξηρή του μάζα. Λόγω της παρεναιτοφορίας και της ελάχιστης γνώσης για τη συγκεκριμένη ποικιλία στις συνθήκες της περιοχής κεντρικής Θεσσαλίας περαιτέρω δοκιμές είναι απαραίτητες για να διευκρινιστεί η επίδραση των ψεκασμών με βιοδιεγέρτες στην παρεναιτοφορία και τον καταμερισμό νωπής και ξηρής ουσίας στο καρπό της φιστικιάς ποικ. Ποντική.

Βιβλιογραφία

- Amiri, M. (2009). Physiological influence of N in preventing of alternate-bearing of pistachio (*Pistacia vera* cv. Kalleh-ghuchi). *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 7.
- Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil*, 383(1), 3–41. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>
- du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196, 3–14. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
- El Zerey-Belaskri, Asma. (2019). Taxonomic and botanical retrospective review of *Pistacia atlantica* Desf. (Anacardiaceae).
- Esmailpour Rafsanjan (Iran), A. (Pistachio R. Inst., & Khezri, M. (n.d.). Abscission of inflorescence buds as affected by genetic characteristics in some Iranian commercial pistachio cultivars. In *International Journal of Agriculture and Biology (Pakistan): Vol. v. 8*.
- Halpern, B. S., Frazier, M., Potapenko, J., Casey, K. S., Koenig, K., Longo, C., Lowndes, J. S., Rockwood, R. C., Selig, E. R., Selkoe, K. A., & Walbridge, S. (2015). Spatial and temporal changes in cumulative human impacts on the world's ocean. *Nature Communications*, 6, 7615. <https://doi.org/10.1038/ncomms8615>
- Koukoulakis, P., Chatzissavvidis, C., Papadopoulos, A., & Pontikis, D. (2013). Interactions between leaf macronutrients, micronutrients and soil properties in pistachio (*Pistacia vera* L.) orchards. *Acta Botanica Croatica*, 72(2), 295–310. <https://doi.org/https://doi.org/10.2478/v10184-012-0021-9>
- Machado, V., Pacheco, A., & Carvalho, M. (2014). Effect of biostimulant application on production and flavonoid content of marigold (*Calendula officinalis* L.). *Revista Ceres*, 61, 983–988. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201461060014>
- Marino, G., Guzmán-Delgado, P., Caruso, T., & Marra, F. P. (2022). Modeling seasonal branch carbon dynamics in pistachio as a function of crop load. *Scientia Horticulturae*, 296, 110875. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.110875>

- Melo, P., Abreu, C., Bahcevandziev, K., Araujo, G., & Pereira, L. (2020). Biostimulant effect of marine macroalgae bioextract on pepper grown in greenhouse. *Applied Sciences*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/app10114052>
- Mengel, K., Kirkby, E. A., Kosegarten, H., & Appel, T. (2001). *Fertilizer Application BT - Principles of Plant Nutrition* (K. Mengel, E. A. Kirkby, H. Kosegarten, & T. Appel, Eds.; pp. 337–396). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-010-1009-2_6
- Mondragón-Valero, A., Malheiro, R., Salazar, D., Tomé, J., Pereira, J., & López-Cortés, I. (2020). The development of the radicular and vegetative systems of almond trees with different rootstocks following the application of biostimulants. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 18, e0904. <https://doi.org/10.5424/sjar/2020184-14787>
- Povero, G., Mejia, J. F., di Tommaso, D., Piaggese, A., & Warrior, P. (2016). A systematic approach to discover and characterize natural plant biostimulants. *Frontiers in Plant Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00435>
- Sharma S, Alfatah M, Bari VK, Rawal Y, Paul S, & Ganesan K. (2014). Sharma_S_et_al_2014_citationnbib. *Antimicrobial Agents Chemotherapy*, 58(4), 2409–2414.
- Uriu, K., & Crane, J. C. (1977). Mineral element changes in pistachio [*Pistacia vera*] leaves. *Journal American Society for Horticultural Science: Vol. v. 102*.
- van Oosten, M. J., Pepe, O., de Pascale, S., Silletti, S., & Maggio, A. (2017). The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 4(1), 5. <https://doi.org/10.1186/s40538-017-0089-5>
- Vemmos, S. (1994). Net photosynthesis, stomatal conductance, chlorophyll content and specific leaf weight of pistachio trees (cv. Aegenes) as influenced by fruiting. *Journal of Horticultural Science*, 69, 775–782. <https://doi.org/10.1080/14620316.1994.11516512>
- Zakynthinos, G., & Rouskas, D. (1995). Pistachio growing in Greece. *Acta Horticulturae*, 423–425. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1995.419.70>
- Zohary M., 1950-1952. A monographical study of the genus Pistachio. In: *Palestine Journal of Botany Jerusalem*, ser., 5, 187-228.