



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΑΣ
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ



**Επίδραση βιοδιεγερτών στην ανάπτυξη νεαρών
δέντρων φιστικιάς**

Δαύρη Βασιλική

Επιβλέπων καθηγητής: Νάνος Δ. Γεώργιος

Βόλος, 2021

Επίδραση βιοδιεγερτών στην ανάπτυξη νεαρών δέντρων φιστικιάς

Biostimulants on young pistachio tree growth

Τριμελής εξεταστική επιτροπή:

Νάνος Δ. Γεώργιος, Καθηγητής Δενδροκομίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (Επιβλέπων)

Δαναλάτος Νικόλαος, Καθηγητής Γεωργία-Οικολογία Φυτών Μεγάλης Καλλιέργειας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (Μέλος)

Αντωνιάδης Βασίλειος, Αναπληρωτής Καθηγητής Εφαρμοσμένης Εδαφολογίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (Μέλος)

Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας, η οποία εκπονήθηκε σύμφωνα με τον Κανονισμό Εκπόνησης Πτυχιακής Εργασίας του Τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος.

Ευχαριστίες

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κύριο Νάνο, Καθηγητή Δενδροκομίας, για την ανάθεση του θέματος αλλά και τη διαρκή καθοδήγηση και στήριξη τόσο κατά τη διάρκεια των πειραμάτων, όσο και κατά τη συγγραφή και τη διόρθωση της πτυχιακής μου διατριβής.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κα. Περσεφόνη Μαλέτσικα, διδάκτορα Γεωπόνου, συνεργάτιδα του εργαστηρίου δενδροκομίας του Π.Θ, την κα. Τριανταφυλλιά Γεωργουδάκη, υποψήφια διδάκτορα Δενδροκομίας, συνεργάτιδα του εργαστηρίου Δενδροκομίας του Π.Θ. και την Ευαγγελία Παναγιωτάκη, μέλος Ε.ΔΙ.Π. του Π.Θ, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση κατά τη διάρκεια των εργαστηριακών μετρήσεων. Ακόμα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Νικόλαο Τσιρόπουλο, Καθηγητή Χημείας, που επέτρεψε τη χρήση του εργαστηρίου του για τη διεξαγωγή μέρους των μετρήσεών μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου που μου έδωσαν την δυνατότητα να σπουδάσω και μου παρείχαν απλόχερα οτιδήποτε χρειάστηκα, τον πατέρα μου που πραγματοποίησε όλους τους αναγκαίους ψεκασμούς και τις αδερφές μου, Αθηνά και Κωνσταντίνα, για την συνεχή συμπαράσταση.

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή.....	1
1.1 Ιστορικά Στοιχεία και Σημαντικότητα Φιστικιάς για την Ελλάδα.....	1
1.2 Γενικές Πληροφορίες και Στοιχεία για την Καλλιέργεια της Φιστικιάς.....	2
1.3 Θρεπτική αξία φιστικιού.....	3
1.4 Στοιχεία Φυσιολογίας της φιστικιάς.....	3
1.5 Λίπανση – γενικά στοιχεία.....	4
1.5.1 Παράγοντες που επηρεάζουν τη λιπαντική αγωγή.....	5
1.5.2 Άζωτο.....	5
1.5.3 Φώσφορος.....	6
1.5.4 Κάλιο.....	6
1.5.5 Χαλκός.....	7
1.5.6 Ασβέστιο.....	7
1.5.7 Λίπανση από το έδαφος.....	8
1.5.8 Διαφυλλική Λίπανση.....	8
1.5.9 Λίπανση νεαρής φιστικιάς.....	9
1.5.10 Λίπανση φιστικιάς σε παραγωγική ηλικία.....	10
1.6 Βιοδιεγέρτες.....	10
1.6.1 Γενικές πληροφορίες Βιοδιεγερτών.....	10
1.6.2 Αμινοξέα.....	11
1.6.3 Φύκη.....	12
1.6.4 Χουμικά και Φουλβικά οξέα.....	12
1.7 Χαρακτηριστικά Φύλλων - Ειδικό Βάρος και Ξηρά ουσία.....	13
1.8 Χλωροφύλλες a και b.....	13

1.9 Σκοπός Ερευνητικής Εργασίας.....	14
2. Υλικά και Μέθοδοι.....	14
2.1 Πειραματικός αγρός.....	14
2.2 Καλλιεργητικές φροντίδες.....	14
2.3 Μεταχειρίσεις.....	15
2.3.1 Λίπανση Μάρτυρα.....	16
2.3.2 Εφαρμογές στα Πειραματικά Δένδρα.....	17
2.4 Μετρήσεις.....	18
2.4.1 Συλλογή δειγμάτων και μετρήσεις εργαστηρίου 2019.....	18
2.4.2 Μετρήσεις αγρού 2020.....	22
2.5 Στατιστική Ανάλυση.....	23
3. Αποτελέσματα.....	23
3.1 Αποτελέσματα μετρήσεων του 2019.....	23
3.2 Αποτελέσματα μετρήσεων του 2020.....	30
4. Συζήτηση.....	33
Συμπεράσματα.....	37

Περίληψη

Η νεαρή φιστικιά στον αγρό αναπτύσσεται σχετικά με άλλα δενδροκομικά είδη πολύ σιγά. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα και την καθυστερημένη είσοδο στην παραγωγή καρπών πέραν της μειωμένης αποτελεσματικότητας χρήσης των εισροών συμπεριλαμβανομένου και του ηλιακού φωτός διαθέσιμου στον αγρό. Μελετήθηκε η επανειλημμένη διαφυλλική εφαρμογή οργανικών και ανόργανων θρεπτικών (οργανικό N, Ca, Cu και ανόργανο N, P και K) και βιοδιεγερτών (εκχυλίσματα φυκιών και αμινοξέων) από αρχές Μαΐου έως νωρίς τον Σεπτέμβριο. Μετρήθηκαν τα χαρακτηριστικά φύλλων και βλαστών δύο φορές μέσα στο έτος (τέλη Ιουλίου και αρχές Οκτωβρίου 2019) και επαναλήφθηκαν μετρήσεις ποικίλων χαρακτηριστικών βλαστών την επόμενη χρονιά (τέλη Απριλίου και τέλη Ιουλίου 2020). Τη χρονιά των διαφυλλικών εφαρμογών δεν βρέθηκε ουσιαστική βελτίωση της λειτουργικότητας των φύλλων και της ανάπτυξης των βλαστών. Αντίθετα, την επόμενη των διαφυλλικών ψεκασμών χρονιά, η βλαστική ανάπτυξη στα ψεκασμένα δέντρα ήταν μεγαλύτερη από τη βλαστική ανάπτυξη του μάρτυρα, που σημαίνει ότι οι ψεκασμοί είχαν κάποιο θετικό αποτέλεσμα στη βλαστική ανάπτυξη της φιστικιάς.

1. Εισαγωγή

1.1 Ιστορικά Στοιχεία και Σημαντικότητα Φιστικιάς για την Ελλάδα

Η φιστικιά (*Pistacia vera* L.) είναι μακρόβιο φυλλοβόλο δένδρο με καταγωγή από την Δυτική Ασία και την Μικρά Ασία και η άγρια μορφή της αυτοφυεί σε πολλές περιοχές όπως το Ιράν, ο Λίβανος, η Ινδία και η Συρία (Ferguson et al. 1980).

Ο πρώτος οργανωμένος φιστικεύνας στην Ελλάδα δημιουργήθηκε το 1860 στην περιοχή της Αθήνας από τον Δ. Παβλίδη στο Ψυχικό Αττικής. Είκοσι δύο χρόνια αργότερα, ο Γεννάδιος, έχοντας ως στόχο την εξάπλωση της καλλιέργειας και θέλοντας να συνεχίσει το έργο του Παβλίδη, δημιούργησε φυτώριο για την παραγωγή δένδρων φιστικιάς (Gennadios 1914). Στην Αίγινα, ο πρώτος εμπορικός φιστικεύνας εγκαταστάθηκε από τον Νικόλα Περόγλου περίπου το 1896. Εκείνος με την καθοδήγηση ειδικών επιστημόνων αλλά και πολλή προσωπική εργασία, κατάφερε να εξελίξει την καλλιέργεια και να πείσει πολλούς κατοίκους της περιοχής να φυτέψουν φιστικιές και έτσι η καλλιέργεια επεκτάθηκε στο νησί το οποίο δεν μπορούσε να υποστηρίξει πολλές άλλες καλλιέργειες λόγω της τοποθεσίας του δίπλα στη θάλασσα και του φτωχού εδάφους. Η Αίγινα αποτελούσε για πολλά χρόνια την κύρια περιοχή παραγωγής φιστικιού στην Ελλάδα (Chitzanidis 2010). Το 1996 τα φιστίκια που παράγονταν στην Αίγινα αναγνωρίστηκαν από την Ευρωπαϊκή Ένωση ως Προϊόν Προστατευόμενης Ονομασίας Προέλευσης (ΠΟΠ). Ως ΠΟΠ χαρακτηρίζονται επίσης και τα παραγόμενα φιστίκια στην Φθιώτιδα και τα Μέγαρα. Σήμερα, στην Ελλάδα η καλλιέργεια έχει επεκταθεί σε περιοχές με κλίμα ζεστό και ξηρό, κυρίως στη νότια και κεντρική Ελλάδα και τα νησιά. Περιοχές με σημαντικές εκτάσεις κελυφωτού φιστικιού είναι η Αττική, η Φθιώτιδα, η Βοιωτία, η Θεσσαλία και η Εύβοια, ενώ θα πρέπει να αποφεύγεται η εγκατάσταση φιστικεύνων σε περιοχές με παρατεταμένες περιόδους υγρασίας γιατί το δένδρο είναι ιδιαίτερα ευπαθές σε μυκητολογικές ασθένειες.

Σύμφωνα με το FAO η παγκόσμια έκταση που καταλάμβανε το κελυφωτό φιστίκι το 2017 ήταν περίπου 766000 εκτάρια, από τα οποία τα 4300 περίπου αναλογούν στην Ελλάδα. Όσον αφορά την παγκόσμια παραγωγή για το 2017, εκείνη πλησίασε τους 1,2 εκατομμύρια τόνους. Την μεγαλύτερη παραγωγή είχε το Ιράν (περίπου 650000 τόνοι), ακολουθούν οι Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής (272000 τόνοι), η Τουρκία (78000 τόνοι), η Συρία (51000 τόνοι) και στην πέμπτη θέση βρίσκεται η Ελλάδα η οποία το 2017 είχε παραγωγή περίπου 12000 τόνους.

1.2 Γενικές Πληροφορίες και Στοιχεία για την Καλλιέργεια της Φιστικιάς

Η φιστικιά ανήκει στην οικογένεια Anacardiaceae, στο γένος *Pistacia* το οποίο περιλαμβάνει περίπου είκοσι είδη. Το είδος *P. vera* L. έχει τη μεγαλύτερη οικονομική σημασία αφού παράγει εδώδιμο εκλεκτό καρπό με βοτανική μορφή δρύπης. Η δρύπη αποτελείται από το σαρκώδες περικάρπιο και το ξυλώδες ενδοκάρπιο (το κέλυφος) το οποίο περικλείει το σπέρμα που είναι και το εδώδιμο μέρος του καρπού. Κάποια από τα υπόλοιπα είδη του γένους *Pistacia* συνήθως χρησιμοποιούνται σαν υποκείμενα για το *P. vera* (Mozaffarian 2005, Kole 2011).

Είναι δένδρο δίοικο, δηλαδή τα θηλυκά και αρσενικά αναπαραγωγικά όργανα βρίσκονται σε διαφορετικά δένδρα, άρα για την επικονίαση απαιτείται η παρουσία και των 2 φύλων στον οπωρώνα σε αναλογία 1 αρσενικό δέντρο για 7-9 θηλυκά. Είναι επίσης είδος ανεμόγαμο και η διασπορά των αρσενικών στον οπωρώνα πρέπει να είναι τέτοια ώστε η γύρη να διαχέεται ομοιόμορφα προς τα θηλυκά για να εξασφαλιστεί καλή επικονίαση. Τα δένδρα φυτεύονται σε ρόμβους, τετράγωνα ή γραμμές και η διαμόρφωση τους γίνεται σε ανοικτό κύπελλο. Φτάνουν τα 4-9 m σε ύψος με τα αρσενικά να είναι περισσότερο ογκώδη από τα θηλυκά και φυτεύονται σε αποστάσεις 6-7 m μεταξύ των γραμμών και επίσης 6-7 m πάνω στη γραμμή. Οι αποστάσεις φύτευσης δεν πρέπει να είναι μικρότερες γιατί τα δέντρα, καθώς θα αναπτύσσονται και θα αυξάνεται ο όγκος τους στον χώρο, συχνά ο αερισμός τους είναι ανεπαρκής και τα δέντρα γίνονται περισσότερο ευπαθή σε μυκητολογικές ασθένειες.

Στην Ελλάδα καλλιεργούνται οι θηλυκές ποικιλίες Αιγίνης και Ποντικής, η οποία αποτελεί επιλογή της ποικιλίας Αιγίνης. Οι αρσενικές ποικιλίες είναι οι Κλώνοι Α, Β και Γ. Ο κλώνος Α είναι πρώιμης, ο Β μέσης και ο Γ όψιμης άνθισης. Συνήθως δεν φυτεύονται κλώνοι Α, αλλά μόνο οι Β και Γ με τον τελευταίο να ανθίζει περίοδο καταλληλότερη (συνάνθιση με τα θηλυκά) από ότι ο Β. Στην Ελλάδα ως υποκείμενο χρησιμοποιείται κυρίως η τσικουδιά (*P. terebinthus* cv. *tsikoudia*) η οποία προέρχεται από την Χίο. Προσδίδει ανθεκτικότητα στους μύκητες του γένους *Phytophthora* όμως δεν είναι ανθεκτικό ενάντια του παθογόνου *Verticillium dahliae*. Επίσης, η τσικουδιά είναι ανθεκτική στο ασβέστιο (Βασιλακάκης 2016). Πρόσφατα όλο και πιο συχνά χρησιμοποιείται ένα νέο υποκείμενο από την Καλιφόρνια, το UCB-1.

Το δέντρο χαρακτηρίζεται από μακρά περίοδο νεανικότητας κατά την οποία απαιτεί σχολαστική φροντίδα και περιποίηση. Αρχίζει να καρποφορεί όταν φτάσει στο 5^ο-6^ο έτος της ηλικίας του δίνοντας μικρή παραγωγή καρπών η οποία μεγιστοποιείται όταν το δέντρο φτάσει στην ηλικία των 10-12 ετών. Παρουσιάζει έντονα το φαινόμενο της παρενιαυτοφορίας του οποίου τα αίτια δεν είναι πλήρως γνωστά αλλά πιθανόν να είναι ορμονικά ή να σχετίζονται με τη θρέψη. Εκείνο εκδηλώνεται με την τάση του δέντρου να αποκόπτει τους νεοσχηματισμένους οφθαλμούς στα πλάγια της νέας βλάστησης μετά την ανάπτυξή τους και κατά την αρχική ανάπτυξη του σπέρματος, και για τον λόγο αυτό η παραγωγή της επόμενης χρονιάς είναι σημαντικά μειωμένη.

1.3 Θρεπτική αξία φιστικιού

Συγκριτικά με άλλους ξηρούς καρπούς, τα φιστίκια αποδίδουν λιγότερες θερμίδες (λιγότερες από 600 kcal/100 g), έχουν μικρότερη λιποπεριεκτικότητα και είναι από τις πλουσιότερες πηγές Καλίου, γ-τοκοφερολών (λιποδιαλυτές χημικές ενώσεις με σημαντικές αντιοξειδωτικές ιδιότητες) και φυτοστερολών (Gebauer 2008, Dreher 2012). Οι φυτοστερόλες στα πλαίσια μιας ισορροπημένης διατροφής συμβάλλουν στην μείωση της χοληστερίνης και προστατεύουν από καρδιαγγειακές παθήσεις, μειώνουν τον κίνδυνο για κάποια είδη καρκίνου και ενισχύουν το ανοσοποιητικό σύστημα (Bouic 2001, Moreau et al. 2002). Τα φιστίκια, αφού έχουν αποξηραθεί και ψηθεί, περιέχουν περίπου 43% λιπαρά τα οποία είναι κυρίως μονοακόρεστα και πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. Αποτελούνται από φυτική πρωτεΐνη σε ποσοστό περίπου 21%, από 29% υδατάνθρακες και διαθέτουν σημαντικές ποσότητες φυτικών ινών. Έχουν αντιοξειδωτικές ιδιότητες αφού περιέχουν καροτενοειδή (ιδίως λουτεΐνη και ζεαξανθίνη) και φαινολικές ενώσεις όπως ανθοκυανίνες και φλαβόνες. Το πράσινο και μώβ χρώμα του καρπού αποδίδεται στην ύπαρξη χλωροφυλλών α και β, ανθοκυανινών και λουτεΐνης. Είναι επίσης πλούσια πηγή βιταμινών (Βιταμίνη Α, Βιταμίνη Ε, Φυλλικό οξύ, κ.ά.) και μεταλλικών στοιχείων όπως ο Φώσφορος, το Μαγνήσιο, το Σελήνιο και το Ασβέστιο (Kashaninejad and Tabil 2011, Hernández-Alonso et al. 2016).

Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι έρευνες σε αρκετά είδη ξηρών καρπών έδειξαν ότι τα κελυφωτά φιστίκια ήταν πολύ ευάλωτα σε μόλυνση από αφλατοξίνες (Juan et al. 2008, Abdulkadar et al. 2000). Οι αφλατοξίνες είναι μυκοτοξίνες που προέρχονται από τους *Aspergillus flavus* και *Aspergillus parasiticus* και μολύνουν πολλά τρόφιμα προσυλλεκτικά και μετασυλλεκτικά (Cotty and Jaime-Garcia 2007). Δρουν αθροιστικά στον ανθρώπινο οργανισμό και επιβαρύνουν σημαντικά την υγεία του ανθρώπου, προσβάλλουν το ανοσοποιητικό σύστημα και είναι γνωστό πως προκαλούν καρκινογένεση.

1.4 Στοιχεία Φυσιολογίας της φιστικιάς

Στην φιστικιά παρατηρείται το φαινόμενο της πρωτανδρίας. Οι ανθοφόροι οφθαλμοί της βρίσκονται στα πλάγια βλαστών ηλικίας ενός έτους. Ξεκινούν να διογκώνονται τέλος Μαρτίου και μέσα στις πρώτες εβδομάδες του Απριλίου τα θηλυκά άνθη έχουν επικονιαστεί. Η επικονίαση πραγματοποιείται με τον άνεμο αφού τα θηλυκά άνθη δεν έχουν νεκτάρια για να προσελκύουν τις μέλισσες. Το ενδοκάρπιο (όχι όμως και το έμβρυο) αναπτύσσεται κατά τον Απρίλιο και τον Μάιο μέχρι τον Ιούνιο που τελικά σκληροποιείται και έχει φτάσει στο τελικό του μέγεθος. Το έμβρυο αρχίζει να μεγαλώνει ραγδαία τέλος Ιουνίου απορροφώντας σημαντικές ποσότητες ανόργανων και οργανικών ουσιών από παντού (έδαφος, φύλλα, νέους οφθαλμούς). Εκείνη την περίοδο εκδηλώνεται και το φαινόμενο της

παρενιαυτοφορίας με την πτώση των ανθοφόρων οφθαλμών στον βλαστό προέκταση της καρποφορούσας ζώνης. Ο καρπός ωριμάζει τέλος Αυγούστου και η συγκομιδή γίνεται συνήθως αρχές Σεπτεμβρίου. Το περικάρπιο αρχίζει να αποκολλάται από το ενδοκάρπιο περίπου 30 μέρες πριν την πλήρη ωρίμανση του καρπού μαζί με το άνοιγμα του ενδοκαρπίου. Το ποσοστό ανοίγματος του ενδοκαρπίου είναι βασικό ποιοτικό χαρακτηριστικό. Συχνά παρατηρούνται καρποί που στερούνται εμβρύου, δηλαδή κενοί. Αυτό το φαινόμενο έχει συσχετιστεί με ανεπάρκεια Βορίου και ελλιπή άρδευση (Ferguson et al. 1980) και, φυσικά, κακή γονιμοποίηση.

Η βλαστική ανάπτυξη του δέντρου ξεκινάει τέλος Απριλίου και έχει ολοκληρωθεί έως τέλος Μαΐου. Οι νέοι βλαστοί που προέρχονται από κορυφαίους βλαστοφόρους οφθαλμούς αναπτύσσονται, φέρουν σύνθετα φύλλα και σε κάθε γόνατο φέρουν έναν ανθοφόρο οφθαλμό, αλλά εφόσον αναπτύσσονται σπέρματα στο περυσινό βλαστό κάποιοι από τους ανθοφόρους οφθαλμούς(έως και όλοι) θα αποκοπούν με το φαινόμενο της παρενιαυτοφορίας. Τέλος Νοεμβρίου τα περισσότερα φύλλα έχουν ήδη πέσει και το δένδρο εισέρχεται σε φάση λήθαργου έως και τον Μάρτιο.

1.5 Λίπανση – γενικά στοιχεία

Η λίπανση των φυτών έχει τεράστια σημασία και είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που με την καλύτερη θρέψη του φυτού συμβάλλουν στην αύξηση της ποιότητας και της ποσότητας της παραγωγής, και στην ανάπτυξη των φυτών. Τα φυτά χρειάζονται συνολικά 17 απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία για να αναπτυχθούν και να ολοκληρώσουν τον βιολογικό τους κύκλο. Τρία από αυτά, το Οξυγόνο, ο Άνθρακας και το Υδρογόνο, λαμβάνονται από το νερό και την ατμόσφαιρα (ατμοσφαιρικό διοξείδιο του άνθρακα και ατμοσφαιρικό οξυγόνο). Τα υπόλοιπα χωρίζονται σε μακροθρεπτικά, δευτερευόντως μακροθρεπτικά, και μικροθρεπτικά στοιχεία. Από τις κατηγορίες αυτές λείπουν τα στοιχεία Κοβάλτιο και Πυρίτιο τα οποία μπορούν να θεωρηθούν ευεργετικά για κάποια φυτά αλλά δεν είναι απαραίτητα για όλα.

Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα στοιχεία που χρειάζονται τα φυτά σε μεγαλύτερες ποσότητες και αυτά είναι το Άζωτο, ο Φώσφορος και το Κάλιο. Ο Φωσφόρος, αν και είναι μακροθρεπτικό στοιχείο, θα πρέπει να εφαρμόζεται σε μικρές ποσότητες συγκριτικά με τα άλλα δύο γιατί δεσμεύεται έντονα από το έδαφος και τα δένδρα δεν μπορούν να τον αξιοποιήσουν άμεσα. Στην κατηγορία των δευτερευόντως μακροθρεπτικών συγκαταλέγονται τα στοιχεία Θείο, Ασβέστιο και Μαγνήσιο, τα οποία είναι εξίσου σημαντικά για την ανάπτυξη των φυτών αλλά χορηγούνται σε μικρότερες ποσότητες. Τα μικροθρεπτικά-ιχνοστοιχεία είναι εκείνα που απαιτούνται σε ακόμη μικρότερες ποσότητες. Πρόκειται για τον Σίδηρο, τον Ψευδάργυρο, τον Χαλκό, το Μαγνήσιο, το Μαγγάνιο, το Μολυβδαίνιο, το Βόριο, το Χλώριο και το Νικέλιο (Reetz 2016).

1.5.1 Παράγοντες που επηρεάζουν τη λιπαντική αγωγή

Για να υπολογιστούν οι ανάγκες του οπωρώνα σε λίπανση πρέπει να ληφθούν πολλοί παράγοντες υπόψη όπως το Υποκείμενο και η Ποικιλία, οι αποστάσεις φύτευσης, η δυνατότητα άρδευσης, οι φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους και η ηλικία του δένδρου. Τα δέντρα σε κάθε καλλιεργητική περίοδο αξιοποιούν ορισμένη ποσότητα ανόργανων στοιχείων από το έδαφος αλλά και από εκείνα που τους παρέχονται μέσω διαφυλλικών ψεκασμών. Μεγάλη ποσότητα από αυτά χάνεται με τους καρπούς και με το κλάδεμα αν τα κλαδευτικά απομακρύνονται από το χωράφι. Άλλα εκπλένονται λόγω βροχής και αρδευτικού νερού, ενώ μία μικρή ποσότητα γυρίζει ξανά στο έδαφος με την πτώση των φύλλων. Η εδαφολογική συνδυαστικά με την φυλλοδιαγνωστική ανάλυση, τη βλαστική ζωηρότητα των φυτών και την παραγωγικότητα αυτών μπορούν να κατευθύνουν τον γεωπόνο για τη δημιουργία ενός προγράμματος λίπανσης.

1.5.2 Άζωτο

Το Άζωτο (N) απορροφάται από τα φυτά ως νιτρικό ανιόν, αμμωνιακό κατιόν ή ουρία. Τα φυτά χρειάζονται το N σε μεγαλύτερες ποσότητες συγκριτικά με τα υπόλοιπα δύο μακροστοιχεία. N υπάρχει στο μόριο της χλωροφύλλης και παίζει σημαντικό ρόλο στη φωτοσυνθετική δραστηριότητα και ανάπτυξη του φυτού. Είναι απαραίτητο συστατικό αμινοξέων, πρωτεϊνών, νουκλεϊκών οξέων, ορισμένων ορμονών, αρκετών μεταβολιτών του πρωτογενούς και δευτερογενούς μεταβολισμού των φυτών και πολλών οργανικών ενώσεων που αποτελούν το 40-50% της ξηράς ουσίας του πρωτοπλάσματος. Στις περιοχές του φυτού όπου υπάρχει έντονη κυτταροδιαίρεση, όπως είναι οι κορυφές των βλαστών και τα νεαρά φύλλα, γίνεται εκλεκτικά η μεταφορά αζωτούχων ενώσεων και για αυτό τον λόγο τα συμπτώματα τροφопενίας Αζώτου (π.χ. χλώρωση) εμφανίζονται κυρίως στα μεγαλύτερης ηλικίας φύλλα και όχι στα νεότερα. Έλλειψη N εμποδίζει σημαντικά την αύξηση των φυτών, ενώ η περίσσεια προκαλεί βλαστομανία, δημιουργία μικρών και λίγων ανθέων, καθυστέρηση καρποφορίας και καθιστά το δέντρο περισσότερο ευπαθές σε εχθρούς και ασθένειες (Βασιλακάκης 2016, Lincoln et al. 2017). Στη φυσική η έλλειψη N εκδηλώνεται με μειωμένο πάχος και μήκος βλαστών οι οποίοι αποκτούν κόκκινη απόχρωση όταν η έλλειψη είναι σημαντική. Τα μεγαλύτερης ηλικίας φύλλα γίνονται κίτρινα και πέφτουν νωρίτερα από το δένδρο (Beede et al. 2005). Τα φυλλοβόλα δένδρα αποθηκεύουν Άζωτο και υδατάνθρακες στο τέλος της καλλιεργητικής περιόδου ώστε να το χρησιμοποιήσουν την επόμενη περίοδο για να μπορέσουν να υποστηρίξουν την αρχική τους ανάπτυξη την άνοιξη (ανθοφορία και πρώτη φάση εκβλάστησης (Loescher et al. 1990).

1.5.3 Φώσφορος

Ο Φώσφορος (P) είναι διαθέσιμος για τα φυτά με την μορφή μονόξινων και δισόξινων φωσφορικών ανιόντων (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-}). Είναι απαραίτητο συστατικό

των φωσφορολιπιδίων των μεμβρανών και των φωσφορυλιωμένων σακχάρων, δηλαδή ενδιάμεσων ενώσεων της αναπνοής και της φωτοσύνθεσης. Είναι επίσης συστατικό των νουκλεϊκών οξέων (DNA και RNA) και έχει σημαντικό ρόλο στην μεταφορά ενέργειας μέσω φωσφορυλιωμένων νουκλεοτιδίων (ιδίως ATP και UTP). Οι νεαροί γρήγορα αναπτυσσόμενοι μεριστωματικοί ιστοί των φυτών έχουν μεγάλες συγκεντρώσεις Φωσφόρου και εκείνος είναι ιδιαίτερα σημαντικός στην κυτταρική διαίρεση και αύξηση των φυτών και ιδιαίτερα των ριζών. Στο έδαφος ο P συναντάται ως φωσφορικό άλας του ασβεστίου και του αργιλίου. Τα άλατα αυτά είναι δυσδιάλυτα και έτσι η απορρόφηση του δεσμευμένου σε αυτά P από τα φυτά είναι δύσκολη. Η διαθεσιμότητα του είναι μικρή σε ασβεστούχα και αλκαλικά εδάφη. Φυτά που μεγαλώνουν σε τέτοιου είδους εδάφη μπορεί να σχηματίσουν μικρότερα μεσογονάτια διαστήματα και φτωχό ριζικό σύστημα (Hopkins and Ellsworth 2005). Επειδή είναι δυσκίνητο στοιχείο, προτείνεται να εφαρμόζεται στο έδαφος πριν την εγκατάσταση του σπρωώνα, πάνω στην γραμμή στην οποία πρόκειται να γίνει η φύτευση πριν την τελευταία αναμόχλευση ώστε να βρίσκεται κοντά στην περιοχή των ριζών (Lincoln et al. 2017).

1.5.4 Κάλιο

Το Κάλιο (K) είναι διαθέσιμο στα φυτά ως K^+ . Αποτελεί συμπράγοντα πολλών ενζύμων, είναι σημαντικό για τη ρύθμιση του ωσμωτικού δυναμικού των φυτικών κυττάρων και τη διατήρηση της σπαργής εφόσον συμμετέχει στις διαδικασίες ανοίγματος και κλεισίματος των στομάτων. Το K αποτελεί κύριο συνοδευτικό των ανιόντων κατά τη διαμόρφωση του ωσμωτικού δυναμικού των κυττάρων και έχει σημαντικό ρόλο στις διαδικασίες διάτασης των κυτταρικών τοιχωμάτων κατά την επιμήκυνση των κυττάρων. Η οσμωρύθμιση κατά την κυτταρική ανάπτυξη είναι ουσιαστική γιατί ρυθμίζει τη δομική ακεραιότητα του κυτταρικού τοιχώματος και σε αυτή τη διαδικασία ο ρόλος του K^+ είναι να διεγείρει και να ρυθμίζει την ATP-άση (Mengel et al. 2001). Είναι το κατιόν που συναντάται στη μεγαλύτερη ποσότητα στα φυτικά κύτταρα και εμφανίζει μεγάλη κινητικότητα τόσο μεταξύ κοντινών κυττάρων και ιστών όσο και σε ιστούς περισσότερο απομακρυσμένους μεταξύ τους αφού κινείται διαμέσου του φλοιώματος και του ξυλώματος (Marschner 1995). Επίσης, το K συμβάλει στην ανάπτυξη των κυττάρων ελέγχοντας τη δράση ρυθμιστών αύξησης. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε ότι στον αραβόσιτο δεν παρατηρήθηκε κυτταρική ανάπτυξη οφειλόμενη στην αυξίνη ελλείψει ιόντων καλίου (Claussen et al. 1997).

1.5.5 Χαλκός

Ο Χαλκός (Cu) είναι ιχνοστοιχείο απαραίτητο για την ανάπτυξη των φυτών. Είναι ενεργοποιητής ή και συστατικό μερικών ενζύμων που εμπλέκονται στις διαδικασίες οξειδωσης και αναγωγής. Λειτουργεί ως δομικό συστατικό ρυθμιστικών πρωτεϊνών, συμμετέχει στη φωτοσυνθετική μεταφορά ηλεκτρονίων, στη μιτοχονδριακή αναπνοή και στην απόκριση του φυτού στην οξειδωτική καταπόνηση. Επίσης εμπλέκεται στη φωτοσύνθεση, τη σύνθεση χρωστικών και έχει ρόλο στη διαπερατότητα της πλασματικής μεμβράνης. Συμβάλλει στον μηχανισμό μεταφοράς πρωτεϊνών και στην οξειδωτική φωσφορυλίωση και είναι απαραίτητο ιόν για τη φυσιολογική ανάπτυξη του φυτού, αλλά θα πρέπει να χορηγείται σε κατάλληλες ποσότητες γιατί έχει πιθανή τοξική δράση στο φυτό αλλά και στο έδαφος (Yguela 2005).

Λόγω της μακροχρόνιας χρήσης σκευασμάτων Χαλκού, κυρίως για τη μυκητοκτόνο και βακτηριοστατική του δράση, η συγκέντρωση του στα εδάφη έχει αυξηθεί σημαντικά πολλές φορές ξεπερνώντας τα επιτρεπόμενα όρια (Komarek et al. 2010). Πολύ υψηλές συγκεντρώσεις Cu στο έδαφος μπορεί να οδηγήσουν σε μειωμένη παραγωγή φυτικής βιομάζας και καθυστέρηση ανθοφορίας. Οι επιπτώσεις αυτές εξαρτώνται από το καλλιεργούμενο είδος (Brun et al. 2003). Επίσης, μπορεί να προκληθεί καθυστέρηση της ανάπτυξης βλαστών και ριζών και λόγω της στενής σύνδεσής του με τις πρωτεΐνες ίσως διαταραχθούν οι δομές τους και επηρεαστεί η λειτουργικότητά τους.

Ο Χαλκός μπορεί να μειώσει την παραγωγικότητα των φυτών όταν βρίσκεται σε ποσότητα μικρότερη από $5 \mu\text{g g}^{-1}$ ξηρού βάρους και επηρεάζει τη λειτουργία των Φωτοσυστημάτων I και II. Έλλειψη Cu εκδηλώνεται συνήθως με συμπτώματα στα νεαρά φύλλα και τα αναπαραγωγικά όργανα. Τα φύλλα δείχνουν χλωρωτικά και παραμορφωμένα, ίσως εμφανίσουν νεκρωτικά σημεία και η συνολική βιομάζα μειώνεται (Marschner 1995).

1.5.6 Ασβέστιο

Το Ασβέστιο (Ca) είναι διαθέσιμο στα φυτά ως Ca^{2+} , είναι στοιχείο δυσκίνητο στο φυτό, βασικό συστατικό των κυτταρικών τοιχωμάτων, εντοπίζεται σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στα φύλλα και δύσκολα μεταφέρεται από παλαιότερους σε πιο νέους ιστούς. Έχει σημαντικό ρόλο στη διαίρεση των φυτικών κυττάρων, τη μίτωση και την ανάπτυξη των μεριστωμάτων. Ακόμα σχετίζεται με την επιμήκυνση των κυττάρων και τη δράση της αυξίνης. Συμμετέχει στον σχηματισμό της λεκιθίνης ενός φωσφολιπιδίου απαραίτητου στην κυτταρική μεμβράνη με σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση της διαπερατότητάς της. Επίσης, το Ca συνδέεται με τα πολυμερή της πηκτίνης αυξάνοντας την αντοχή των κυτταρικών τοιχωμάτων και εμποδίζει ορισμένα παθογόνα να προσβάλλουν τα φυτικά κύτταρα (El Habbasha and Faten 2015).

1.5.7 Λίπανση από το έδαφος

Μέσα στο έδαφος τα θρεπτικά κινούνται προς την επιφάνεια των ριζών με μαζική ροή και διάχυση. Κατά τη μαζική ροή μεταφέρονται με το νερό που κινείται μέσα στο έδαφος προς τη ρίζα κυρίως τα διαλυτά θρεπτικά όπως τα νιτρικά ιόντα. Θρεπτικά με περιορισμένη διαλυτότητα, όπως το φωσφορικό ανιόν, δεν μπορούν να μετακινηθούν αποτελεσματικά. Κατά τη διάχυση, τα ανόργανα θρεπτικά μεταφέρονται από περιοχές υψηλής συγκέντρωσης σε περιοχές χαμηλότερης συγκέντρωσης. Καθώς το φυτό απορροφά θρεπτικά μέσω των ριζών, στην περιοχή εκείνη μειώνεται η συγκέντρωσή τους. Έτσι γίνεται διάχυση θρεπτικών και συνδυαστικά με τη μαζική ροή που δημιουργείται λόγω διαπνοής αυξάνεται η διαθεσιμότητα θρεπτικών κοντά στην επιφάνεια της ρίζας (Lincoln et al. 2017). Οι συνεχώς αναπτυσσόμενες ρίζες εκμεταλλεύονται θρεπτικά από περιοχές στις οποίες δεν έχουν εξαντληθεί, αλλά και εκείνα σχεδόν πάντα θα χρειαστεί να μετακινηθούν προς αυτές.

Η απορρόφηση των θρεπτικών ανόργανων ιόντων γίνεται με ενεργητική μεταφορά κυρίως μέσω της επιδερμίδας των ριζικών τριχιδίων των νεότερων ριζών. Τα ανόργανα ιόντα εκκρίνονται στα αγγεία και μεταφέρονται ταχύτατα ανοδικά στο φυτό με το διαπνευστικό ρεύμα. Κάποια ιόντα μεταφέρονται πλευρικά από τα αγγεία στους περιβάλλοντες γειτονικούς ιστούς ριζών και βλαστών και άλλα μεταφέρονται στα φύλλα (Raven et al. 2013).

Η Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων συνδέεται με τη γονιμότητα του εδάφους και ο βαθμός κορεσμού του εδάφους σε θρεπτικά κατιόντα (όπως το K^+) επηρεάζει την πρόσληψη των στοιχείων αυτών από τα φυτά. Από τη δράση των ριζών ή μικροοργανισμών ελευθερώνονται ιόντα υδρογόνου τα οποία αντικαθιστούν κατιόντα που υπάρχουν στα εδαφικά κolloειδή. Στην συνέχεια εκείνα μεταβιβάζονται στο εδαφικό διάλυμα και αφομοιώνονται εύκολα από τα φυτά. Αν ο βαθμός κορεσμού με K^+ είναι υψηλός, η αντικατάσταση αυτού του κατιόντος γίνεται σχετικά εύκολα και εκείνο είναι διαθέσιμο για το φυτό. Άλλη μία χημική ιδιότητα του εδάφους που σχετίζεται με τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών είναι το pH του εδαφικού διαλύματος. Τα ανθρακικά, θειικά και φωσφορικά άλατα είναι περισσότερο ευδιάλυτα στο εδαφικό διάλυμα όταν το pH του είναι χαμηλό με αποτέλεσμα οι ρίζες να τα προσλαμβάνουν με μεγαλύτερη ευκολία. Σε αλκαλικά εδάφη κάποια κατιόντα (όπως Fe, Zn, Cu και Mn) δημιουργούν δυσδιάλυτα υδροξείδια. Η αύξηση των ριζών ευνοείται σε ελαφρώς όξινα εδάφη (Brady and Weil 2011).

1.5.8 Διαφυλλική Λίπανση

Η διαφυλλική λίπανση χρησιμοποιείται συνήθως συνδυαστικά με τη λίπανση εδάφους για αποτελεσματικότερη λίπανση των φυτών, διόρθωση τυχόν ελλείψεων στη θρέψη τους και τελικά αύξηση της ανάπτυξης και της απόδοσης των φυτών. Η απορρόφηση των στοιχείων που εφαρμόζονται στο εναέριο μέρος

του φυτού εξαρτάται μεταξύ άλλων από το πάχος της εφυμενίδας του φύλλου και των πράσινων βλαστών, τον αριθμό των πόρων των στομάτων και των προστατευτικών δομών της όπως κηρούς, τρίχωμα, κ.λπ. (Marschner 1995). Στα στρώματα της εφυμενίδας υπάρχουν κηρώδεις ουσίες που της προσδίδουν υδρόφοβο χαρακτήρα ο οποίος όμως είναι περισσότερο ή λιγότερο ισχυρός ανάλογα με την θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Η ρευστότητα αυτών των κηρών αυξάνεται με την άνοδο της θερμοκρασίας με αποτέλεσμα να μειώνεται η εκλεκτικότητα τους ως προς τα διαχεόμενα μόρια (Baur et al. 1997). Τέλος, η ασυνέχεια με ρωγμές της κηρώδους επιφάνειας βοηθά στη διέλευση των διαφυλλικά εφαρμοζόμενων θρεπτικών.

Με την διαφυλλική λίπανση η απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων συχνά είναι γρηγορότερη σε σχέση με τη λίπανση από εδάφους, γεγονός που είναι χρήσιμο κατά τη φάση ταχείας ανάπτυξης του φυτού και σε περίπτωση που τα θρεπτικά ιόντα είναι δύσκολο να προσληφθούν από τις ρίζες λόγω προσρόφησής τους στα εδαφικά σωματίδια ή έλλειψης εδαφικής υγρασίας ή δυσλειτουργίας των ριζών. Η αποτελεσματικότητα της διαφυλλικής λίπανσης αυξάνεται όταν το ψεκαζόμενο διάλυμα παραμένει για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα στην επιφάνεια του φύλλου σε λεπτή στοιβάδα με τη χρήση προσκολλητικών συστατικών και επιφανειοδραστικών ουσιών που μειώνουν την επιφανειακή τάση (Lincoln et al. 2017).

Διαφυλλικές λιπάνσεις σε δένδρα φιστικιάς με διαλύματα που περιείχαν 1% K_2SO_4 +1% $ZnSO_4$ και 2% K_2SO_4 +1% $ZnSO_4$ αύξησαν σημαντικά τη συγκέντρωση χλωροφύλλης α και β, της συνολικής χλωροφύλλης και των καροτενοειδών στα φύλλα (Norozzi et al. 2019). Διαφυλλικές εφαρμογές ουρίας σε δένδρα φιστικιάς έδειξαν πως εκείνη χρησιμοποιήθηκε αποδοτικότερα από τα πλήρως ανεπτυγμένα φυλλάρια στις άκρες καρποφόρων βλαστών και πως ενισχύθηκε η φωτοσυνθετική τους δραστηριότητα (Barone et al. 2005). Σύμφωνα με πρόσφατη έρευνα σε δένδρα φιστικιάς, διαφυλλική εφαρμογή Χαλκού κατά τη διόγκωση των οφθαλμών επηρέασε θετικά το άνοιγμα των φιστικιών κοντά στην ωρίμανση (Soliemanzadeh et al. 2013).

1.5.9 Λίπανση νεαρής φιστικιάς

Η λίπανση νεαρών δένδρων φιστικιάς είναι προτιμότερο να γίνεται από τα μέσα της Άνοιξης έως νωρίς το Καλοκαίρι για να μην καθυστερήσει το δένδρο να μπει σε λήθαργο και κινδυνεύσει να ζημιωθεί από χειμερινό παγετό. Από το Πανεπιστήμιο Καλιφόρνιας προτείνεται για δένδρα ενός έτους ποσότητα Αζώτου έως 45 g/δένδρο, το δεύτερο έτος 65-90 g/δένδρο, το τρίτο 110-160 g/δένδρο, το τέταρτο 225-270 g/δένδρο και το πέμπτο έτος περίπου 11-14 kg N ανά στρέμμα (Beede and Kallsen 2008). Για τα υπόλοιπα μακροθρεπτικά δεν συστήνεται ενδεικτική ποσότητα αλλά σε νεαρά δένδρα αμυγδαλιάς εφαρμόζεται μικρή ποσότητα πλήρους λιπάσματος για να ευνοηθεί η ανάπτυξη των ριζών (Από <http://geisseler.ucdavis.edu/Guidelines/Pistachio.html>). Η άρδευση (όπως και

πολλοί ακόμα παράγοντες) επηρεάζει σημαντικά την ποσότητα λιπάσματος που θα εφαρμοστεί.

Τα δένδρα ηλικίας έως 4 χρονών σύμφωνα με τον Μπρουσοβάνα θα πρέπει να ποτίζονται 5-6 φορές τον χρόνο και κάθε 2ο πότισμα να εφαρμόζεται μικρή ποσότητα σύνθετου λιπάσματος. Για δένδρα ενός έτους προτείνεται ποσότητα σύνθετου λιπάσματος (όπως το 15-15-15 + ιχνοστοιχεία) περίπου 30 g/δενδρύλλιο η οποία το δεύτερο χρόνο μπορεί να διπλασιαστεί και τον τρίτο χρόνο να τριπλασιαστεί. Αρχικά το λίπασμα τοποθετείται κοντά στον κορμό του δέντρου και σταδιακά, καθώς το δέντρο αναπτύσσεται, τοποθετείται πιο μακριά από τον κορμό (Μπρουσοβάνας 1986).

1.5.10 Λίπανση φιστικιάς σε παραγωγική ηλικία

Η λίπανση των δένδρων την χρονιά της ακαρπίας διαφέρει από τη χρονιά της καρποφορίας. Τη χρονιά της ακαρπίας εφαρμόζεται κυρίως άζωτο (συνήθως το περισσότερο την Άνοιξη), τη χρονιά της καρποφορίας και τα τρία μακροθρεπτικά χρειάζονται σε σημαντικές ποσότητες και η κύρια ανάγκη του δένδρου για N εντοπίζεται το καλοκαίρι κατά τη διάρκεια που αναπτύσσεται ραγδαία το σπέρμα. Περίπου το 30% του N εφαρμόζεται την άνοιξη με την έκπτυξη των φύλλων και το υπόλοιπο το καλοκαίρι κατά την ανάπτυξη του εμβρύου. Οι ποσότητες N που απορροφώνται μετά τη συγκομιδή των καρπών είναι πολύ μικρές (Rosecrance et al. 1996). Μέρος του N που εφαρμόζεται κυρίως τέλος του καλοκαιριού θα αποθηκευτεί για τη δημιουργία αποθεμάτων για την έκπτυξη των οφθαλμών την επόμενη άνοιξη. Το Βόριο είναι στοιχείο που επηρεάζει σημαντικά την ανθοφορία, τη βιωσιμότητα της γύρης και τελικά την καρπόδεση της φιστικιάς. Επίσης, το Βόριο επηρεάζει θετικά το άνοιγμα των φιστικιών (Avanzato et al. 2011). Για τον υπολογισμό της λίπανσης είναι χρήσιμο να λαμβάνεται υπόψη ότι για 450 kg συγκομιζόμενου προϊόντος αφαιρούνται 13-14 kg N, 11 kg K και μόνο <1 kg P. Για παραγωγικά δένδρα ηλικίας μεγαλύτερης των 10 ετών, η ποσότητα N που απαιτείται αποκλειστικά για τη βλαστική ανάπτυξη είναι περίπου 3 kg N ανά στρέμμα ετησίως (Siddiqui and Brown 2013).

1.6 Βιοδιεγέρτες

1.6.1 Γενικές πληροφορίες Βιοδιεγερτών

Βιοδιεγέρτες καλούνται ορισμένες ουσίες, μείγματα ή μικροοργανισμοί που διεγείρουν τις φυσικές διεργασίες θρέψης των φυτών χωρίς να θεωρούνται θρεπτικά σκευάσματα. Αποσκοπούν στη βελτίωση της αποδοτικότητας της χρήσης των θρεπτικών στοιχείων από τα φυτά, στην ενίσχυση της αντοχής τους σε βιοτικές καταπονήσεις, στη βελτιστοποίηση των χαρακτηριστικών ποιότητας ή στην αύξηση της διαθεσιμότητας θρεπτικών στοιχείων που συγκρατούνται στο έδαφος ή στη ριζόσφαιρα. Δρουν συμπληρωματικά ως προς τα λιπάσματα, με

στόχο την αύξηση της αποτελεσματικότητας τους και τη μείωση της δόσολογίας τους (Από <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EL/TXT/PDF/?uri=OJ:L:2019:170:FULL&from=EN> σελίδα 6). Ως βιοδιεγέρτες μπορούν να θεωρηθούν τα χουμικά και φουλβικά οξέα, υδρολυμένες πρωτεΐνες (αμινοξέα και πεπτίδια) και άλλες ενώσεις που περιέχουν Άζωτο, εκχυλίσματα φυκιών και άλλων φυτών, η Χιτοζάνη και άλλα βιοπολυμερή, όπως και κάποιοι ωφέλιμοι μύκητες και βακτήρια (Du Jardin 2015). Εφαρμογή βιοδιεγερτών φυτικής (συμπεριλαμβανομένων και φυκιών) και μικροβιακής προέλευσης σε αμυγδαλιές αύξησε τη φυλλική επιφάνεια και το μήκος των βλαστών (Saa et al. 2015).

1.6.2 Αμινοξέα

Τα εμπορικά σκευάσματα με αμινοξέα συνήθως περιέχουν μείγματα αρκετών διαφορετικών αμινοξέων και ολιγοπεπτιδίων. Προτείνεται να χρησιμοποιούνται σε κρίσιμα στάδια κατά την ανάπτυξη των φυτών, όπως είναι η άνθιση, και σε ημέρες με επικίνδυνες για το φυτό κλιματικές συνθήκες (Paleckiene et al. 2007). Κάτω από δυσμενείς συνθήκες όπως η χαμηλή σχετική υγρασία, τα στομάτια των φυτών κλείνουν για να μειωθούν οι απώλειες νερού και η πλασμόλυση των φυτικών κυττάρων. Ως αποτέλεσμα, η φωτοσύνθεση και άλλες μεταβολικές διαδικασίες μειώνονται. Η χορήγηση επιπλέον αμινοξέων στα φυτά ευνοεί το άνοιγμα των στομάτων, διεγείροντας έτσι τη φωτοσύνθεση και διατηρώντας φυσιολογικές λειτουργίες του φυτού. Με άλλα λόγια, τα αμινοξέα μπορούν να ρυθμίσουν την ωσμωτική πίεση στα κύτταρα και να προστατεύσουν το φυτό όταν βρεθεί σε αντίξοες συνθήκες (Jakienė 2013). Συγκεκριμένα όταν εφαρμόζονται στο φύλλωμα, επιδρούν στη φυσιολογία του φυτού βελτιώνοντας την κινητικότητα των ιχνοστοιχείων μέσα στο φυτό, προκαλούν αλλαγές στη μορφολογία της ρίζας, και προωθούν τη δράση των ενζύμων που αφομοιώνουν τα νιτρικά ιόντα (Halpern et al. 2015). Αυτές οι τροποποιήσεις συμβάλλουν στην αποτελεσματικότερη χρήση των θρεπτικών (ιχνοστοιχείων και μακροθρεπτικών). Φυτά φράουλας που ψεκάστηκαν με μείγμα αμινοξέων είχαν αυξημένη συγκέντρωση Άζωτου, Φωσφόρου και Καλίου στο φύλλωμα τους αλλά και αυξημένη παραγωγικότητα (Abo Sedera et al. 2010). Διαφυλλικές εφαρμογές αμινοξέων σε σπορόφυτα ελιάς είχαν ως αποτέλεσμα την αύξηση του ύψους και της διαμέτρου τους. Επίσης εκπύχθηκαν περισσότεροι βλαστοί και η συνολική φυλλική επιφάνεια αυξήθηκε (Yousef et al. 2011). Ο Σίδηρος, ο Ψευδάργυρος ο Χαλκός και το Μαγγάνιο είναι κάποια μέταλλα τα οποία χηλικτοποιημένα με αμινοξέα απορροφώνται ευκολότερα από τις ρίζες και το φύλλωμα των φυτών (Jie et al. 2008, Ghasemi et al. 2012).

1.6.3 Φύκη

Περίπου 9000 είδη μακροφυκών ταξινομούνται σε τρεις κύριες κατηγορίες ανάλογα με τον χρωματισμό τους. Τα καστανά φύκη ανήκουν στην ταξινομική υποομάδα Phaeophyta, τα κόκκινα στην Rhodophyta και τα πράσινα στην Chlorophyta. Τα καστανά φύκη χρησιμοποιούνται περισσότερο στον γεωργικό τομέα και από αυτά το *Ascophyllum nodosum* έχει μελετηθεί εκτενέστερα (Prithiviraj 2009, Du Jardin 2015).

Τα εκχυλίσματα φυκιών περιέχουν διάφορα είδη υδατανθράκων, αμινοξέων, μικρές ποσότητες φυτοορμονών, πρωτεϊνών και ουσιών που προστατεύουν από την ωσμωτική καταπόνηση. Ενισχύουν την ανάπτυξη, την απόδοση των φυτών, το ριζικό τους σύστημα άρα και την απορρόφηση θρεπτικών (Crouch et al. 1990). Η διέγερση της αύξησης των ριζών παρατηρήθηκε από εφαρμογές εκχυλισμάτων τόσο στο έδαφος όσο και διαφυλλικά (Finnie and Staden 1985). Επίσης επηρεάζουν θετικά την άνθιση και βοηθούν στη μείωση του λήθαργου των σπόρων (Li and Mattson 2015, Ali et al. 2019). Εφαρμογές σκευασμάτων με εκχυλίσματα *Ascophyllum nodosum* συνδυαστικά με 5-aminolevulinic acid αύξησαν σημαντικά τον ρυθμό της φωτοσύνθεσης και της διαπνοής, καθώς και την αγωγιμότητα των στομάτων σε φυτά σπαραγγιού (Al-Ghamdi and Elansary 2018). Σε φυτά που δέχτηκαν εκχυλίσματα φυκιών αυξήθηκε η έκφραση γονιδίων που συμμετέχουν στη βιοσύνθεση αυξινών, γιββεριλινών και κυτοκινινών (Ali et al. 2020).

1.6.4 Χουμικά και Φουλβικά οξέα

Τα χουμικά συστατικά (χουμίνες, χουμικά και φουλβικά οξέα) προέρχονται από την αποσύνθεση υπολειμμάτων κυρίως φυτικής και ζωικής προέλευσης και αντιπροσωπεύουν μεγάλο ποσοστό της οργανικής ουσίας του εδάφους. Ως βιοδιεγέρτες, κάποιες από τις δράσεις τους είναι να βελτιώνουν τη δομή και τον αερισμό του εδάφους και την απορρόφηση μακροθρεπτικών και ιχνοστοιχείων από τις ρίζες των φυτών. Ένας λόγος που συμβαίνει αυτό είναι γιατί ένα έδαφος με αυξημένη ποσότητα χουμικών συστατικών έχει μεγαλύτερη Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων (Du Jardin 2015). Ακόμα, τα χουμικά συστατικά συμβάλλουν στην αύξηση της διαθεσιμότητας του Φωσφόρου που βρίσκεται στο έδαφος σε μορφή Φωσφορικού Ασβεστίου και προωθούν την ανάπτυξη των ριζών όταν εφαρμόζονται στη ριζόσφαιρα (Jindo et al. 2012). Σπορόφυτα φιστικιάς που καλλιεργήθηκαν κάτω από συνθήκες αλατότητας, αναπτύχθηκαν καλύτερα μετά από χορήγηση χουμικών οξέων, καθώς οι αρνητικές επιδράσεις της αλατότητας που παρατηρήθηκαν στη βλαστική τους ανάπτυξη ήταν πιο ήπιες (Ladan Moghaddam and Soleimani 2012). Άλλη έρευνα που έγινε σε σπορόφυτα φιστικιάς έδειξε πως τα φουλβικά και χουμικά οξέα μπορούν να προωθήσουν την ανάπτυξη των φυτών κάτω από συνθήκες αλκαλικότητας. Η ανάπτυξη αυτή συσχετίστηκε με την αυξημένη συγκέντρωση Σιδήρου στα σπορόφυτα, ιδιαίτερα στους βλαστούς (Canellas et al. 2015).

1.7 Χαρακτηριστικά Φύλλων - Ειδικό Βάρος και Ξηρά ουσία

Η ξηρά ουσία του φύλλου και το ειδικό του βάρος (πόση ξηρά ουσία περιέχει μια συγκεκριμένη επιφάνεια φύλλου) είναι στοιχεία που επηρεάζονται από τη λειτουργία της φωτοσύνθεσης. Η ξηρά ουσία του φύλλου αποτελείται από 5-6% ανόργανα θρεπτικά (κυρίως Άζωτο, Ασβέστιο και Κάλιο) και από 95% οργανικές ουσίες. Οι οργανικές ουσίες περιλαμβάνουν λειτουργικές μονάδες όπως είναι οι πρωτεΐνες (από τις πιο σημαντικές είναι η RUBISCO το ένζυμο που εμπλέκεται στη μετατροπή του Άνθρακα από το διοξείδιο του άνθρακα σε οργανικά οξέα κατά τη φωτοσύνθεση), υδατοδιαλυτά σάκχαρα και οξέα, ελάχιστο άμυλο, DNA και άλλες. Περιλαμβάνουν επίσης δομικές μονάδες όπως οι μεμβράνες και το κυτταρικό τοίχωμα στο οποίο περιέχεται σημαντική ποσότητα Ασβεστίου. Συνήθως όσο καλύτερα λειτουργεί η φωτοσύνθεση, τόσο υψηλότερο ποσοστό % ξηράς ουσίας και ειδικό βάρος έχει το φύλλο. Επίσης, αυτά τα χαρακτηριστικά επηρεάζονται θετικά με την ηλικία του φύλλου μέχρι ένα όριο (είναι μεγαλύτερα όσο μεγαλύτερης ηλικίας είναι το φύλλο) και με τις καταπονήσεις που ίσως υποστεί κατά περιόδους.

1.8 Χλωροφύλλες a και b

Οι χλωροφύλλες a και b που συναντώνται στα φωτοσυστήματα είναι υπεύθυνες για την απορρόφηση του φωτός και τη μετατροπή του σε χημική ενέργεια ώστε να ενεργοποιηθούν οι σκοτεινές αντιδράσεις της φωτοσύνθεσης. Η συνολική συγκέντρωση χλωροφύλλης είναι σημαντική και αυξάνεται όταν το φύλλο έχει καλή παραγωγικότητα και καλή αζωτούχο θρέψη. Αν η συνολική συγκέντρωση χλωροφύλλης αυξηθεί λόγω αύξησης της b, τότε το φύλλο είναι σκιαζόμενο και προσπαθεί να απορροφήσει φωτόνια με τη βοηθητική χλωροφύλλη b. Στα καλά φωτιζόμενα φύλλα ο λόγος χλωροφυλλών a προς b είναι περίπου 3 και για εκείνα που βρίσκονται σε σκιά ο λόγος αυτός μειώνεται. Αν μείνει σε περιορισμένο φως για μεγάλο χρονικό διάστημα, το φύλλο δεν θα μπορέσει να λειτουργήσει φυσιολογικά και η συνολική χλωροφύλλη θα μειωθεί. Η συγκέντρωση χλωροφύλλης τροποποιείται με την ηλικία του φύλλου, τις καταπονήσεις του και την χρονική στιγμή που έγινε η δειγματοληψία. Η συγκέντρωση της ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου σχετίζεται με το πάχος, τη μεστότητα του φύλλου και δίνει πληροφορίες για το περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσεται το φύλλο και για την παραγωγικότητά του.

1.9 Σκοπός Ερευνητικής Εργασίας

Η φιστικιά είναι δένδρο από χαρακτηρίζεται από μακρά περίοδο νεανικότητας. Αργεί να εισέλθει στην παραγωγή καρπών (απαιτούνται τουλάχιστον 5 χρόνια) και για να δώσει μια ικανοποιητική παραγωγή χρειάζεται να περάσουν περισσότερα από 10 χρόνια. Όλα αυτά τα χρόνια απαιτεί συστηματική φροντίδα από τον παραγωγό χωρίς όμως να του επιφέρει οικονομικό κέρδος. Σκοπός της έρευνας ήταν η εντατική διαφυλλική λίπανση (με λιπαντικά στοιχεία και βιοδιεγέρτες) νεαρής φιστικιάς για βελτίωση της λειτουργίας του δένδρου την χρονιά της εφαρμογής και η προετοιμασία του δένδρου για τη βλαστική ανάπτυξη της επόμενης χρονιάς.

2. Υλικά και Μέθοδοι

2.1 Πειραματικός αγρός

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε αγρό στην περιοχή Άρμα Βοιωτίας (οι συντεταγμένες του αγρού είναι 38.340885, 23.500335) σε δένδρα κελυφωτού φιστικιού ποικιλίας τύπου Αιγίνης που είναι εμβολιασμένη σε Υποκείμενο P. terebinthus cv. tsikoudia. Τα δένδρα φυτεύθηκαν αρχές Μαρτίου του 2017 σε χωράφι 24 στρεμμάτων. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε τα έτη 2019 και 2020, όταν δηλαδή τα δένδρα διένυαν τον 2^ο και 3^ο χρόνο από τη φύτευσή τους. Οι αποστάσεις φύτευσης είναι 7x7 m και η διάταξή τους έχει γίνει σε ρόμβους. Τα δένδρα είναι διαμορφωμένα σε κύπελλο με τρεις βασικούς βραχίονες και έχουν υποστηριχθεί με πάσσαλο. Στο χωράφι η αναλογία θηλυκών προς αρσενικά δένδρα είναι 9:1. Τα αρσενικά αποτελούν οι κλώνοι Α, Β και Γ με τους Α να είναι η μειονότητα.

2.2 Καλλιεργητικές φροντίδες

Ξεκινώντας από τον Φεβρουάριο, πραγματοποιήθηκε μέτριας έντασης κλάδεμα διαμόρφωσης των νεαρών δένδρων σε κύπελλο με ψαλίδι μπαταρίας το 2019 και ομοίως το 2020. Τα κλαδευτικά απομακρύνθηκαν από το χωράφι και κάηκαν και τις 2 καλλιεργητικές περιόδους. Τέλος Απριλίου, έγινε βλαστολόγημα για την αφαίρεση περιττών νεοεκπτυχθέντων βλαστών και τακτικά γινόταν έλεγχος για ύπαρξη ανεπιθύμητων βλαστών στον κορμό και τους βασικούς βραχίονες. Όταν εντοπιζόνταν τέτοιοι βλαστοί αφαιρούνταν εύκολα με το χέρι στα αρχικά στάδια της έκπτυξής τους. Τέλος Απριλίου (2019 και 2020) έγινε καταπολέμηση των ζιζανίων με μηχανικό τρόπο στους διαδρόμους μεταξύ των δένδρων (με χρήση φρέζας), ενώ στην περιοχή γύρω από τον κορμό τα ζιζάνια αφαιρούνταν χειρωνακτικά με τη χρήση κατάλληλων γεωργικών εργαλείων. Οι εργασίες αυτές

επαναλαμβάνονταν όποτε κρινόταν απαραίτητο για να μειωθεί ο ανταγωνισμός δένδρων και ζιζανίων για θρεπτικά, νερό και διαθέσιμο χώρο. Τα δένδρα αρδεύονται με στάγδην άρδευση, το 2019 και το 2020 εφαρμόστηκε νερό τέσσερις φορές τους μήνες Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο και τέλος Αυγούστου. Η συνολική ποσότητα νερού που χορηγήθηκε το 2019 ήταν περίπου 300-350 L ανά δενδρύλλιο σε κάθε πότισμα και αυξήθηκε στα 400-450 L περίπου το 2020. Για την αντιμετώπιση των εχθρών (κυρίως της Ψύλλας *Agonoscena pistaciae*) έγιναν 2 ψεκασμοί με πυρεθροειδή εντομοκτόνα τον Ιούνιο και τον Ιούλιο. Οι προσβολές δεν ήταν σημαντικές. Για προληπτικό κυρίως έλεγχο των ασθενειών έγιναν 2 ψεκασμοί φυλλώματος αρχές Μαΐου με σκεύασμα που περιείχε τη δραστική Fenbuconazole (εμπορικό όνομα Karamat 2.5 EW). Ακόμα εφαρμόστηκε η δραστική fosetyl-Al τους μήνες Ιούνιο και Ιούλιο. Τον Αύγουστο έγινε μία εφαρμογή με χαλκούχο σκεύασμα.

2.3 Μεταχειρίσεις

Για την πειραματική διαδικασία χρησιμοποιήθηκαν 20 δένδρα τα οποία βρίσκονται πάνω στην ίδια γραμμή φύτευσης (διαδοχικά δένδρα) και ως μάρτυρες χρησιμοποιήθηκαν 20 δένδρα της διπλανής σειράς. Η ταξινόμηση των δένδρων στον αγρό φαίνεται στην Εικόνα 1.



Εικόνα 1. Το αγροτεμάχιο που χρησιμοποιήθηκε για την πειραματική διαδικασία. Στο κόκκινο πλαίσιο φαίνονται τα δένδρα που χρησιμοποιήθηκαν ως πειραματικά και συμβολίζονται με το γράμμα Π. Στο μπλε πλαίσιο φαίνονται τα δένδρα του μάρτυρα και συμβολίζονται με Μ.

2.3.1 Λίπανση Μάρτυρα

Η πρώτη λίπανση των δένδρων για το έτος 2019 έγινε μέσα Φεβρουαρίου με σύνθετο λίπασμα (εμπορικό όνομα YaraMila Complex). Εφαρμόστηκε με το χέρι κοντά στην περιοχή των ριζών σε ποσότητα περίπου 500 g ανά δενδρύλλιο. Συγκεκριμένα το λίπασμα περιέχει 12% N (νιτρικό N 5% και αμμωνιακό βραδύτερης αποδέσμευσης 7%), 11% P₂O₅, 18% K₂O, 2,7% MgO και μικρές ποσότητες από τα ιχνοστοιχεία Βόριο, Σίδηρο, Ψευδάργυρο και Μαγγάνιο. Με τα 500 g λιπάσματος που εφαρμόστηκαν, τα δενδρύλλια εφοδιάστηκαν με 60 g N, 55 g P₂O₅ και 90 g K₂O. Μέσα Φεβρουαρίου του 2020 εφαρμόστηκε ξανά το ίδιο λίπασμα σε ποσότητα περίπου 700 g ανά δενδρύλλιο.

Μέσα Μαρτίου 2019, εφαρμόστηκε κρυσταλικό λίπασμα Νιτροθειικής αμμωνίας (25% N, 28% SO₃, 0,5% Zn, 0,5% FeSO₄) σε ποσότητα 200 g ανά δένδρο, άρα το άζωτο που αντιστοιχεί σε κάθε δένδρο είναι 50 g και το θείο 56 g. Τον Μάρτιο

του 2020 το αντίστοιχο λίπασμα εφαρμόστηκε σε ποσότητα 300 g ανά δενδρύλλιο.

Μέσα Μαΐου 2019, εφαρμόστηκαν 150 g σύνθετου λιπάσματος ανά δενδρύλλιο (20-20-20 με ιχνοστοιχεία) με υδρολίπανση και επιπλέον 70 g ανά δενδρύλλιο από σκεύασμα με εδαφοβελτιωτική δράση (εμπορικό όνομα Espartan, κατασκευαστής Kimitec). Συγκεκριμένα περιέχει συνολική οργανική ουσία 30%, οργανικό άνθρακα 17,9% και συνολικό χουμικό εκχύλισμα 15,8%. Αντίστοιχα, το 2020 εφαρμόστηκαν 200 g από το σύνθετο λίπασμα σε κάθε δένδρο και η ίδια ποσότητα (70 g) εδαφοβελτιωτικού προϊόντος.

Τον Ιούνιο του 2019 (ομοίως και του 2020) εφαρμόστηκε ξανά το εδαφοβελτιωτικό σκεύασμα (70 g ανά δένδρο) συνδυαστικά με την άρδευση.

2.3.2 Εφαρμογές στα Πειραματικά Δένδρα

Στα πειραματικά δένδρα έγιναν όλες οι εφαρμογές του μάρτυρα και επιπλέον έγιναν διαφυλλικές εφαρμογές με θρεπτικά και βιοδιεγέρτες, μία φορά κάθε μήνα ξεκινώντας από αρχές Μαΐου 2019 έως και αρχές Σεπτεμβρίου 2019. Το 2020 δεν εφαρμόστηκε κάποιο σκεύασμα. Τα σκευάσματα που χρησιμοποιήθηκαν το 2019 αναλύονται παρακάτω.

Περίοδος 2019

- Αρχές Μαΐου: Σε 40 λίτρα νερού διαλύθηκαν 0,4 κιλά ουρία, 0,4 κιλά φωσφορικό μονοαμμώνιο (12% N και 61% P₂O₅), 0,4 κιλά νιτρικό κάλιο (13% NO₃ και 46% K₂O), 40 mL φύκη, 40 mL αμινοξέα, 200 mL Theocopper και 40 γραμ Theocal.
- Αρχές Ιουνίου: Σε 40 λίτρα νερό διαλύθηκαν 200 mL Theorun, 0,4 κιλά νιτρικό κάλιο, 40 mL φύκη, 40 mL αμινοξέα και 40 γραμ Theocal.
- Αρχές Ιουλίου: Σε 40 λίτρα νερό διαλύθηκαν 200 mL Theorun και 40 γραμ Theocal.
- Αρχές Αυγούστου: Σε 40 λίτρα νερό διαλύθηκαν 200 mL Theorun και 0,4 κιλά νιτρικό κάλιο.
- Αρχές Σεπτεμβρίου: Σε 40 λίτρα νερό διαλύθηκαν 200 mL Theorun, 0,4 κιλά φωσφορικό μονοαμμώνιο, 200 mL Theocopper και 40 γραμ Theocal.

Η ουρία θεωρείται το πυκνότερο Αζωτούχο λίπασμα και περιέχει 46% N. Καταλληλότερα σκευάσματα για διαφυλλική εφαρμογή είναι εκείνα που έχουν χαμηλή διουρία γιατί μειώνουν τον κίνδυνο για έγκαυμα του φυλλώματος.

Για την εφαρμογή του εκχυλίσματος φυκιών χρησιμοποιήθηκε το σκεύασμα με εμπορικό όνομα Achekeip το οποίο περιέχει 40% w/w εκχυλίσματος από τα καστανά φύκη του είδους *Ascophyllum nodosum* και 5% w/w χουμικά και φουλβικά οξέα. Επίσης περιέχει φυσικές ορμόνες (κυτοκινίνες, αυξίνες και

γιββερελλίνες), αμινοξέα, θρεπτικά στοιχεία (N, P, K, Ca, Fe, Mn, Zn, B, Mo και Cu) και πλήθος βιταμινών. Είναι υγρό σκεύασμα, 100% υδατοδιαλυτό.

Για την εφαρμογή των αμινοξέων χρησιμοποιήθηκε το προϊόν με εμπορική ονομασία Amino-16 το οποίο είναι υγρό οργανικό λίπασμα αμινοξέων, λειτουργεί ως βιοδιεγέρτης και ενισχυτικό θρέψης και ανάπτυξης των φυτών. Αποτελείται από 33% οργανική ουσία, 3% ολικό Άζωτο και 11,3% ελεύθερα L-αμινοξέα.

Το σκεύασμα Theoscorper είναι υγρό οργανικό λίπασμα Χαλκού. Συγκεκριμένα περιέχει 1,4% Χαλκό, 3,5% οργανική ουσία, 12% Άζωτο, 2,5% Κάλιο, Αμινοξέα, σάκχαρα και φυτικά εκχυλίσματα.

Το σκεύασμα Theocal είναι στερεάς μορφής οργανικό λίπασμα Ασβεστίου με ουδέτερο pH. Περιέχει 30% οργανικό ασβέστιο και 35% οργανική ουσία και είναι 100% υδατοδιαλυτό. Δεν περιέχει άζωτο.

Το σκεύασμα Theorun είναι υγρό οργανικό λίπασμα Αζώτου με περιεκτικότητα σε N 17% κυρίως με τη μορφή αμινοξέων. Περιέχει επίσης 3,2% οργανική ουσία και αυξάνει τη φυτική μάζα πλάγια μειώνοντας την επιμήκυνση της κορυφής.

Οι διαφυλλικές εφαρμογές έγιναν με ψεκαστήρα πλάτης MATABI χωρητικότητας 16 L.

2.4 Μετρήσεις

2.4.1 Συλλογή δειγμάτων και μετρήσεις εργαστηρίου 2019

Το 2019 μετρήθηκαν τα χαρακτηριστικά των φύλλων δύο εποχές (η πρώτη μέτρηση έγινε στις 22/7/19 και η δεύτερη στις 8/10/19) και των βλαστών στις 8/10/19.

- Τέλος Ιουλίου (21/7/19) σε 1 μικρή πλαστική σακούλα τοποθετήθηκαν 6 φυλλάκια τα οποία συλλέχθηκαν από 2 δένδρα (3 φυλλάκια από ένα δένδρο της σειράς εκείνων που χρησιμοποιήθηκαν ως μάρτυρες και ακόμα 3 από το επόμενο δένδρο της ίδιας σειράς). Τα φυλλάκια συλλέχθηκαν από το μέσο των βλαστών περιμετρικά της κόμης του κάθε δένδρου. Κάθε σακούλα αποτελούσε μια επανάληψη. Η διαδικασία επαναλήφθηκε μαζεύοντας φυλλάκια από τα επόμενα δένδρα της σειράς και ανά δύο δένδρα συλλεγόταν 1 δείγμα που περιείχε 6 φυλλάκια. Αν κάποιο δένδρο εμφάνιζε έντονη παραλλακτικότητα συγκριτικά με τα υπόλοιπα, δεν συμμετείχε στη δειγματοληψία. Συνολικά μαζεύτηκαν 6 σακουλάκια-επαναλήψεις για τα δένδρα του μάρτυρα και ακόμα 6 για τα πειραματικά. Τα δείγματα συλλέχθηκαν 21/7/19, τα κλειστά σακουλάκια τοποθετήθηκαν στο ψυγείο και η ανάλυσή τους στο εργαστήριο έγινε στις 22/7/19.

- Επίσης, 21/7/19 συλλέχθηκαν 30 φυλλάρια από τα δένδρα του μάρτυρα και 30 από τα πειραματικά, τοποθετήθηκαν σε διαφορετικές σακούλες και διατηρήθηκαν στο ψυγείο. Στις 22/7/19 πλύθηκαν επιμελημένα στο εργαστήριο με νερό βρύσης και απιονισμένο νερό και αφέθηκαν να ξηρανθούν. Κατόπιν στάλθηκαν στο Ινστιτούτο Εδαφοϋδατικών Πόρων Θεσσαλονίκης του ΕΛ.Γ.Ο. ΔΗΜΗΤΡΑ όπου αναλύθηκαν από την ερευνήτρια Γεωργία Τάνου.
- Στις 6/10/19 συλλέχθηκαν 10 μέτριοι βλαστοί από τα 20 δένδρα του μάρτυρα και τοποθετήθηκαν σε σακούλες. Αφού κλείστηκαν καλά τοποθετήθηκαν στο ψυγείο και στις 8/10/19 έγινε η ανάλυσή τους στο εργαστήριο. Το ίδιο έγινε και για τα πειραματικά δένδρα. Οι βλαστοί που συλλέχθηκαν φαίνονται στην εικόνα που ακολουθεί (Εικόνα 2).



Εικόνα 2. Στην πάνω εικόνα φαίνονται 10 βλαστοί των πειραματικών δένδρων που κόπηκαν στις 6/10/19 και στην κάτω φαίνονται 10 βλαστοί των δένδρων του μάρτυρα που κόπηκαν την ίδια ημερομηνία. Οι εικόνες δείχνουν τα δείγματα στις 8/10/19, στο Εργαστήριο Δενδροκομίας, την ημέρα που έγινε η ανάλυσή τους.

Χαρακτηριστικά φυλλαρίων

Στο εργαστήριο έγιναν μετρήσεις του ποσοστού % της ξηράς ουσίας των φυλλαρίων (% ΞΟ), του ειδικού τους βάρους (ΕΙΔΒΑΡ) και της περιεκτικότητάς τους σε χλωροφύλλη.

Μέτρηση ξηράς ουσίας και ειδικού βάρους φυλλαρίων

Για να μετρηθεί το ποσοστό % της ξηράς ουσίας των φυλλαρίων (% ΞΟ), από τα έξι φυλλάρια του κάθε δείγματος λαμβάνονταν 12 δίσκοι από το έλασμα τους με διακορευτή διαμέτρου 9 mm, ζυγίζονταν σε εργαστηριακό ζυγό με ακριβεία 4 δεκαδικών (μοντέλο ALS 220-4, Kern, Balingen, Germany), και λαμβάνονταν το νωπό τους βάρος (NB). Στη συνέχεια τοποθετούνταν σε φούρνο όπου ξηραίνονταν στους 80 °C μέχρι οι δίσκοι να θρυμματίζονται εύκολα με απλή πίεση. Η ξήρανση των φυτικών δειγμάτων πραγματοποιήθηκε σε εργαστηριακό ξηραντήρα 20 λίτρων (Memmert, Schwabach, Germany). Έπειτα, οι ξηροί δίσκοι ζυγίζονταν και λαμβανόταν το ξηρό βάρος (ΞΒ). Αφού ήταν γνωστό το ΞΒ, έγινε υπολογισμός του ποσοστού % ΞΟ του φύλλου με τον τύπο $\% \Xi O = [(\Xi B)/(NB)] \times 100$ και το αποτέλεσμα εκφράστηκε ως ποσοστό %.

Το ειδικό βάρος των φυλλαρίων υπολογίστηκε από τον τύπο $EIDBAP = (\Xi B)/(επιφάνεια\ 6\ δίσκων)$ και εκφράστηκε σε μονάδα $g\ m^{-2}$.

Υπολογισμός χλωροφύλλης φυλλαρίων

Για να υπολογιστεί η χλωροφύλλη, εφαρμόστηκε η αναλυτική μέθοδος που περιγράφεται από τους Wintermans and Mouts (1965). Από τα έξι φυλλάρια της κάθε επανάληψης αφαιρέθηκαν με τον ίδιο τρόπο όπως αναλύθηκε παραπάνω, έξι δίσκοι με διακορευτή διαμέτρου 5,8 mm, ζυγίστηκαν και τοποθετήθηκαν σε screw top δοκιμαστικό σωλήνα που περιείχε 15 mL αιθανόλης 95%. Έπειτα διατηρήθηκαν για μία περίπου ώρα στους 80 °C έως τα ελάσματα να αποχρωματιστούν πλήρως. Αφού αποχρωματίστηκαν, οι σωλήνες παρέμειναν σε σκοτεινό χώρο για να ψυχθούν. Στη συνέχεια ανακινήθηκαν με τη χρήση vortex για καλύτερη ομοιομορφία και μετρήθηκε η απορρόφηση με φασματοφωτόμετρο OPTIZEN POP (UV/VIS Spectrophotometer, Mecasys Co. Ltd) στα 665 και 649 nm με τη βοήθεια κρυσταλλικής κυψελίδας. Με αυτόν τον τρόπο, υπολογίστηκε η περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη α (χλωρ. α) και β (χλωρ. β) σε $\mu g\ mL^{-1}$ αιθανόλης και σε $mg\ m^{-2}$ φυλλαρίου, η ολική χλωροφύλλη (ολ. χλωρ.) και ο λόγος της χλωροφύλλης α προς τη χλωροφύλλη β (χλωρ. α/χλωρ. β).

Χαρακτηριστικά βλαστών

Μετρήθηκε το μήκος των βλαστών σε cm και ο αριθμός των γονάτων τους. Μετρήθηκε επίσης το νωπό βάρος (NB) των μεσογονάτιων διαστημάτων σε προζυγισμένο πετρί σε ηλεκτρονική ζυγαριά Kern με ακρίβεια 2 δεκαδικών ψηφίων (model EW 600-ZM, Balingen, Germany). Για να υπολογιστεί το ξηρό βάρος (ΞΒ) των μεσογονατίων, τοποθετήθηκαν σε φούρνο σε θερμοκρασία 80 °C. Η ξήρανση των φυτικών δειγμάτων πραγματοποιήθηκε σε εργαστηριακό

ξηραντήρα 20 λίτρων (Memmert, Schwabach, Germany). Όταν ξηράθηκαν πλήρως, ζυγίστηκαν ξανά και υπολογίστηκε η ξηρά ουσία σύμφωνα με τον τύπο $\% \Xi O = [(\Xi B)/(NB)] \times 100$. Υπολογίστηκε επίσης το νωπό βάρος των οφθαλμών κάθε βλαστού με την ίδια ζυγαριά σε προζυγισμένο πετρί. Μετά την ξήρανση τους στις ίδιες συνθήκες όπως και τα μεσογονάτια διαστήματα, ζυγίστηκαν ξανά για να υπολογιστεί το ξηρό βάρος και στην συνέχεια υπολογίστηκε η ξηρά ουσία σύμφωνα με τον τύπου που αναφέρθηκε.

Χρώμα φυλλαρίου με χρήση του χρωματόμετρου Minolta

Σε μια καινοτόμο προσπάθεια αντικειμενικής μέτρησης του χρώματος των φυλλαρίων χρησιμοποιήθηκε το χρωματόμετρο Minolta, που μετρά το πραγματικό χρώμα με την κλίμακα $L^*a^*b^*$. Η κεφαλή του οργάνου τοποθετήθηκε στην πάνω επιφάνεια σε περιοχή του ελάσματος περίπου στο μέσον του φυλλαρίου και πάρθηκε μία μέτρηση ανά φυλλάριο, ώστε να υπολογιστεί και καταγραφεί ο μέσος όρος των μετρήσεων στα 6 φυλλάρια.

2.4.2 Μετρήσεις αγρού 2020

Το 2020 έγιναν μετρήσεις της αποτελεσματικότητας των βιοδιεγερτών και των θρεπτικών που εφαρμόστηκαν διαφυλλικά το 2019. Μετρήθηκαν διάφορες παράμετροι στους περσινούς βλαστούς και η ανοιξιάτικη βλαστική ανάπτυξη. Έγιναν 2 μετρήσεις, η πρώτη στις 30/4/20 και η δεύτερη στις 30/7/20.

Μετρήσεις 30/4/20

Συγκεκριμένα, σε 18 πειραματικά δένδρα έγινε μέτρηση του μήκους 3 ομοιόμορφων περσινών βλαστών ανά δένδρο. Σε κάθε έναν από τους 3 αυτούς βλαστούς, μετρήθηκε ο συνολικός αριθμός οφθαλμών και πόσοι από αυτούς εκπύχθηκαν. Οι ίδιες μετρήσεις έγιναν και στα δένδρα του μάρτυρα.

Μετρήσεις 30/7/20

Σε κάθε πειραματικό δένδρο (συνολικά 18 δένδρα) μετρήθηκε το μήκος 2 ομοιόμορφων περσινών βραχιόνων του. Στους δύο αυτούς περσινούς βραχίονες μετρήθηκε το μήκος όλων των νεοεκπυσσόμενων βλαστών τους και ο αριθμός των φύλλων τους. Οι ίδιες μετρήσεις έγιναν και στα δένδρα του μάρτυρα.

2.5 Στατιστική ανάλυση

Στα αποτελέσματα που συλλέχθηκαν από τις μετρήσεις το 2019 και το 2020, έγινε στατιστική ανάλυση με το πρόγραμμα SPSS (SPSS 26.0, Chicago, USA). Οι παράγοντες που μελετήθηκαν ήταν ο χρόνος και η μεταχείριση με τη μέθοδο Ανάλυσης Παραλλακτικότητας (ANOVA) και οι μέσοι όροι διαχωρίστηκαν με τη μέθοδο Duncan ($P < 0,05$).

3. Αποτελέσματα

3.1 Αποτελέσματα μετρήσεων του 2019

Πίνακας 3.1.1 Τιμές μακροστοιχείων και ιχνοστοιχείων σε φύλλα δένδρων νεαρής φυσικιάς ποικιλίας Αιγίνης που συλλέχθηκαν στις 21/7/19. Στα πειραματικά δένδρα εφαρμόστηκαν διαφυλλικά θρεπτικά σκευάσματα και βιοδιεγέρτες, ενώ στους μάρτυρες δεν έγινε καμία διαφυλλική εφαρμογή. Η φυλλοδιαγνωστική ανάλυση έγινε στο Ινστιτούτο Εδαφοϋδατικών Πόρων Θεσσαλονίκης του ΕΛ.Γ.Ο. ΔΗΜΗΤΡΑ.

Στοιχείο	Μεταχείριση	
	Μάρτυρας	Πειραματικά
Άζωτο N (%)	1,277	1,162
Φώσφορος P (%)	0,523	0,503
Κάλιο K (%)	0,495	0,479
Ασβέστιο Ca (%)	2,641	2,481
Μαγνήσιο Mg (%)	0,652	0,626
Ψευδάργυρος Zn (ppm)	14,17	12,54
Μαγγάνιο Mn (ppm)	71,37	57,92
Σίδηρος Fe (ppm)	34,52	32,88
Βόριο B (ppm)	141,8	126,83
Χαλκός Cu (ppm)	11,1	8,909

Οι διαφυλλικές εφαρμογές βιοδιεγερτών και θρεπτικών στα πειραματικά δένδρα από τον Μάιο έως και τη συλλογή των φύλλων (τέλη Ιουλίου 2019) δεν βελτίωσαν τη θρέψη των φύλλων σε κανένα μακροστοιχείο ή ιχνοστοιχείο σε σχέση με τον μάρτυρα (Πίν. 3.1.1). Αντίθετα, τα φύλλα που είχαν δεχθεί 3 διαφυλλικούς ψεκασμούς με μίγμα βιοδιεγερτών και θρεπτικών φάνηκαν να έχουν μικρότερες συγκεντρώσεις ανόργανων θρεπτικών από τα φύλλα του μάρτυρα.

Πίνακας 3.1.2 Χαρακτηριστικά φύλλων δένδρων νεαρής φιστικιάς ποικιλίας Αιγίνης τέλος Ιουλίου και αρχές Οκτωβρίου. Στα πειραματικά δένδρα εφαρμόστηκαν διαφυλλικά θρεπτικά σκευάσματα και βιοδιεγέρτες, ενώ στους μάρτυρες δεν έγινε καμία διαφυλλική εφαρμογή. Η συγκέντρωση χλωροφύλλης στα φύλλα εκφράστηκε ανά μονάδα ξηράς ουσίας φύλλου ($\text{mg g}^{-1} \text{DM}$) και ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (mg m^{-2}). Οι παράμετροι που μετρήθηκαν (μέσοι όροι) αφορούν τη συνολική κατάσταση των φύλλων, δηλαδή το άθροισμα κάθε παραμέτρου των πειραματικών δένδρων και της αντίστοιχης του μάρτυρα ανά ημερομηνία. Μέσοι όροι σε κάθε παράμετρο που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

Παράμετρος	22 Ιουλίου 2019	8 Οκτωβρίου 2019	Σημαντικότητα
Ξηρά ουσία φύλλου (%)	45,0b	62,0a	***
Ειδικό βάρος φύλλου (mg cm^{-2})	18,1b	25,6a	***
Χλωροφύλλη a ($\text{mg g}^{-1} \text{DM}$)	1,61a	1,22b	***
Χλωροφύλλη b ($\text{mg g}^{-1} \text{DM}$)	0,44a	0,29b	***
Συνολική Χλωροφύλλη ($\text{mg g}^{-1} \text{DM}$)	2,05a	1,52b	***
Χλωρ a/Χλωρ b	3,67b	4,07a	***
Χλωρ a (mg m^{-2})	281b	302a	*
Χλωρ b (mg m^{-2})	76,7	74,4	NS
Συνολική Χλωροφύλλη (mg m^{-2})	357	377	NS

* σημαντικότητα 5%, *** σημαντικότητα 1%, NS μη σημαντική διαφορά

Στον Πίνακα 3.1.2 φαίνονται τα χαρακτηριστικά των φύλλων που μετρήθηκαν τον Ιούλιο και τον Οκτώβριο του 2019. Κάθε παράμετρος αναφέρεται στο άθροισμα των μέσων όρων των τιμών των πειραματικών και των δένδρων του μάρτυρα. Συνολικά για όλα τα φύλλα που μετρήθηκαν, το ποσοστό % της ξηράς ουσίας (ΞΟ) και το ειδικό τους βάρος αυξήθηκε σημαντικά τον Οκτώβριο σε σχέση με τον Ιούλιο (σημαντικότητα 1%). Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης a, της χλωροφύλλης b και της συνολικής χλωροφύλλης στα φύλλα, όταν εκφράστηκαν ανά μονάδα ξηράς ουσίας φύλλου, μειώθηκε σημαντικά (σημαντικότητα 1%) τον Οκτώβριο σε σχέση με τον Ιούλιο. Η σχέση χλωροφύλλη a/χλωροφύλλη b στα φύλλα ήταν σημαντικά μεγαλύτερη τον Οκτώβριο σε σχέση με τον Ιούλιο (σημαντικότητα 1%). Η χλωροφύλλη a εκφρασμένη ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου, αυξήθηκε (κατά <10%) τον Οκτώβριο σε σχέση με τον Ιούλιο (σημαντικότητα 5%). Η χλωροφύλλη b δεν τροποποιήθηκε σημαντικά κατά τις δύο εποχές που μετρήθηκε, και ομοίως δεν τροποποιήθηκε στατιστικά σημαντικά η συνολική χλωροφύλλη εκφρασμένη ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου από τον Ιούλιο στον Οκτώβριο (Πίν. 3.1.2).

Ακολουθούν πίνακες που αναλύουν τις διαφορές που εντοπίστηκαν στα χαρακτηριστικά των φύλλων τις 2 εποχές ξεχωριστά για τα δένδρα του μάρτυρα και για τα πειραματικά.

Πίνακας 3.1.3 Χαρακτηριστικά φύλλων (ποσοστό % ξηράς ουσίας και ειδικό βάρος φύλλων) δένδρων νεαρής φιστικιάς ποικιλίας τύπου Αιγίνης τέλος Ιουλίου και αρχές Οκτωβρίου 2019. Στη μεταχείριση 'Πειραματικά' εφαρμόστηκαν διαφυλλικά θρεπτικά σκευάσματα και βιοδιεγέρτες, ενώ στη μεταχείριση 'Μάρτυρας' δεν έγινε καμία διαφυλλική εφαρμογή. Μέσοι όροι σε κάθε παράμετρο που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

Ημερομηνία	Μεταχείριση	Ξηρά ουσία φύλλου (%)	Ειδικό βάρος φύλλου (mg cm ⁻²)
22 Ιουλίου 2019	Μάρτυρας	46,8c	19,3b
	Πειραματικά	43,3d	17,0c
8 Οκτωβρίου 2019	Μάρτυρας	51,8b	25,7a
	Πειραματικά	66,2a	25,5a
Σημαντικότητα	Ημερομηνία	***	***
	Μεταχείριση	**	*

* σημαντικότητα 5%, ** σημαντικότητα 1%, *** σημαντικότητα 1%

Με βάση την ημερομηνία των μετρήσεων, η ξηρά ουσία των φύλλων αυξήθηκε στατιστικά σημαντικά τον Οκτώβριο σε σχέση με τον Ιούλιο και για τις δύο μεταχειρίσεις και ιδιαίτερα για τα πειραματικά δένδρα (Πίν. 3.1.3). Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 3.1.3, τέλος Ιουλίου 2019 το ποσοστό % ξηράς ουσίας στα φύλλα των δένδρων του μάρτυρα ήταν μεγαλύτερη από το ποσοστό % ξηράς ουσίας των φύλλων των πειραματικών δένδρων. Τον Οκτώβριο τα δένδρα που είχαν δεχτεί βιοδιεγέρτες και λιπαντικά στοιχεία (πειραματικά) είχαν μεγαλύτερο ποσοστό % ξηράς ουσίας στα φύλλα τους συγκριτικά με τα δένδρα στα οποία δεν έγιναν διαφυλλικές εφαρμογές (μάρτυρας). Το χαμηλότερο ποσοστό % ξηράς ουσίας φύλλου, από όλες τις μετρήσεις που έγιναν και στις δύο ημερομηνίες, είχαν τα πειραματικά δένδρα τον Ιούλιο του 2019. Τα πειραματικά δένδρα είχαν επίσης και το μεγαλύτερο ποσοστό % ξηράς ουσίας φύλλου τον Οκτώβριο του 2019 από το σύνολο των μετρήσεων που έγιναν τον Ιούλιο και τον Οκτώβριο.

Το ειδικό βάρος των φύλλων των πειραματικών και των δένδρων του μάρτυρα αυξήθηκε στατιστικά σημαντικά τον Οκτώβριο συγκριτικά με τον Ιούλιο (σημαντικότητα 1%). Τα πειραματικά δένδρα είχαν ελαφρώς μικρότερο ειδικό βάρος φύλλου από τα δένδρα του μάρτυρα τον Ιούλιο. Τον Οκτώβριο το ειδικό βάρος των φύλλων των πειραματικών δένδρων ήταν παρόμοιο με εκείνο των δένδρων του μάρτυρα (Πίν. 3.1.3).

Πίνακας 3.1.4 Χαρακτηριστικά φύλλων (συγκεντρώσεις χλωροφυλλών ανά μονάδα ξηράς ουσίας και ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου) δένδρων νεαρής φυστικής ποικιλίας Αιγίνης τέλος Ιουλίου και αρχές Οκτωβρίου 2019. Στα πειραματικά δένδρα (Πειραμ.) εφαρμόστηκαν διαφυλλικά θρεπτικά σκευάσματα και βιοδιεγέρτες, ενώ στα δένδρα του μάρτυρα (Μάρτ.) δεν έγινε καμία διαφυλλική εφαρμογή. Μέσοι όροι σε κάθε παράμετρο που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

Παράμετροι	22 Ιουλίου 2019		8 Οκτωβρ. 2019		Σημαντικότητα	
	Μάρτ.	Πειραμ.	Μάρτ.	Πειραμ.	Ημερ.	Μεταχ.
Χλωροφύλλη a (mg g⁻¹ DM)	1,55b	1,67a	1,26c	1,18c	***	NS
Χλωροφύλλη b (mg g⁻¹ DM)	0,42b	0,47a	0,31c	0,28c	***	NS
Συνολική Χλωροφύλλη (mg g⁻¹ DM)	1,97b	2,13a	1,57c	1,46c	***	NS
Χλωρ a/Χλωρ b	3,72c	3,61c	3,94b	4,19a	***	NS
Χλωρ a (mg m⁻²)	293b	269c	327a	278c	*	***
Χλωρ b (mg m⁻²)	78,7ab	74,7b	82,4a	66,4c	NS	**
Συνολική Χλωροφύλλη (mg m⁻²)	371b	344c	409a	344c	NS	***

* σημαντικότητα 5%, ** σημαντικότητα 1%, *** σημαντικότητα 1%, NS μη σημαντική διαφορά

Τον Ιούλιο και τον Οκτώβριο του 2019 μελετήθηκαν επίσης οι παράμετροι φύλλων που φαίνονται στον Πίνακα 3.1.4. Η χλωροφύλλη a ανά μονάδα ξηράς ουσίας φύλλου (mg g⁻¹ DM) μειώθηκε τον Οκτώβριο σε σχέση με τον Ιούλιο τόσο στα φύλλα των δένδρων του μάρτυρα όσο και στα πειραματικά (σημαντικότητα 1%). Τον Ιούλιο η χλωροφύλλη a ανά μονάδα ξηράς ουσίας φύλλου ήταν μεγαλύτερη στα πειραματικά δένδρα συγκριτικά με τα δένδρα του μάρτυρα, ενώ

τον Οκτώβριο μετρήθηκε παρόμοια τιμή χλωροφύλλης a σε mg g^{-1} DM στις δύο μεταχειρίσεις.

Η χλωροφύλλη b ανά μονάδα ξηράς ουσίας φύλλου (mg g^{-1} DM) ήταν επίσης μειωμένη τον Οκτώβριο συγκριτικά με τον Ιούλιο τόσο στα φύλλα των δένδρων του μάρτυρα όσο και στα πειραματικά (σημαντικότητα 1%). Τον Ιούλιο η χλωροφύλλη b ανά μονάδα ξηράς ουσίας φύλλου ήταν μεγαλύτερη στα πειραματικά δένδρα συγκριτικά με τα δένδρα του μάρτυρα, ενώ τον Οκτώβριο μετρήθηκε παρόμοια τιμή χλωροφύλλης b σε mg g^{-1} DM (Πίν. 3.1.4) στις δύο μεταχειρίσεις.

Η συνολική χλωροφύλλη σε mg g^{-1} DM τροποποιήθηκε με τον ίδιο τρόπο που μεταβλήθηκε η χλωροφύλλη a και b ανά μονάδα ξηράς ουσίας φύλλου. Τον Οκτώβριο η συνολική χλωροφύλλη σε mg g^{-1} DM παρουσίασε μείωση σε σχέση με τον Ιούλιο και για τα πειραματικά αλλά και για τα φύλλα των δένδρων του μάρτυρα. Τον Ιούλιο η συνολική χλωροφύλλη σε mg g^{-1} DM στα φύλλα των πειραματικών δένδρων είχε μεγαλύτερη συγκέντρωση από εκείνη των δένδρων του μάρτυρα και τον Οκτώβριο η παράμετρος αυτή στις δύο μεταχειρίσεις δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά (Πίν. 3.1.4).

Με βάση την ημερομηνία των μετρήσεων, η σχέση χλωροφύλλη a / χλωροφύλλη b τροποποιήθηκε στατιστικά σημαντικά (σημαντικότητα 1%) από τον Ιούλιο ως τον Οκτώβριο και τον Οκτώβριο, τόσο στα φύλλα των πειραματικών όσο και στην δένδρων του μάρτυρα, η σχέση αυτή είχε μεγαλύτερη τιμή. Τον Ιούλιο η σχέση χλωροφύλλη a / χλωροφύλλη b στα φύλλα των πειραματικών δένδρων ήταν παρόμοια με εκείνη των φύλλων των δένδρων του μάρτυρα. Τον Οκτώβριο η σχέση χλωροφύλλη a / χλωροφύλλη b είχε μεγαλύτερη τιμή στα φύλλα των πειραματικών δένδρων συγκριτικά με τα φύλλα των δένδρων του μάρτυρα (Πίν. 3.1.4).

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 3.1.4, τον Ιούλιο η χλωροφύλλη a εκφρασμένη ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (mg m^{-2}) είχε μεγαλύτερη τιμή στα φύλλα των δένδρων του μάρτυρα συγκριτικά με τα φύλλα των πειραματικών δένδρων. Η χλωροφύλλη a (σε mg m^{-2}) στα φύλλα των δένδρων του μάρτυρα αυξήθηκε ελαφρώς τον Οκτώβριο συγκριτικά με τον Ιούλιο. Η χλωροφύλλη a (σε mg m^{-2}) στα φύλλα των πειραματικών δένδρων δεν τροποποιήθηκε στατιστικά σημαντικά τον Οκτώβριο σε σχέση με τον Ιούλιο. Τον Οκτώβριο η χλωροφύλλη a (σε mg m^{-2}) είχε σημαντικά μεγαλύτερη τιμή στα φύλλα των δένδρων του μάρτυρα συγκριτικά με την τιμή της στα φύλλα των πειραματικών δένδρων (σημαντικότητα 1%).

Σύμφωνα με τον Πίνακα 3.1.4 η χλωροφύλλη b ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (mg m^{-2}) δεν τροποποιήθηκε στατιστικά σημαντικά με βάση την ημερομηνία των μετρήσεων. Η συγκέντρωση χλωροφύλλης b (σε mg m^{-2}) στα φύλλα του μάρτυρα τον Ιούλιο ήταν παρόμοια με την τιμή που είχε τον Οκτώβριο. Η

συγκέντρωση χλωροφύλλης b (σε mg m⁻²) στα φύλλα των πειραματικών δένδρων τον Ιούλιο ήταν μεγαλύτερη συγκριτικά με τον Οκτώβριο. Η συγκέντρωση χλωροφύλλης b ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (mg m⁻²) στα φύλλα των πειραματικών δένδρων τον Ιούλιο δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά από την τιμή που μετρήθηκε στα φύλλα των δένδρων του μάρτυρα. Τον Οκτώβριο η συγκέντρωση χλωροφύλλης b (σε mg m⁻²) στα φύλλα των δένδρων του μάρτυρα ήταν σημαντικά μεγαλύτερη σε σχέση με τα φύλλα των πειραματικών δένδρων (σημαντικότητα 1%).

Η συνολική χλωροφύλλη εκφρασμένη ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (mg m⁻²) δεν τροποποιήθηκε στατιστικά σημαντικά με βάση την ημερομηνία μέτρησης (Πίν. 3.1.4). Η συνολική χλωροφύλλη εκφρασμένη ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (mg m⁻²) στα φύλλα των πειραματικών δένδρων ήταν σημαντικά μικρότερη (σημαντικότητα 1%) συγκριτικά με τα φύλλα των δένδρων του μάρτυρα τον Ιούλιο και τον Οκτώβριο (Πίν. 3.1.4).

Πίνακας 3.1.5 Χρώμα φύλλων νεαρής φιστικιάς ποικιλίας Αιγίνης στις 8 Οκτωβρίου 2019. Στα πειραματικά δένδρα κατά το 2019 έγιναν διαφυλλικές εφαρμογές θρεπτικών σκευασμάτων και βιοδιεγερτών, ενώ στους μάρτυρες δεν έγινε καμία διαφυλλική εφαρμογή. Μέσοι όροι σε κάθε παράμετρο που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

	Μάρτυρας	Πειραματικά	Σημαντ
Παράμετρος L*	46,3b	50,3a	**
Παράμετρος a*	-9,4a	-10,6b	**
Παράμετρος b*	19,9b	23,7a	**

** σημαντικότητα 1%

Η παράμετρος L* των ψεκασμένων φύλλων ήταν υψηλότερη από την παράμετρο L* των φύλλων του μάρτυρα (Πίν. 3.1.5). Αυτό σημαίνει ότι τα ψεκασμένα φύλλα ήταν πιο ανοιχτόχρωμα (λιγότερο σκούρα) από τα φύλλα του μάρτυρα. Η παράμετρος a* των ψεκασμένων φύλλων ήταν μικρότερη (περισσότερο αρνητική) από την παράμετρο a* των φύλλων του μάρτυρα (Πίν. 3.1.5). Αυτό σημαίνει ότι τα ψεκασμένα φύλλα ήταν περισσότερο πράσινα από τα φύλλα του μάρτυρα. Τέλος, η παράμετρος b* των ψεκασμένων φύλλων ήταν υψηλότερη από την παράμετρο b* των φύλλων του μάρτυρα (Πίν. 3.1.5). Αυτό σημαίνει ότι τα ψεκασμένα φύλλα ήταν λιγότερο γκρι (πιο καθαρού χρώματος) από τα φύλλα του μάρτυρα.

Χαρακτηριστικά Βλαστών 8 Οκτωβρίου 2019

Στον Πίνακα 3.1.6 φαίνονται τα χαρακτηριστικά των βλαστών που μετρήθηκαν στις 8 Οκτωβρίου 2019. Οι βλαστοί των δένδρων που δέχτηκαν βιοδιεγέρτες και λιπαντικά στοιχεία με διαφυλλικές εφαρμογές είχαν παρόμοιο μήκος μεσογονατίου σε cm, παρόμοιο ποσοστό % ξηράς ουσίας βλαστού (στο μεσογονάτιο διάστημα) και παρόμοιο ποσοστό % ξηράς ουσίας οφθαλμών με τους βλαστούς των δένδρων του μάρτυρα στους οποίους δεν έγιναν διαφυλλικές εφαρμογές.

Πίνακας 3.1.6 Χαρακτηριστικά βλαστών νεαρής φιστικιάς ποικιλίας Αιγίνης αρχές Οκτωβρίου 2019. Στα πειραματικά δένδρα έγιναν διαφυλλικές εφαρμογές θρεπτικών σκευασμάτων και βιοδιεγερτών, ενώ στους μάρτυρες δεν έγινε καμία διαφυλλική εφαρμογή.

Παράμετρος	Μάρτυρας	Πειραματικά	Σημαντ.
Μήκος μεσογονατίου (cm)	2,32	2,30	NS
Ξηρά ουσία βλαστού (%)	69,4	69,9	NS
Ξηρά ουσία οφθαλμού (%)	79,1	77,8	NS

NS μη σημαντική διαφορά

3.2 Αποτελέσματα μετρήσεων του 2020

Το 2020 έγιναν μετρήσεις της αποτελεσματικότητας των βιοδιεγερτών που εφαρμόστηκαν το 2019 στην βλάστηση της επόμενης χρονιάς. Οι παράμετροι που μετρήθηκαν στις 30 Απριλίου 2020 φαίνονται στον Πίνακα 3.2.1. Τέλος Απριλίου το μήκος μεσογονατίου που μετρήθηκε στους περσινούς βλαστούς των πειραματικών δένδρων δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά από το μήκος μεσογονατίου στους περσινούς βλαστούς των δένδρων του μάρτυρα. Το μήκος του οδηγού βλαστού στην κορυφή του περσινού βλαστού ήταν παρόμοιο στα πειραματικά και στα δένδρα του μάρτυρα. Επίσης δεν μετρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο ποσοστό % των περσινών οφθαλμών που εκβλάστησαν στους βλαστούς των πειραματικών και των δένδρων του μάρτυρα. Ο αριθμός των νεοεκπτυχθέντων βλαστών ανά 10 cm περσινού βλαστού ήταν παρόμοιος στα πειραματικά και στα δένδρα του μάρτυρα (Πίν. 3.2.1).

Πίνακας 3.2.1 Χαρακτηριστικά βλαστών νεαρής φιστικιάς ποικιλίας Αιγίνης στις 30 Απριλίου 2020. Στα πειραματικά δένδρα κατά το 2019 έγιναν διαφυλλικές εφαρμογές θρεπτικών σκευασμάτων και βιοδιεγερτών, ενώ στους μάρτυρες δεν έγινε καμία διαφυλλική εφαρμογή.

Παράμετρος	Μάρτυρας	Πειραματικά	Σημαντ.
Μήκος μεσογονατίου περυσινού βλαστού (cm)	2,28	2,30	NS
Μήκος οδηγού κορυφή περυσινού (cm)	3,43	3,49	NS
# νεοεκπτυχθέντων βλαστών ανά 10 cm περυσινού βλαστού	3,24	3,30	NS
Ποσοστό % περυσινών οφθαλμών που εκβλάστησαν	76,8	74,6	NS

NS μη σημαντική διαφορά

Με βάση τον Πίνακα 3.2.2, στις 30 Ιουλίου του 2020, το μήκος των περυσινών βλαστών σε cm στα δένδρα του μάρτυρα ήταν ελαφρά μεγαλύτερο σε σχέση με το μήκος των περυσινών βλαστών των πειραματικών δένδρων (σημαντικότητα 5%). Ο αριθμός των βλαστών που εκπτύχθηκαν από τους περσινούς βλαστούς των πειραματικών δένδρων ήταν παρόμοιος με τον αριθμό των νεοεκπτυχθέντων βλαστών από τους περσινούς βλαστούς των δένδρων του μάρτυρα. Το συνολικό μήκος των νέων εκπτυσσόμενων βλαστών σε cm ανά περυσινό βλαστό ήταν σημαντικά μεγαλύτερο στα πειραματικά δένδρα σε σχέση με τα δένδρα του μάρτυρα (σημαντικότητα 1%). Επίσης, ο συνολικός αριθμός φύλλων σε όλους τους νέους βλαστούς ανά περυσινό βλαστό των πειραματικών δένδρων ήταν σημαντικά μεγαλύτερος συγκριτικά με τον αριθμό φύλλων στους νέους βλαστούς των δένδρων του μάρτυρα (σημαντικότητα 1%). Το μήκος του μεσογονατίου διαστήματος των νεοεκπτυχθέντων βλαστών των πειραματικών δένδρων δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά από εκείνο που μετρήθηκε στα δένδρα του

μάρτυρα. Ακόμα, σύμφωνα με τον Πίν. 3.2.2, ο αριθμός των νέων βλαστών εκφρασμένος ανά 10 cm περσινού βλαστού στα πειραματικά δένδρα ήταν ελαφρά μεγαλύτερος από τον αριθμό των νέων βλαστών ανά 10 cm περσινού βλαστού των δένδρων του μάρτυρα (σημαντικότητα 5%). Επίσης, τα πειραματικά δένδρα είχαν σημαντικά μεγαλύτερο μήκος νέων βλαστών ανά 10 εκατοστά περυσινού βλαστού συγκριτικά με τα δένδρα του μάρτυρα (σημαντικότητα 1%). Τέλος, τα δένδρα που δέχτηκαν διαφυλλικές εφαρμογές λιπαντικών στοιχείων και βιοδιεγερτών είχαν επίσης σημαντικά μεγαλύτερο αριθμό φύλλων στους νεοεκπτυχθέντες βλαστούς ανά 10 εκατοστά περσινού βλαστού από τα δένδρα του μάρτυρα (σημαντικότητα 1%) (Πίν. 3.2.2).

Πίνακας 3.2.2 Χαρακτηριστικά βλαστών νεαρής φιστικιάς ποικιλίας τύπου Αιγίνης στις 30 Ιουλίου 2020. Στα πειραματικά δένδρα κατά το 2019 έγιναν διαφυλλικές εφαρμογές θρεπτικών σκευασμάτων και βιοδιεγερτών, ενώ στους μάρτυρες δεν έγινε καμία διαφυλλική εφαρμογή.

Παράμετρος	Μάρτυρας	Πειραματικά	Σημαντ.
Μήκος περυσινών βλαστών (cm)	40,5a	38,4b	*
# βλαστών που εκπτύχθηκαν από τον περυσινό βλαστό	6,80	6,75	NS
Συνολικό μήκος εκπτυσσόμενων βλαστών ανά περυσινό βλαστό (cm)	303b	351a	***
Συνολικός # φύλλων σε όλους τους νέους βλαστούς ανά περυσινό βλαστό	139b	161a	***
Μήκος μεσογονατίου στους νεοεκπτυχθέντες βλαστούς (cm)	1,97	1,98	NS
# νέων βλαστών ανά 10 cm περυσινού βλαστού	1,68b	1,77a	*
Μήκος νέων βλαστών ανά 10 cm περυσινού βλαστού	76,1b	93,4a	***
# φύλλων στους νεοεκπτυχθέντες βλαστούς ανά 10 cm περυσινού βλαστού	34,9b	42,6a	***

* σημαντικότητα 5%, *** σημαντικότητα 1%, NS μη σημαντική διαφορά

4. Συζήτηση

Τα χαρακτηριστικά των φύλλων μετρήθηκαν δύο εποχές και παρατηρήθηκε πως τα φύλλα συνέχισαν να συσσωρεύουν ξηρά ουσία από τον Ιούλιο έως τον Οκτώβριο του 2019 και επίσης το ειδικό τους βάρος αυξήθηκε σημαντικά τον Οκτώβριο σε σχέση με τον Ιούλιο. Οι διαφυλλικοί ψεκασμοί των πειραματικών δένδρων με λιπαντικά στοιχεία και βιοδιεγέρτες δεν είχαν βελτιώσει τη λειτουργικότητα των φύλλων (βάσει του ειδικού βάρους τους) μέχρι και τον Ιούλιο. Αυξήθηκε όμως το ειδικό βάρος στα ψεκασμένα φύλλα από τον Ιούλιο στον Οκτώβριο πολύ περισσότερο (κατά 50%) σε σχέση με το ειδικό βάρος των φύλλων του μάρτυρα (αύξηση 33%). Τον Ιούλιο στα δένδρα του μάρτυρα η ξηρά ουσία φύλλου ήταν περισσότερη σε σχέση με τα πειραματικά όμως τον Οκτώβριο στα φύλλα των πειραματικών δένδρων η ξηρά ουσία ήταν σημαντικά μεγαλύτερη. Συγκεκριμένα, από τον Ιούλιο έως τον Οκτώβριο η ξηρά ουσία φύλλου αυξήθηκε περίπου κατά 11% στα φύλλα των δένδρων του μάρτυρα και κατά περίπου 53% στα φύλλα των δένδρων που είχαν δεχτεί τους διαφυλλικούς ψεκασμούς. Η συσσώρευση ξηράς ουσίας για την προετοιμασία του δένδρου για τον χειμώνα που ακολουθεί έχει σαν αποτέλεσμα την διακοπή οποιασδήποτε βλαστικής ανάπτυξης. Τα φύλλα, καθώς γερνούν, εναποθέτουν υδατοδιαλυτούς υδατάνθρακες και αζωτούχες ενώσεις σε μορφή αμινοξέων στις ρίζες και τους βλαστούς του φυτού. Σημαντική ποσότητα από τις ουσίες που χρησιμοποίησε το φυτό την καλλιεργητική περίοδο πριν εισέλθει στην φάση του λήθαργου θα αποθηκευτεί στα διάφορα μέρη του δένδρου για να χρησιμοποιηθεί την επόμενη χρονιά για την αρχική βλαστική ανάπτυξη του. Συγκεκριμένα, η χλωροφύλλη και το ένζυμο RUBISCO, ουσίες που χρησιμοποιούν τουλάχιστον το 80% του αζώτου που υπάρχει στα φύλλα, υδρολύονται και μεταφέρονται στο δένδρο κυρίως για τη δόμηση απαραίτητων πρωτεϊνών και την πρωταρχική βλαστική και αναπαραγωγική ανάπτυξη του δένδρου την επόμενη άνοιξη. Το γεγονός αυτό μπορεί να σημαίνει ότι όσο καλύτερη είναι η θρέψη του δένδρου και η παραγωγικότητα των φύλλων τόσο περισσότερα αποθέματα θα δημιουργήσει το φυτό για την επόμενη καλλιεργητική περίοδο. Έτσι φαίνεται ότι τα φύλλα των πειραματικών δέντρων συσσωρεύουν περισσότερη ξηρά ουσία που μέρος της θα πάει στο δέντρο για την επόμενη άνοιξη. Γι' αυτό και πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις βλαστικής ανάπτυξης την επόμενη χρονιά. Υπήρχε και μια πιθανότητα η καλύτερη θρέψη των φυτών με ξηρά ουσία ότι θα βοηθούσε στην άνθιση της επόμενης χρονιάς, αλλά τα δέντρα και των δύο μεταχειρίσεων παρέμειναν σε νεανική κατάσταση χωρίς ανθοφορία. Ως γνωστόν, οι ανθοφόροι οφθαλμοί διαμορφώνονται και διαφοροποιούνται τον Ιούνιο του προηγούμενου της άνθισης έτους (10 μήνες πριν την άνθιση). Οι διαφυλλικοί ψεκασμοί στα πειραματικά δέντρα δεν επηρέασαν θετικά την παραγωγικότητα των φύλλων μέχρι αργά τον Ιούλιο, επομένως ήταν λογικό να μην διαφοροποιηθούν όσον αφορά την ανθοφορία από τα δέντρα του μάρτυρα.

Τα φύλλα διατήρησαν τη συγκέντρωση χλωροφυλλών ικανοποιητικά έως τον Οκτώβριο, ήτοι δεν γέρασαν έως τις αρχές Οκτωβρίου. Η έκφραση της συγκέντρωσης χλωροφυλλών ανά μονάδα ξηράς ουσίας επηρεάζεται από τις

διαφορές στη συγκέντρωση ξηράς ουσίας σε κάθε μεταχείριση. Έτσι τον Ιούλιο τα ψεκασμένα φύλλα φαίνονταν να έχουν περισσότερη χλωροφύλλη λόγω της μικρότερης ξηράς ουσίας σε σχέση με τον μάρτυρα. Όταν όμως οι χλωροφύλλες εκφράστηκαν ανά μονάδα επιφάνειας, τότε τον Ιούλιο τα ψεκασμένα φύλλα είχαν χαμηλότερη ή παρόμοια συγκέντρωση χλωροφυλλών με τα φύλλα του μάρτυρα. Παρόμοια, τον Οκτώβριο όταν η συγκέντρωση χλωροφύλλης εκφράστηκε ανά μονάδα ξηράς ουσίας φύλλου δεν βρέθηκαν διαφορές μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων, ενώ όταν εκφράστηκαν ανά μονάδα επιφάνειας η συγκέντρωση χλωροφυλλών στα ψεκασμένα φύλλα ήταν μικρότερη από τη συγκέντρωση χλωροφυλλών στα φύλλα του μάρτυρα. Η υψηλή συγκέντρωση χλωροφύλλης συνήθως αντιπροσωπεύει την καλύτερη θρέψη με άζωτο και την καλή παραγωγικότητα του φύλλου, αλλά το ειδικό βάρος φύλλου είναι καλύτερος δείκτης παραγωγικότητας του φύλλου (και το ειδικό βάρος των πειραματικών φύλλων ήταν υψηλότερο των φύλλων του μάρτυρα). Όμως, αν και στα πειραματικά δένδρα εφαρμόστηκαν επιπλέον λιπαντικές ουσίες και βιοδιεγέρτες, η συνολική χλωροφύλλη ανά μονάδα επιφάνειας ήταν μεγαλύτερη στα φύλλα των δένδρων του μάρτυρα τον Ιούλιο αλλά και τον Οκτώβριο. Στα δένδρα του μάρτυρα που δεν δέχτηκαν τις διαφυλλικές εφαρμογές των πειραματικών, η συνολική χλωροφύλλη ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου αυξήθηκε από τον Ιούλιο έως τον Οκτώβριο, ενώ στα πειραματικά δένδρα η παράμετρος αυτή δεν τροποποιήθηκε. Επομένως, οι διαφυλλικές εφαρμογές δεν βοήθησαν τη θρέψη των φύλλων της φιστικιάς, που ίσως είναι ένα χαρακτηριστικό αυτού του δενδροκομικού είδους.

Ενδιαφέρον παρουσιάζεται ακόμα από τη διατήρηση ή και αύξηση των συγκεντρώσεων χλωροφυλλών στα φύλλα της φιστικιάς έως και τον Οκτώβριο, καθώς τα δέντρα ήταν νεαρά χωρίς παραγωγή, γιατί τα δέντρα που φέρουν καρπούς αποφυλλώνονται από νωρίς (πολλές φορές και πριν τον Σεπτέμβριο) λόγω απορρόφησης πολλών θρεπτικών των φύλλων από τα αναπτυσσόμενα σπέρματα στους καρπούς.

Εφαρμογή σκευασμάτων με βιοδιεγέρτες (κυρίως εκχυλισμάτων φυκιών, χουμικών οξέων και ελεύθερων αμινοξέων) σε δένδρα μηλιάς αύξησαν τη συγκέντρωση χλωροφύλλης στα φύλλα και τον ρυθμό φωτοσύνθεσης (Soppelsa et al. 2018) και παρόμοια αποτελέσματα συλλέχθηκαν από πείραμα σε φυτά αμπέλου (Sabir et al. 2014). Αυτές οι παρατηρήσεις μπορεί να φανερώνουν μια πιθανή ιδιότητα των εκχυλισμάτων φυκιών να μειώνουν την αποικοδόμηση των χλωροφυλλών και να καθυστερούν την γήρανση των φύλλων (Battacharya et al. 2015). Στην παρούσα εργασία όμως, τα φύλλα φιστικιάς που δέχτηκαν βιοδιεγέρτες δεν είχαν μεγαλύτερη συνολική συγκέντρωση χλωροφυλλών αλλά μικρότερη συγκριτικά με τα φύλλα των δένδρων του μάρτυρα (τα δέντρα που δεν ψεκάστηκαν με βιοδιεγέρτες).

Παρά τη μειωμένη συγκέντρωση χλωροφυλλών ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου τον Οκτώβριο, τα ψεκασμένα φύλλα είχαν υψηλότερο λόγο χλωρ a/χλωρ b από τα φύλλα του μάρτυρα. Καθώς η χλωροφύλλη a είναι η κύρια χρωστική

που δίνει το πράσινο χρώμα στα φύλλα, είναι λογικό οι μετρήσεις του χρωματομέτρου Minolta να δείξουν πιο πράσινο χρώμα φύλλου στα ψεκασμένα φύλλα σε σχέση με τον μάρτυρα. Καθώς δεν έχουν γίνει πολλές συσχετίσεις των μετρήσεων του χρωματομέτρου με τις φασματοφωτομετρικές αναλύσεις της συγκέντρωσης χλωροφυλλών, θεωρείται ότι είναι σημαντική η συγκεκριμένη παρατήρηση. Φυσικά, υπάρχουν και οι μετρήσεις που λαμβάνονται από το εξειδικευμένο όργανο χλωροφυλλόμετρο, αλλά αυτό δεν ήταν διαθέσιμο για μετρήσεις στη συγκεκριμένη εργασία.

Πολλές έρευνες αποδεικνύουν πως οι βιοδιεγέρτες μπορούν να προωθήσουν την ανάπτυξη των φυτών αλλά ο ακριβής τρόπος δράσης τους δεν είναι πλήρως κατανοητός. Σε πρόσφατη έρευνα που έγινε για τη βελτίωση της ανάπτυξης νεαρών δένδρων ελιάς εφαρμόστηκε λίπασμα με οργανικό άζωτο και βιοδιεγέρτες (κυρίως αμινοξέα). Παρατηρήθηκε πως στα ελαιόδεντρα ενισχύθηκε παράλληλα και χωρίς ανταγωνισμό και η βλαστική και η αναπαραγωγική ανάπτυξη. Επίσης, ενισχύθηκε η φωτοσύνθεση των φύλλων, τα δένδρα δημιούργησαν μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια και ήταν ικανά να συνθέσουν περισσότερα αφομοιώσιμα στοιχεία γεγονός που προώθησε την ανάπτυξή τους (Mazeh et al. 2021). Σε άλλη έρευνα που έγινε σε ελαιόδεντρα, η συμπληρωματική διαφυλλική εφαρμογή αζώτου με την μορφή ουρίας δεν επηρέασε σημαντικά τη φωτοσυνθετική ικανότητα των φύλλων (Regni and Proietti 2019). Η αύξηση του ποσοστού του αζώτου σε φύλλα ελιάς ήταν αποτελεσματικότερη όταν το άζωτο χορηγήθηκε στο φυτό από εδάφους συνδυαστικά με διαφυλλική εφαρμογή (Fernández-Escobar et al. 2009). Στην παρούσα εργασία, στα πειραματικά δένδρα εφαρμόστηκε επιπλέον ποσότητα λιπαντικών στοιχείων μέσω των διαφυλλικών εφαρμογών ενώ στα δένδρα του μάρτυρα έγινε μόνο η λίπανση από το έδαφος (η οποία έγινε και στα πειραματικά δένδρα). Παρά το γεγονός αυτό, στα φύλλα των πειραματικών δένδρων μετρήθηκαν μικρότερες συγκεντρώσεις θρεπτικών σε σχέση με τον μάρτυρα στη φυλλοδιαγνωστική ανάλυση που έγινε στις 21/7/19, όταν δηλαδή τα πειραματικά δένδρα είχαν ήδη δεχτεί 3 διαφυλλικούς ψεκασμούς. Όλα τα ανωτέρω συνηγορούν στο ότι η φιστικιά, όταν δεν βρίσκεται σε ανεπάρκεια θρεπτικών, δεν αξιοποιεί αποτελεσματικά τα εφαρμοζόμενα με διαφυλλικά λιπάσματα θρεπτικά.

Οι ψεκασμοί που έγιναν στα πειραματικά δένδρα δεν τροποποίησαν το μήκος μεσογονατίου γιατί προφανώς είναι ένα χαρακτηριστικό του φυτού γενετικά ελεγχόμενο. Αλλά και το φως τροποποιεί το μήκος μεσογονατίου στα φυτά, όπου βλαστοί που αναπτύσσονται σε σκιά δημιουργούν μεγαλύτερα μήκη μεσογονατίου. Η σκίαση προκαλεί μείωση της αναλογίας R:FR (Red:Far Red ratio) που αντιλαμβάνονται τα φυτοχρώματα και επάγουν μηχανισμούς αποφυγής σκίασης οι οποίοι εκδηλώνονται και με την επιμήκυνση των μεσογονατίου διαστήματος των φυτών. Στην συγκεκριμένη εργασία τα δένδρα ήταν νεαρά και η σκίαση μηδαμινή. Άρα οι ψεκασμοί θρεπτικών ή και βιοδιεγερτών δεν είχαν τη δυνατότητα να προκαλέσουν επιμήκυνση των βλαστών με την επιμήκυνση των μεσογονατίων.

Οι ψεκασμοί με θρεπτικά και βιοδιεγέρτες το 2019, ενώ δεν τροποποίησαν την ξηρά ουσία που συσσωρεύτηκε μέσα στον ετήσιο βλαστό και στους οφθαλμούς, εντούτοις προκάλεσαν σημαντική αύξηση της βλάστησης την επόμενη χρονιά. Μπορεί όμως να συσσωρεύτηκε ξηρά ουσία και ανόργανα θρεπτικά στη ρίζα και μεγαλύτερης ηλικίας βλαστούς ή και μόνο στο φλοιό που είναι μικρό μόνο τμήμα του βλαστού και αυτό να επισκίασε τη βελτιωμένη συγκέντρωση ξηράς ουσίας στους ετήσιους βλαστούς. Η αύξηση της ανοιξιότικης βλάστησης λόγω των εφαρμογών βιοδιεγερτών το 2019 δεν ήταν ορατή στην πρώτη μέτρηση των χαρακτηριστικών των βλαστών που έγινε την επόμενη χρονιά στις 30/4/2020. Στην δεύτερη μέτρηση που έγινε στις 30/7/2020, αν και δεν αυξήθηκε ο αριθμός των βλαστών που εκπτύχθηκαν στα πειραματικά δένδρα, το μήκος των νεοεκπτυσσόμενων βλαστών και ο αριθμός των φύλλων τους ήταν σημαντικά αυξημένα. Η εφαρμογή βιοδιεγερτών έχει συσχετιστεί με τη βλαστική ανάπτυξη των φυτών. Σύμφωνα με τους Halpern et al. 2015, η εφαρμογή αμινοξέων και πεπτιδίων (τα οποία απορροφώνται από τις ρίζες και τα φύλλα των φυτών) μπορεί να ενισχύσει τη βλαστική ανάπτυξη και την απορρόφηση μακροθρεπτικών και ιχνοστοιχείων. Επίσης σε νεαρές ελιές, η εφαρμογή βιοδιεγερτών (κυρίως αμινοξέων) επηρέασε θετικά τη βλαστική ανάπτυξη των δένδρων και παρατηρήθηκε ότι η επιφάνεια διατομής κορμού (χρήσιμο χαρακτηριστικό βλαστικής ανάπτυξης των δέντρων) αυξήθηκε κατά 20% (Almadi et al. 2020). Διαφυλλική εφαρμογή βιοδιεγερτών και θρεπτικών στοιχείων σε δένδρα μηλιάς αύξησε το συνολικό μήκος και τον αριθμό των βλαστών που εκπτύχθηκαν στα δένδρα που χρησιμοποιήθηκαν ως πειραματικά παρά το γεγονός ότι σε εκείνα η λίπανση ήταν μειωμένη συγκριτικά με τον μάρτυρα (Świerczyński et al. 2021). Διαφυλλική εφαρμογή θειικού καλίου συνδυαστικά με χουμικά οξέα αύξησε τη διάμετρο, το μήκος των βλαστών, και τη συνολική φυλλική επιφάνεια σε δένδρα μηλιάς (El- Gleel Mosa et al. 2015). Προϊόντα με υδρολυμένες πρωτεΐνες (αμινοξέα και πεπτιδία) φαίνεται πως συμπεριφέρονται στο φυτό όπως κάποιες ορμόνες (αυξίνες και γιββερελίνες) επηρεάζοντας θετικά την ανάπτυξη της ρίζας και των βλαστών, την αποδοτικότητα χρήσης του διαθέσιμου αζώτου από το φυτό και τελικά τη συνολική παραγωγικότητα του (Colla et al. 2014). Οι περισσότερες φυτικές ορμόνες προέρχονται από τρεις κατηγορίες πρόδρομων ενώσεων οι οποίες είναι τα αμινοξέα, τα ισοπρενοειδή και τα λιπίδια. Τα αμινοξέα τρυπτοφάνη και μεθειονίνη αποτελούν πρόδρομα μόρια της αυξίνης (Lincoln et al. 2017). Οι αυξίνες και οι γιββερελίνες προωθούν την αύξηση του μεγέθους των φυτικών κυττάρων κυρίως στα ακραία μεριστώματα και διεγείρουν την αύξηση των φυτών. Το σκεύασμα με εκχυλίσματα φυκιών που χρησιμοποιήθηκε στα πειραματικά δένδρα περιείχε, μεταξύ άλλων, μικρή ποσότητα από τις φυσικές ορμόνες αυξίνη, κυτοκίνη και γιββερελίνη. Διαφυλλική εφαρμογή φυτοορμονών και ιδίως γιββερελινών σε σπορόφυτα αμυγδαλιάς αύξησε τη φυλλική επιφάνεια, καθώς και το νωπό και ξηρό βάρος των βλαστών (Mobli and Baninasab 2008). Παρόμοια αποτελέσματα συλλέχθηκαν και από εφαρμογή γιββερελινών σε σπορόφυτα φιστικιάς (Rahemi and Baninasab 2000). Το 2019, η ξηρά ουσία που συσσωρεύτηκε στους ετήσιους βλαστούς και στους οφθαλμούς δεν αυξήθηκε λόγω των ψεκασμών βιοδιεγερτών, όμως προφανώς

δεν μετρήθηκε η ξηρά ουσία των ριζών και του κορμού των δένδρων, μέρη στα οποία αποθηκεύονται αποθησαυριστικές ουσίες. Οι Almandi et al. (2020) πρότειναν πως ίσως η θετική επίδραση που έχουν οι βιοδιεγέρτες στην αύξηση του ρυθμού φωτοσύνθεσης δεν είναι άμεση αλλά μπορεί να είναι παρατεταμένη και να συνεχίζεται για μεγάλο χρονικό διάστημα. Αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει σε αύξηση της κόμης του δένδρου με αποτέλεσμα να εκμεταλλεύεται περισσότερο φως και τελικά να αναπτύσσεται περισσότερο (Almandi et al. 2020). Η αύξηση της βλάστησης δεν είναι ξεκάθαρο αν θα ωθήσει το νεανικό δένδρο να εισέλθει στην καρποφορία πιο γρήγορα.

Συμπεράσματα

Η διαφυλλική εφαρμογή λιπαντικών στοιχείων, αμινοξέων και του εκχυλίσματος φυκιών *Ascophyllum nodosum* στα δένδρα νεαρής φιστικιάς φαίνεται πως είχε κάποια επίδραση στην βλαστική ανάπτυξη τους. Από τις μετρήσεις που έγιναν το 2019 στα χαρακτηριστικά των φύλλων, προέκυψε πως τα πειραματικά δένδρα είχαν μεγαλύτερο ποσοστό % ξηράς ουσίας φύλλου αλλά όχι μεγαλύτερο ειδικό βάρος φύλλου. Επίσης, οι συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων στα φύλλα των πειραματικών δένδρων δεν αυξήθηκαν τον Ιούλιο του 2019 παρά το γεγονός ότι είχαν προηγηθεί 3 ψεκασμοί με λιπαντικά στοιχεία και βιοδιεγέρτες. Εφόσον οι διαφυλλικοί ψεκασμοί συνεχίστηκαν (κυρίως με λιπαντικά στοιχεία), ίσως θα ήταν χρήσιμο να είχε γίνει μια επιπλέον φυλλοδιαγνωστική ανάλυση μετά την τελευταία διαφυλλική εφαρμογή που έγινε στις αρχές Σεπτεμβρίου. Όσον αφορά στη συνολική χλωροφύλλη ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου, στα φύλλα των δένδρων του μάρτυρα βρέθηκε μεγαλύτερη συγκέντρωση στη δεύτερη και τελευταία μέτρηση που έγινε τον Οκτώβριο του 2019 από τα ψεκασμένα με βιοδιεγέρτες φύλλα. Τον Οκτώβριο του 2019, η ξηρά ουσία που συσσωρεύτηκε στους οφθαλμούς και τους βλαστούς των πειραματικών δένδρων δεν ήταν αυξημένη συγκριτικά με τον μάρτυρα. Στα χαρακτηριστικά των βλαστών, διαφορές στα πειραματικά και τα δένδρα του μάρτυρα εντοπίστηκαν μόνο στις μετρήσεις που έγιναν τον Ιούλιο του 2020. Η πρωταρχική βλαστική ανάπτυξη των νεαρών δένδρων το 2020, όπως προκύπτει από τις μετρήσεις τον Απρίλιο του 2020, δεν ευνοήθηκε από τους ψεκασμούς που έγιναν την προηγούμενη καλλιεργητική περίοδο. Τέλος Ιουλίου όμως του 2020, στα πειραματικά δένδρα, οι νεοεκπυττωσόμενοι βλαστοί είχαν σημαντικά μεγαλύτερο μήκος και αριθμό φύλλων. Η αυξημένη βλαστική ανάπτυξη των πειραματικών δένδρων το 2020 πιθανόν οφείλεται στην απορρόφηση και αποθήκευση των θρεπτικών που εφαρμόστηκαν διαφυλλικά το 2019.

Βιβλιογραφία

Ελληνική Βιβλιογραφία

Βασιλακάκης Μ.Δ., 2016. Γενική και Ειδική Δενδροκομία. Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη.

Μπρουσοβάνας Ν., 1986. Η Φιστικιά. Εκδόσεις Στρ. Κλαπάκης και Υιοί Ο.Ε., Αθήνα.

Taiz L., Zeiger E., Moller I.M και Murphy A., 2017. Φυσιολογία και Ανάπτυξη Φυτών. Εκδόσεις Utopia, Αθήνα.

Brady N. C. και Weil R. R., 2011. Εδαφολογία: Η φύση και οι ιδιότητες των εδαφών. Εκδόσεις ΕΜΒΡΥΟ, Αθήνα.

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Abdulkadir A.H.W., Al-Ali A. and Al-Jedah J., 2000. Aflatoxin contamination in edible nuts imported in Qatar. Food Control, 11:157-160.

Abo Sedera F. A., Amany A. Abd El-Latif., L.A.A. Bader and S.M. Rezk., 2010. Effect of NPK mineral fertilizer levels and foliar application with humic and amino acids on yield and quality of strawberry. Egyptian Journal of Applied Sciences, 25:154-169.

Al-Ghamdi A.A. and Elansary H.O., 2018. Synergetic effects of 5-aminolevulinic acid and *Ascophyllum nodosum* seaweed extracts on *Asparagus phenolics* and stress related genes under saline irrigation. Plant Physiology and Biochemistry, 129:273–284.

Ali O., Ramsubhag A. and Jayaraman J., 2019. Biostimulatory activities of *Ascophyllum nodosum* extract in tomato and sweet pepper crops in a tropical environment. PLoS ONE, 14:5

Ali O., Ramsubhag A. and Jayaraman, J., 2020. Phytoelicitor activity of *Sargassum vulgare* and *Acanthophora spicifera* extracts and their prospects for use in vegetable crops for sustainable crop production. Journal of Applied Phycology, 33:1-13.

Almadi L., Paoletti A., Cinosi N., Daher E., Rosati A., Di Vaio C. and Famiani, F., 2020. A biostimulant based on protein hydrolysates promotes the growth of young olive trees. Agriculture, 10:618.

Avanzato D., Vaccaro A., Meli M., Delfini M., Capuani G., Di Cocco M. E. and Terziev I., 2011. Effect of boron treatment on 'Bianca' and 'Gloria' pistachio cultivars. Acta Horticulturae, 912:143–149.

Barone E., Mantia La M., Marra F.P, Motisi A. and Sottile F., 2005. Manipulation of the vegetative and reproductive cycle of pistachio (*Pistacia vera* L.). *Options Méditerranéennes*, 63:355–364.

Battacharyya D., Babgohari M. Z., Rathor P. and Prithiviraj B., 2015. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196:39-48.

Baur P., Buchholz A. and Schönherr J., 1997. Diffusion in plant cuticles as affected by temperature and size of organic solutes: similarity and diversity among species. *Plant, Cell and Environment* 20:982-994

Beede R.H., Brown P.H., Kallsen C. and Weinbaum S.A., 2005. Diagnosing and Correcting Nutrient Deficiencies. *Pistachio Production Manual*. DANR electronically available publication.

Bouic P. J., 2001. The role of phytosterols and phytosterolins in immune modulation: a review of the past 10 years. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolism Care*, 4:71-475.

Brun L.A., Le Corff J. and Maillet J., 2003. Effects of elevated soil copper on phenology, growth and reproduction of five ruderal plant species. *Environmental Pollution*, 122:361-368.

Canellas L. P., Olivares F. L., Aguiar N. O., Jones D. L., Nebbioso A., Mazzei P. and Piccolo, A., 2015. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196:15–27.

Caruso T, Barone E, Marra FP, Sottile F, La Mantia M and De Pasquale C., 2005. Effect of rootstock on growth, yield and fruit characteristics in cv. Bianca pistachio (*Pistacia vera* L.) trees. *Options Méditerranéennes*, 63:117-122.

Chitzanidis A., 2010. From Asia to Aigina: the story of the pistachio tree. XIV GREMPA Meeting on Pistachios and Almonds, *Options Meditteraneennes*, A no. 94, pp. 299–302

Claussen M., Lütke H., Blatt M., Böttger M., 1997. Auxin-induced growth and its linkage to potassium channels. *Planta* 201:227–234

Colla G., Roupheal Y., Canaguier R., Svecova E. and Cardarelli M., 2014. Biostimulant action of a plant-derived protein hydrolysate produced through enzymatic hydrolysis. *Front. Plant Sci.*, 5:448.

Cotty P. J. and Jaime-Garcia R., 2007. Influences of climate on aflatoxin producing fungi and aflatoxin contamination. *International Journal of Food Microbiology*, 119:109–115.

- Crouch, I. J., Beckett, R. P., & van Staden, J. (1990). Effect of seaweed concentrate on the growth and mineral nutrition of nutrient-stressed lettuce. *Journal of Applied Phycology*, 2:269–272.
- Dreher M.L., 2012. Pistachio nuts: composition and potential health benefits. *Nutrition Review*, 70:234-240
- Du Jardin P., 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196:3–14.
- Du Jardin, P., 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196:3–14.
- El- Gleel Mosa W., EL-Megeed N. and Sas Paszt, L., 2015. The effect of the foliar application of potassium, calcium, boron and humic acid on vegetative growth, fruit set, leaf mineral, yield and fruit quality of 'Anna' apple trees. *Journal of Experimental Agriculture International*, 8:224-234.
- El Habbasha S.F. and Faten M.I., 2015. Calcium: Physiological function, deficiency and absorption. *International Journal of Chemistry & Technology Research*, 8:196–202
- Fernández-Escobar R., Marin L., Sánchez-Zamora M. A., García-Novelo J.M., Molina-Soria C. and Parra M.A., 2009. Long-term effects of N fertilization on cropping and growth of olive trees and on N accumulation in soil profile. *European Journal of Agronomy*, 31:223–232.
- Finnie J.F. and Staden J.Van., 1985. Effect of seaweed concentrate and applied hormones on in vitro cultured tomato roots. *Journal of Plant Physiology*, 120:215–222.
- Gebauer S., West S., Kay C., Alaupovic P., Bagshaw D., and Kris-Etherton P., 2008. Effects of pistachios on cardiovascular disease risk factors and potential mechanisms of action: A dose-response study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 88:651–659.
- Gennadios P.G., 1914. Pistakia. In: *Lexicon of Plants*. Athens: P. Leoni, pp. 783-791
- Ghasemi S., Khoshgoftarmanesh A. H., Hadadzadeh H. and Jafari, M., 2012. Synthesis of iron-amino acid chelates and evaluation of their efficacy as iron source and growth stimulator for tomato in nutrient solution culture. *Journal of Plant Growth Regulation*, 31:498–508.
- Halpern M., Bar-Tal A., Ofek M., Minz D., Muller T. and Yermiyahu U., 2015. The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake. *Advances in Agronomy*, 130:141–174.

Halpern M., Bar-Tal A., Ofek M., Minz D., Muller T. And Yermiyahu U., 2015. The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake. *Advances in Agronomy*, 130:141-174.

Hernández-Alonso P., Bulló M. and Salas-Salvadó J., 2016. Pistachios for health. *Nutrition Today*, 3:133–138.

Hopkins B. and Ellsworth J., 2005. Phosphorus availability with alkaline/calcareous soil. *Western Nutrient Management Conference*, 6:88–93.

Jakiene E., 2013. The effect of the microelement fertilizers and biological preparation Terra Sorb Foliar on spring rape crop. *Zemes Ukio Mokslai*, 20:75-83.

Jindo K., Martim S.A., Navarro E.C., Aguiar N.O. and Canellas L.P., 2012. Root growth promotion by humic acids from composted and non-composted urban organic wastes. *Plant & Soil*, 353:209–220.

Juan C., Zinedine A., Moltó J. C., Idrissi L. and Mañes J., 2008. Aflatoxins levels in dried fruits and nuts from Rabat-Salé area, Morocco. *Food Control*, 19:849–853.

Kashaninejad M. and Tabil L. G., 2011. Pistachio (*Pistacia vera* L.). In: *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits: Vol. 4 Mangosteen to White Sapote*. Yahia E.M., Woodhead Publishing, pp. 218-246.

Kole C., 2011. *Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources Legume Crops and Forages*, Springer, Heidelberg, Germany.

Komárek M., Cadková E., Chrastrný V., Bordas F. and Bollinger, J., 2010. Contamination of vineyard soils with fungicides: a review of environmental and toxicological aspects. *Environment International*, 36:138-151.

Ladan Moghaddam A. R. and Soleimani A., 2012. Compensatory effects of humic acid on physiological characteristics of pistachio seedlings under salinity stress. *Acta Horticulturae*, 940:253–255.

Li Y. and Mattson N.S., 2015. Effects of seaweed extract application rate and method on post-production life of petunia and tomato transplants. *HortTechnology*, 25:505-510.

Loescher W.H., McCamant T. and Keller J.D., 1990. Carbohydrate reserves, translocation and storage in woody plant roots. *HortScience*, 25:274–281.

Marschner H., 1995. Functions and mineral nutrients. In: *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press, London, UK, pp. 213–255.

Marschner H., 1995. Uptake and release of elements by leaves and other aerial plant parts. In: Mineral Nutrition of Higher Plants. (2nd ed), Academic Press, London, UK, pp. 71-84.

Mazeh M., Almadi L., Paoletti A., Cinosi N., Daher E., Tucci M. and Famiani F., 2021. Use of an organic fertilizer also having a biostimulant action to promote the growth of young olive trees. *Agriculture*, 11:593.

Mengel K., Kirkby E.A., Kosegarten H. and Appel T., 2001. Principles of Plant Nutrition. Kluwer, Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands, pp. 481–511.

Mobli M. and Baninasab, B., 2008. Effects of plant growth regulators on growth and carbohydrate accumulation in shoots and roots of two almond rootstock seedlings. *Fruits*, 63:363-370.

Moreau R.A., Whitaker B.D. and Hicks K.B., 2002. Phytosterols, phytostanols, and their conjugates in foods: structural diversity, quantitative analysis, and health-promoting uses. *Progress in Lipid Research*, 41:457-500.

Mozaffarian V., 2005. Trees and Shrubs of Iran, Farhang Moaser, Tehran, Iran.

Mu J., Waseem R., Yuan C.X. and Qi-Rong S., 2008. Preparation and optimization of amino acid chelated micronutrient fertilizer by hydrolyzation of chicken waste feathers and the effects on growth of rice. *Journal of Plant Nutrition*, 31:571-582.

Norozi M., ValizadehKaji B., Karimi R. and Nikoogoftar Sedghi M., 2019. Effects of foliar application of potassium and zinc on pistachio (*Pistacia vera* L.) fruit yield. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 6:113–123.

Paleckiene R., Sviklas A., Šlinkšiene R., 2007. Physicochemical properties of a microelement fertilizer with amino acids. *Russian Journal of Applied Chemistry*, 80:352–357.

Prithviraj B., 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation*, 45:112–134.

Rahemi M. and Baninasab, A., 2000. Effect of gibberellic acid on seedling growth in two wild species of pistachio. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 75:336–339.

Raven P., Evert R.F. and Eichhorn S.E., 2013. Biology of Plants. W.H. Freeman and Co Publishers, New York.

Reetz HF. 2016. Fertilizers and Their Efficient Use. International Fertilizer Industry Association (IFA), Paris, France, 2016

- Regni L. and Proietti, P., 2019. Effects of nitrogen foliar fertilization on the vegetative and productive performance of the olive tree and on oil quality. *Agriculture*, 9:252.
- Rosecrance R.C., Weinbaum S.A. and Brown P.H., 1996. Assessment of nitrogen, phosphorus, and potassium uptake capacity and root growth in mature alternate-bearing pistachio (*Pistacia vera*) trees. *Tree Physiology*, 16:949-956.
- 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*, 6:87.
- Sabir A., Yazar K., Sabir F., Kara Z., Yazici M. Atilla and Goksu N., 2014. Vine growth, yield, berry quality attributes and leaf nutrient content of grapevines as influenced by seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) and nanosize fertilizer pulverizations. *Scientia Horticulturae*, 175:1-8.
- Solimanzadeh A., Mozafari V., Pour A.T. and Akhgar A., 2013. Effect of Zn, Cu and Fe foliar application on fruit set and some quality and quantity characteristics of pistachio trees. *South-Western Journal of Horticulture, Biology and Environment*, 4:19–34.
- Soppelsa S., Kelderer M., Casera C., Bassi M., Robatscher P. and Andreotti C., 2018. Use of biostimulants for organic apple production: Effects on tree growth, yield, and fruit quality at harvest and during storage. *Frontiers in Plant Science*, 9:1342.
- Świerczyński S., Antonowicz A. and Bykowska, J., 2021. The effect of the foliar application of biostimulants and fertilisers on the growth and physiological parameters of Maiden apple trees cultivated with limited mineral fertilisation. *Agronomy*, 11:1216.
- Yousef A.R.M., Mostafa E.A.M. and Saleh M.M.S., 2011. Response of olive seedlings to foliar sprays with amino acids and some micro elements. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 2:1108-1112.
- Yruela I., 2005. Copper in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 17:145–156.

Διαδικτυακή Βιβλιογραφία

ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΕ) 2019/1009 ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ ΤΗΣ 5ης ΙΟΥΝΙΟΥ 2019. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=OJ:L:2019:170:FULL&from=EN>. (Πρόσβαση στις 20/8/2021)

Beede, B. and Kallsen, C., 2008. How do I develop a sound pistachio nutrition management program? (Από <http://cekings.ucanr.edu/files/19240.pdf>). (Πρόσβαση στις 15/8/2021)

FAO, 2017. Agricultural Statistics of the Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. www.FAO.org (Πρόσβαση στις 20/8/2021)

Ferguson L., Polito V. and Kallsen C., 1980. The pistachio tree; botany and physiology and factors that affect yield. pp. 31–39, από <http://fruitsandnuts.ucdavis.edu/files/73683.pdf> (Πρόσβαση στις 5/8/2021)

Siddiqui M.I., Brown, P., 2013. Pistachio early-season sampling and in-season nitrogen application maximizes productivity, minimizes loss. (Από <http://fruitsandnuts.ucdavis.edu/files/165545.pdf>). (Πρόσβαση στις 5/9/2021)