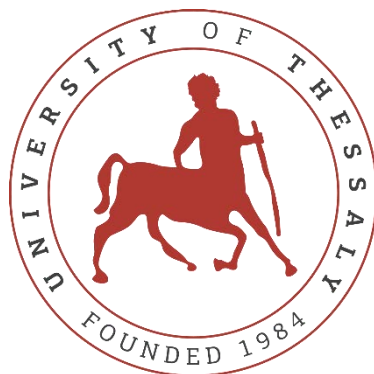




ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**‘Εναλλακτική λίπανση και διαφυλλικοί βιοδιεγέρτες στην
αμυγδαλιά: χαρακτηριστικά φύλλων και ποιότητα καρπών’**

Ονοματεπώνυμο φοιτητή: Φωτίου Αθανάσιος

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Μαλέτσικα Περσεφόνη

Βόλος 2023

Τίτλος πτυχιακής εργασίας:

**‘Εναλλακτική λίπανση και διαφυλλικοί βιοδιεγέρτες στην αμυγδαλιά:
χαρακτηριστικά φύλλων και ποιότητα καρπών’**

Τίτλος στην αγγλική γλώσσα:

**‘Alternative fertilization and foliar biostimulants in almond: leaf characteristics
and fruit quality’**

Τριμελής εξεταστική επιτροπή:

- Μαλέτσικα Περσεφόνη, Επίκουρος Καθηγήτρια Δενδροκομίας-Ελαιοκομίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (Επιβλέπουσα)
- Αντωνιάδης Βασίλειος, Καθηγητής Εφαρμοσμένης Εδαφολογίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (Μέλος)
- Τσιρόπουλος Νικόλαος, Καθηγητής Χημείας, Ανάλυσης και Προσδιορισμού Οργανικών Ουσιών, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (Μέλος)

Υπεύθυνη δήλωση

«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 την επιβλέποντα της πτυχιακής μου διατριβής Μαλέτσικα Περσεφόνη καθώς και τον καθηγητή Γεώργιο Νάνο, για την πολύτιμη βοήθεια την οποία μου προσέφεραν καθώς και όλες τις γνώσεις που μου μετέδωσαν.

Παράλληλα, ευχαριστώ θερμά τα μέλη της επιτροπής, τον καθηγητή Αντωνιάδη Βασίλειο, τον καθηγητή Τσιρόπουλο Νικόλαο καθώς και την Επίκουρο καθηγήτρια Μαλέτσικα Περσεφόνη για τον χρόνο τον οποίο διέθεσαν ώστε να εκφράσουν παρατηρήσεις σχετικά με την παρούσα πτυχιακή εργασία.

Τέλος, οφείλω ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια και τους φίλους μου, οι οποίοι μου στάθηκαν και πίστεψαν σε εμένα βοηθώντας με δίνοντάς μου θετική ενέργεια, καθώς παράλληλα και στον υπεύθυνο της εταιρίας όπου εργάζομαι αυτόν τον καιρό στην Ολλανδία, κ. Padraic Flood, ο οποίος μου μετέδωσε, και συνεχίζει, πληθώρα γνώσεων και στήριξη την περίοδο της συγγραφής της παρούσας διατριβής.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	iii
Περίληψη.....	v
1. Εισαγωγή	1
1.1. Αμυγδαλιά	1
1.1.1. Ιστορικά στοιχεία	1
1.1.2. Βοτανική ταξινόμηση – μορφολογία	1
1.1.3. Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις	2
1.2. Λίπανση Οπωροφόρων	4
1.3. Ο καρπός του αμυγδάλου	4
1.4. Βιοδιεγέρτες	5
1.4.1. Ορισμός – νομοθεσία.....	5
1.4.2. Κατηγορίες και τρόπος δράσης βιοδιεγερτών	6
1.5. Εναλλακτικές μέθοδοι λίπανσης.....	8
1.5.1. Βιοεξανθράκωμα.....	8
1.5.2. Κόμποστ.....	10
1.5.3. Νανο-βιολιπάσματα	11
1.5.4. Λιπάσματα φυκών.....	13
1.6. Σκοπός της εργασίας	14
2. Υλικά και μέθοδοι.....	15
2.1. Πειραματικός αγρός	15
2.2. Βασικές καλλιεργητικές φροντίδες	15
2.3. Μεταχειρίσεις.....	17
2.4. Δειγματοληψίες.....	20
2.5. Μετρήσεις Εργαστηρίου	21
2.6. Μετρήσεις ποιότητας καρπών	21
2.7. Στατιστική Ανάλυση.....	24
3. Αποτελέσματα	26
3.1. Αποτελέσματα εργαστηριακών μετρήσεων φύλλων 07.07.2022.....	26
3.2. Αποτελέσματα εργαστηριακών αναλύσεων ποιοτικών χαρακτηριστικών καρπών 07.07.2022.....	27
3.3. Αποτελέσματα εργαστηριακών αναλύσεων φύλλων 18.08.2022	32
3.4. Αποτελέσματα εργαστηριακών μετρήσεων ποιοτικών χαρακτηριστικών καρπού 05.09.2022.....	34
4. Συζήτηση	39

5. Συμπεράσματα	44
6. Βιβλιογραφία.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.

Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια οι αρνητικές επιπτώσεις που έχει η χρήση των λιπασμάτων γίνονται ολοένα και πιο γνωστές, ενώ στο πλαίσιο της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης και προστασίας των πόρων αναζητούνται εναλλακτικά λιπάσματα τα οποία μπορούν να ληφθούν από ανανεώσιμες πηγές και δεν θα έχουν αρνητικές επιπτώσεις στις καλλιέργειες και το περιβάλλον. Για τον λόγο αυτό έχουν δημιουργηθεί διάφορα εναλλακτικά λιπάσματα, τα οποία χρησιμοποιούνται αντί των συμβατικών λιπασμάτων, καθώς παράλληλα μελετώνται διαφορετικοί τρόποι λίπανσης με στόχο την καλύτερη αξιοποίηση και διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων στο δέντρο. Εκτός των λιπασμάτων άλλα σκευάσματα που χρησιμοποιούνται στις καλλιέργειες είναι οι βιοδιεγέρτες. Οι βιοδιεγέρτες αποτελούν ουσίες με θετικές επιδράσεις στις καλλιέργειες, οι οποίες δεν είναι πλήρως γνωστές. Παράγονται από διάφορες πηγές και δρουν θετικά στα φυτά τόσο αυξάνοντας την ανθεκτικότητά τους αλλά και τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στο έδαφος, ενώ σε αρκετές περιπτώσεις βελτιώνουν και την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων. Στην παρούσα έρευνα μελετήθηκε η εφαρμογή βιοδιεγερτών καθώς και εναλλακτικοί τρόποι λίπανσης στην καλλιέργεια της αμυγδαλιάς. Πιο συγκεκριμένα μελετήθηκε η εφαρμογή σκευασμάτων αμινοξέων (amino-16), φυκιών (AxekeIp), καθώς και η επίδραση διαφορετικού προγράμματος λίπανσης, με στόχο τη βελτιωμένη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων στην καλλιέργεια της αμυγδαλιάς. Τα αποτελέσματα δείχνουν πως τα συγκεκριμένα σκευάσματα παρουσιάζουν σημαντικές επιδράσεις στην καλλιέργεια, ερευνώντας παράλληλα εάν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εμπορική καλλιέργεια. Ωστόσο απαιτούνται περισσότερες έρευνες για να προσδιοριστεί η δράση τους.

1. Εισαγωγή

1.1. Αμυγδαλιά

1.1.1 Ιστορικά στοιχεία

Η αμυγδαλιά αποτελεί ένα δυναμικό φυτικό είδος που καλλιεργείται ευρέως στην Ελλάδα και σε άλλες περιοχές του κόσμου από την αρχαιότητα. Συγκεκριμένα, η αμυγδαλιά προέρχεται από την περιοχή της κεντροδυτικής Ασίας (και συγκεκριμένα από την περιοχή της Συρίας, Παλαιστίνης) από όπου εισήχθη στην Ελλάδα και στη συνέχεια μεταφέρθηκε στην Ιταλία, Γαλλία και Ισπανία κάτω από την ονομασία «Ελληνικό Κάρυο» (*Nux Graecum*) (Deplancke et al., 2013).

Τα αμύγδαλα αναφέρονται στη Βίβλο (Γένεση 43:11) με τον εβραϊκό όρο "Shaked", που σημαίνει "νωρίς", πιθανώς λόγω της πρώιμης ανθοφορίας της αμυγδαλιάς. Η αμυγδαλιά αναφέρεται επίσης από διάφορους αρχαίους Έλληνες συγγραφείς, ιδίως το αποκαλυπτικό είδος από το νησί της Θάσου, γνωστό ως "Θάσια αμυγδαλιά". Αμύγδαλα και φουντούκια ανακαλύφθηκαν στο ελληνικό πλοίο που βυθίστηκε στην Κερύνεια το 400 π.Χ., προερχόμενα από τη Σάμο και τη Ρόδο (Deplancke et al., 2013).

1.1.2. Βοτανική ταξινόμηση – μορφολογία

Η καλλιεργούμενη αμυγδαλιά βοτανικά ανήκει στην κατηγορία των πυρηνόκαρπων. Συγκεκριμένα ανήκει στην οικογένεια Rosaceae, στο γένος *Prunus* στο είδος *amygdalus* και, πιο πρόσφατα, στο είδος *dulcis*. Στο συγκεκριμένο γένος εντοπίζονται 50 είδη που προέρχονται από την Ασία κι εντοπίζονται στις περιοχές της Μεσογείου. Στη χώρα μας εκτός από την καλλιεργούμενη αμυγδαλιά, η άγρια αμυγδαλιά εντοπίζεται επίσης (συνήθως πικραμυγδαλιά). Από την άγρια αμυγδαλιά προήλθε η σύγχρονη αμυγδαλιά όπου αποτελεί βελτιωμένο είδος (Βασιλακάκης 2007).

Η αμυγδαλιά έχει απλά, λογχοειδή, οδοντωτά, γυαλιστερά και αδενοφόρα φύλλα. Το μήκος τους μπορεί να φτάσει τα 12 εκατοστά και είναι ανοιχτό πράσινο. Ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα της αμυγδαλιάς είναι ότι τα φύλλα της αρχίζουν να αναπτύσσονται αμέσως μετά την ανθοφορία και είναι τοποθετημένα εναλλάξ στα κλαδιά (Βασιλακάκης 2007).

Οι οφθαλμοί μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε δύο τύπους: ξυλώδεις οφθαλμοί και απλοί ανθοφόροι οφθαλμοί. Οι ανθοφόροι οφθαλμοί είναι στρογγυλοί και μεγαλύτεροι από τους ξυλώδεις οφθαλμούς. Βρίσκονται κυρίως στην κορυφή του βλαστού. Από την άλλη πλευρά, οι ξυλώδεις οφθαλμοί έχουν κωνικό σχήμα και

βρίσκονται σε όλο το μήκος του στελέχους. Οι ανθοφόροι οφθαλμοί εμφανίζονται νωρίτερα από τους ξυλώδεις οφθαλμούς και καθένας από αυτούς περιέχει ένα μόνο άνθος (Βασιλακάκης 2007).

Τα άνθη είναι μεγάλα και έχουν λευκό ή λευκό-κόκκινο χρώμα. Ανθίζουν από τους απλούς ανθοφόρους οφθαλμούς πριν τα φύλλα αναδυθούν από τους ξυλοφόρους οφθαλμούς. Κάθε λουλούδι περιέχει πέντε σέπαλα, πέντε πέταλα, έναν ύπερο και 10-30 στήμονες. Ο ύπερος αποτελείται από την ωοθήκη και έναν στύλο. Η ωοθήκη περιβάλλεται από ένα μόνο χώρο και έχει δύο σπερματοθήκες, αν και συνήθως μόνο μία από αυτές γονιμοποιείται και αναπτύσσεται σε καρπό (Βασιλακάκης 2007).

Ο καρπός της αμυγδαλιάς αποτελείται από διάφορα μέρη, όπως το περικάρπιο και το ενδοκάρπιο, το οποίο περιβάλλει τον σπόρο. Η ευκολία αποκόλλησης του περικαρπίου από τον καρπό εξαρτάται από την ποικιλία και το πόσο ώριμος είναι ο καρπός. Το ενδοκάρπιο μπορεί να είναι σκληρό, ημίσκληρο ή εύθραυστο, γεγονός που κατηγοριοποιεί τις ποικιλίες ως σκληρές, ημίσκληρες ή μαλακές. Είναι προτιμότερο μια ποικιλία να έχει καλά σχηματισμένους σπόρους, ενώ η ύπαρξη διπλών σπόρων είναι ανεπιθύμητη λόγω των προκλήσεων κατά την επεξεργασία των καρπών, όπως η διαλογή τους με βάση το μέγεθος και την ποιότητα (Βασιλακάκης 2007).

1.1.3 Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις

Η αμυγδαλιά καλλιεργείται συνήθως σε θερμά κλίματα επειδή ανθίζει νωρίς την άνοιξη. Είναι σημαντικό να αποφεύγονται περιοχές που είναι επιρρεπείς σε παγετό, ακόμη και όταν φυτεύονται ποικιλίες που ανθίζουν αργά. Σε περιοχές με όψιμους ανοιξιάτικους παγετούς, είναι δυνατόν να φυτευτούν όψιμες ανοιξιάτικες ποικιλίες στα βόρεια τμήματα της χώρας, εφόσον υπάρχουν διαθέσιμα μικροκλίματα που δεν παρατηρείται παγετός (Στυλιανίδης 2004).

Σε περιοχές όπου οι θερμοκρασίες σπάνια πέφτουν κάτω από το μηδέν, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ποικιλίες με πρώιμη ανθοφορία. Είναι καλύτερο να αποφεύγονται οι κλειστές κοιλάδες όπου κατεβαίνουν και συγκεντρώνονται ψυχρά ρεύματα και δημιουργούν ομίχλη και δροσιά, καθώς αυτό μπορεί να οδηγήσει σε ζημιές από παγετό και μυκητολογικές ασθένειες για τις αμυγδαλιές (Asai et al. 1996).

Οι ανοιξιάτικοι παγετοί μπορούν να βλάψουν τα άνθη και τους ανθοφόρους οφθαλμούς των δέντρων. Για την προστασία των δέντρων της αμυγδαλιάς κατά τη διάρκεια της ανθοφορίας, μπορεί να ψεκάζεται νερό κάτω από τα δέντρα, εάν ο

αμυγδαλέονας αρδεύεται με ατομικούς ψεκαστήρες. Αυτό συμβάλλει στην πρόληψη των δυσμενών επιπτώσεων του παγετού. Ωστόσο, η μέθοδος αυτή μπορεί επίσης να αυξήσει τον κίνδυνο ανάπτυξης ασθενειών λόγω της υγρασίας που συγκρατείται στα άνθη στα κατώτερα τμήματα του δέντρου (Στυλιανίδης 2004).

Η καύση ελαστικών ή άχυρου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την προστασία της καλλιέργειας σε συνθήκες παγετού με λίγο άνεμο, αλλά η χρήση αυτών των μεθόδων περιορίζεται από την ΕΕ λόγω περιβαλλοντικής ρύπανσης και μπορεί να μην είναι κατάλληλη για ολοκληρωμένη διαχείριση (Στυλιανίδης 2004).

Με εξαίρεση τα πολύ γόνιμα εδάφη που διατηρούν το γρασίδι και τα εξαιρετικά βροχερά εδάφη την περίοδο Απριλίου-Μαΐου, το πότισμα πρέπει να ξεκινάει μεταξύ τέλους Απριλίου και αρχών Μαΐου σε όλες τις άλλες περιπτώσεις. Το δέντρο της αμυγδαλιάς χρειάζεται άφθονη λίπανση την άνοιξη και έχει ισχυρή αντοχή στις ασθένειες, εκτός από τη σκωρίαση, στην οποία έχει μέτρια αντοχή. Ωστόσο, η σκωρίαση αποτελεί πρόβλημα μόνο σε ορισμένες περιοχές (Στυλιανίδης 2004).

Οι αμυγδαλιές ευδοκιμούν σε διάφορους τύπους εδάφους και αντέχουν στην ξηρασία και στα υψηλά επίπεδα ασβεστίου. Ωστόσο, τα καλύτερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται σε γόνιμα, καλά στραγγιζόμενα εδάφη που δέχονται κατάλληλη άρδευση (Στυλιανίδης, 2004).

Οι αμυγδαλιές έχουν την ικανότητα να αξιοποιούν οριακά εδάφη που δεν είναι κατάλληλα για άλλες οπωροφόρες καλλιέργειες με τη βοήθεια κατάλληλης λίπανσης και άρδευσης. Πριν φυτευτούν αμυγδαλιές, είναι σημαντικό να εξεταστούν ορισμένοι παράγοντες που σχετίζονται με την καταλληλότητα του εδάφους. Για παράδειγμα, εάν το έδαφος έχει πρόσφατα εκχερσωθεί από δρυς ή πουρνάρια, θα πρέπει να καλλιεργηθούν καλλιέργειες δημητριακών για την αποκατάσταση του εδάφους και την αποφυγή του κινδύνου εμφάνισης σηψιρριζίας. Το ίδιο ισχύει και αν το χωράφι έχει χρησιμοποιηθεί για πολλά χρόνια για την καλλιέργεια βαμβακιού ή ντομάτας, γεγονός που μπορεί να συμβάλει στην ανάπτυξη εδαφογενών ασθενειών. Προσοχή θα πρέπει να δίνεται στα αρδευόμενα εδάφη καθώς μπορεί να φιλοξενούν νηματώδεις (Στυλιανίδης 2004).

Στην περίπτωση που αντικατασταθούν οι παλαιοί οπωρώνες αμυγδαλιάς (ή και ροδακινιάς) απαιτείται η φύτευση των νέων δέντρων στα σημεία που δεν προϋπήρχαν τα παλαιά δέντρα (Asai et al. 1996). Μια άλλη σημαντική παρατήρηση, ιδίως σε πεδινές περιοχές, είναι η παρουσία χλωριούχων αλάτων. Ορισμένες ποικιλίες αμυγδάλων, όπως η Texas και η παλιά γαλλική Fournat de Brezenaud, είναι ιδιαίτερα

ευαίσθητες στα άλατα, ενώ η ποικιλία Truóito είναι ανθεκτική. Επιπλέον, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η έκθεση του εδάφους στον άνεμο, ιδίως σε περιοχές με ανέμους, όπου στην ανεμόπληκτη πλευρά την άνοιξη μπορεί να παρεμποδιστεί η μετακίνηση των μελισσών και η επικονίαση των ανθών (Asai et al. 1996).

1.2. Λίπανση Οπωροφόρων

Όλα τα φυτά και τα δέντρα στον πλανήτη, προσλαμβάνουν μεγάλες ποσότητες θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος, τις οποίες και χρησιμοποιούν για τη δημιουργία βλάστησης και καρπών. Τα θρεπτικά στοιχεία λοιπόν, πρέπει να παρέχονται στο δέντρο υπό τη μορφή λιπασμάτων, με σκοπό να απορροφηθούν από το δέντρο ώστε να πραγματοποιήσει τις λειτουργίες του (Σφακιωτάκης 1993). Στη πράξη, κυρίως φροντίζουμε να αναπληρώνουμε τρία κυρίως στοιχεία τα οποία είναι το άζωτο (N), ο φώσφορος (P) και το κάλιο (K). Τα υπόλοιπα στοιχεία, αναπληρώνονται ευκολότερα από τα αποθέματα τα οποία έχει το έδαφος, και συνιστάται η προσθήκη τους μετά από έλεγχο της διαθεσιμότητάς τους (Σφακιωτάκης 1993). Ωστόσο η λίπανση των οπωροφόρων δέντρων δεν πραγματοποιείται μόνο για μία ισορροπημένη ανάπτυξη, αλλά και για να εξασφαλίσουμε υψηλές αποδόσεις καρπών οι οποίες συνδυάζονται και με μία υψηλή ποιότητα καρπών. Οποιαδήποτε ανωμαλία στις ισορροπίες των θρεπτικών στοιχείων της καλλιέργειας, μπορεί να επιφέρει μείωση της παραγωγής καθώς παράλληλα και της ποιότητας των καρπών του δέντρου. Έτσι, καλό είναι να γνωρίζουμε τα επίπεδα θρεπτικών στοιχείων που απαιτεί η κάθε καλλιέργεια οπωροφόρων με αποτέλεσμα ισορροπημένη ανάπτυξη, υψηλή παραγωγή και άριστη ποιότητα καρπών (Σφακιωτάκης 1993).

1.3. Ο καρπός του αμυγδάλου

Από το δέντρο της αμυγδαλιάς καταναλώνεται ο καρπός του και συγκεκριμένα το σπέρμα του. Η κατανάλωσή του γίνεται είτε σε ωμή – αποξηραμένη μορφή είτε χρησιμοποιείται για την παραγωγή άλλων προϊόντων όπως για παράδειγμα τα φυτικά ροφήματα (Khalid et al. 2021)

Ο καρπός του αμυγδάλου αποτελείται από τρία μέρη: τον φλοιό (περικάρπιο), το κέλυφος (ενδοκάρπιο) και το σπέρμα το οποίο είναι βρώσιμο. Οι καρποί συγκομίζονται όταν ο φλοιός ξεκινάει να αποξηραίνεται (Khalid et al. 2021).

Οι καρποί του αμυγδάλου περιέχουν βιοδραστικές ενώσεις που διατηρούν δραστηριότητες μεταβολής των λιπιδίων, προστατεύουν το ανθρώπινο σώμα μειώνοντας τη μάζα ενεργού οξυγόνου, σταματώντας την απομάκρυνση του υδρογόνου και εμποδίζοντας τη δημιουργία ενεργών μορφών οξυγόνου. Όταν προστίθενται σε μια καθημερινή διατροφή, τα αμύγδαλα μπορούν να μειώσουν τον καρκίνο του παχέος εντέρου σε αρουραίους και να αυξήσουν τα επίπεδα καλής χοληστερόλης. Οι βιοδραστικές ουσίες που είναι υπεύθυνες για τις συγκεκριμένες ιδιότητες είναι διάφορα φαινολικά συστατικά όπως οι γλυκοζίτες φλαβονολών, τα φαινολικά οξέα και οι λιγνίνες, που η δράση τους σχετίζεται κυρίως με τη δέσμευση των ελεύθερων ριζών οξυγόνου (Khalid et al. 2021).

1.4. Βιοδιεγέρτες

1.4.1. Ορισμός – νομοθεσία

Οι βιοδιεγέρτες αποτελούν μία κατηγορία ενώσεων που μόλις πρόσφατα δημιουργήθηκε νομοθεσία που να καλύπτει τον ορισμό και τη χρήση τους.

Γενικότερα ως βιοδιεγέρτης ορίζεται κάθε ουσία ή μικροοργανισμός (ανεξάρτητα από την περιεκτικότητά του σε θρεπτικά συστατικά) που εφαρμόζεται στα φυτά είτε στους σπόρους φυτών, στην περιοχή της ριζόσφαιρας ή διαφυλλικά και έχει ως σκοπό τη βελτίωση της πραγματοποίησης των φυσικών διεργασιών των φυτών λόγω της βελτίωσης της αποτελεσματικής χρήσης των θρεπτικών συστατικών ή και της διαθεσιμότητάς τους ή και της ανθεκτικότητας των φυτών σε αβιοτικές αλλά και βιοτικές καταπονήσεις. Οι βιοδιεγέρτες μπορούν να είναι οποιαδήποτε ουσία ή συνδυασμός ουσιών ή μικροοργανισμών (Rouphael and Colla 2020).

Με βάση τον ορισμό της ΕΕ το 2019 ως βιοδιεγέρτες ορίζεται : «...μία κατηγορία ενώσεων που διαθέτει την ικανότητα να ενεργοποιεί τις διεργασίες πρόσληψης θρεπτικών συστατικών από τα φυτά ανεξάρτητα από το επίπεδό τους, με σκοπό τη βελτίωση των παρακάτω χαρακτηριστικών των φυτών:

- Απόδοσης της αξιοποίησης των θρεπτικών συστατικών
- Ανθεκτικότητας των φυτών απέναντι σε αβιοτικές αλλά και βιοτικές καταπονήσεις
- Βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των προϊόντων που παράγονται
- Βελτίωση της ικανότητας πρόσληψης θρεπτικών συστατικών από το έδαφος.

Βάσει του παραπάνω ορισμού είναι εμφανές πως οι βιοδιεγέρτες αποτελούν κάθε χημική ή φυσική ουσία ή ένωση που εντοπίζεται στην φύση ή παράγεται ή μπορεί να

αποτελέσει υποπροϊόν. Έτσι όλες οι παραπάνω ουσίες μπορούν να αποτελέσουν τους βιοδιεγέρτες.

Οι φυσικές ουσίες εντοπίζονται στην φύση αυτούσιες ή υπόκεινται σε ήπια επεξεργασία με μηχανικά ή χειρωνακτικά μέσα ή με ήπιες διεργασίες όπως η απομάκρυνση νερού ή εξαγωγή αερίων. Οι μικροοργανισμοί αποτελούν μύκητες, βακτήρια, ή πρωτόζωα τα οποία διαθέτουν τις παραπάνω δράσεις των βιοδιεγερτών. Τέλος, οι χημικές ουσίες παράγονται από την επεξεργασία διαφόρων υλικών (Rouphael and Colla 2020).

1.4.2. Κατηγορίες και τρόπος δράσης βιοδιεγερτών

Οι κύριες κατηγορίες βιοδιεγερτών είναι οι εξής:

-Χημικοί βιοδιεγέρτες

Υδρολυμένες πρωτεΐνες και αμινοξέα: αποτελούν μείγμα πεπτιδίων και αμινοξέων που προέρχονται από ζωικό ή φυτικό ιστό. Οι υδρολυμένες πρωτεΐνες παράγονται από υδρόλυση των πρωτεϊνών ζωικής ή φυτικής προέλευσης ενώ τα αμινοξέα παράγονται από περαιτέρω υδρόλυση και διάσπαση των πρωτεϊνών έτσι ώστε να παραχθούν μεμονωμένα αμινοξέα όπως η γλυκίνη, προλίνη, γλουταμινικό οξύ κ.ά. Οι συγκεκριμένοι βιοδιεγέρτες δρουν προάγοντας την ανάπτυξη των φυτών και ανθεκτικότητά τους απέναντι στις αβιοτικές καταπονήσεις λόγω θετικής επίδρασης στις μεταβολικές διεργασίες των φυτών (Vranova et al. 2011).

Πολυαμίνες: αποτελούν συνθετικούς βιοδιεγέρτες που είναι δευτερογενείς μεταβολίτες και λειτουργούν ως σηματοδοτικά μόρια προάγοντας την ανάπτυξη των φυτών. Οι σημαντικότερες πολυαμίνες είναι η σπερμίνη, σπερμιδίνη και πουτρεσκίνη οι οποίες είναι είτε ελεύθερες είτε συνδέονται με μακρομόρια όπως πρωτεΐνες, φαινολικά οξέα, νουκλειακά οξέα. Οι βιολογικές τους δράσεις σχετίζονται με την ανάπτυξη των φυτών, προστασία των κυττάρων από γήρανση και προαγωγή του πολλαπλασιασμού των κυττάρων. Επιπλέον προάγουν τη θρέψη των φυτών λόγω συστατικών. Η δράση τους σχετίζεται με τη μείωση της παραγωγής ενεργών μορφών οξυγόνου (ROS) στα κύτταρα, βελτίωση της θρέψης των φυτών, και πολλαπλασιασμό των κυττάρων (Savvides et al. 2016).

-Βιοδιεγέρτες από απόβλητα ή ανανεώσιμες πηγές

Χουμικές ενώσεις: Οι χουμικές ενώσεις εντοπίζονται φυσικά στο έδαφος, καθώς το 60% των σταθερών οργανικών ενώσεων που εντοπίζονται στο έδαφος είναι χουμικές ενώσεις. Παράγονται ως αποτέλεσμα μεταβολικών διεργασιών των ζωικών και φυτικών υπολειμμάτων που λαμβάνει χώρα κατά την αποσύνθεση ποικίλων οργανικών υπολειμμάτων. Παράγονται επίσης από φυσικές πηγές όπως η τύρφη όπως και από ορυκτές πηγές όπως ο λεοναρδίτης ή άλλα πετρώματα. Συνήθως όμως παράγονται από τύρφη, κόμποστ, άλλα οργανικά υλικά. Η δράση τους σχετίζεται με την απορρόφηση θρεπτικών συστατικών και αύξηση της διαθεσιμότητας αμινοξέων τα οποία έχουν θετικές επιδράσεις στην ανάπτυξη των φυτών. Οι θετικές τους επιδράσεις επιπλέον σχετίζονται και με την αύξηση της δραστηριότητας του ενζύμου H^+ - ATPάσης, που είναι αντλία πρωτονίων και προάγει την επιμήκυνση και σχηματισμών των ριζών. Ταυτόχρονα προάγει την πρόσληψη νιτρικών από τα φυτά αλλά και την παραγωγή αυξητικών ορμονών όπως η αυξίνη, ιασημονικό και αμπισισικό οξύ (Jindo et al. 2012, Ali et al. 2020).

Χιτίνη, χιτοζάνη και παράγωγά τους: Η χιτοζάνη παράγεται από τη χιτίνη που είναι ο δεύτερος πιο διαδεδομένος πολυσακχαρίτης στην φύση μετά την χιτίνη κι εντοπίζεται κυρίως στα τοιχώματα μυκήτων και φυκιών, ενώ σε μεγάλες ποσότητες βρίσκεται και σε εξωσκελετούς καρκινοειδών (Ramirez et al. 2010). Η χιτοζάνη δρα διαθέτοντας αντιμικροβιακές ιδιότητες λόγω της ικανότητάς της να προσκολλάται στα αρνητικά φορτισμένα μόρια των κυττάρων των παθογόνων μικροοργανισμών. Ταυτόχρονα διαθέτει αντιμυκητιακές ιδιότητες, ενώ προάγει τη συστηματική αντίσταση των φυτών και την παραγωγή δευτερογενών μεταβολιτών και ορμονών όπως οι φυτοαλεξίνες, αμπισισικό οξύ, φαινολικές ουσίες, κ.ά. (Stasinska-Jakubas and Hawrylak-Nowak 2022). Επιπλέον διαθέτει αντιοξειδωτικές ιδιότητες μειώνοντας την παραγωγή ROS και άλλων ελεύθερων ριζών, ενώ προάγει τη δράση των αντιοξειδωτικών ενζύμων (Hidangmayum et al. 2019).

-Μικροβιακοί βιοδιεγέρτες

Αποτελούν μικροοργανισμούς που έχουν βιοδιεγερτική δράση και δρουν θετικά στη ριζόσφαιρα. Διάφορα είδη και γένη μικροοργανισμών μπορούν να χρησιμοποιηθούν με διαφορετικές δράσεις το κάθε ένα (Alori and Babalola 2018).

Οι κύριοι μικροοργανισμοί είναι τα βακτήρια που προάγουν την ανάπτυξη των φυτών (Plant Growth Promotion Bacteria, PGPB), όπου δρουν άμεσα (επάγοντας την παραγωγή φυτικών ορμονών) κι έμμεσα (αύξηση της διαθεσιμότητας των θρεπτικών

στη ριζόσφαιρα) στην προαγωγή της ανάπτυξης των φυτών. Τέτοια γένη είναι τα *Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Trichoderma sp.*, *Azotobacter sp.*, *Glomeromycota sp.*, *Streptomyces*, *Micrococcus*, *Erwinia* και *Azospirillum sp.*, καθώς κ.ά. (Alori and Babalola 2018). Τέλος η δράση τους σχετίζεται με την υποβοήθηση της πρόσληψης N, P και Fe, ενώ μπορούν να βελτώσουν την αρχιτεκτονική των ριζών και να παράξουν διάφορες πτητικές οργανικές ενώσεις όπως οι κετόνες, αλκοόλες, αλδεϋδες και υδρογονάνθρακες (Kumari et al., 2022).

-Βιοδιεγέρτες φυκιών

Οι βιοδιεγέρτες φυκιών εντοπίζονται και είναι κυρίως των ειδών *Ascophyllum nodosum*, *Fucus*, *Laminaria*, *Sargassum* και *Turbinaria spp.* (Sharma et al. 2012).

Οι βιοδιεγέρτες φυκιών δρουν μεταβάλλοντας τα φυσικοχημικά, βιολογικά και φυσικά χαρακτηριστικά του εδάφους, ενώ επηρεάζουν τη δομή των ριζών προωθώντας την καλύτερη απορρόφηση θρεπτικών. Όμως η κύρια δράση τους σχετίζεται με την ανάπτυξη των πλάγιων ριζών. Όλα αυτά δρουν θετικά στο υπέργειο τμήμα των φυτών όπου αυξάνεται το βάρος τους και η ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων (Khan et al. 2012). Οι βιοδιεγέρτες φυκιών μπορούν να περιέχουν ορμόνες όπως η κυτοκίνη, γιββερελλικό οξύ, πολυαμίνες, ινδολυλοξικό οξύ, τα οποία δρουν θετικά στα φυτά προάγοντας τον πολλαπλασιασμό των κυττάρων και κατά συνέπεια την ανάπτυξή τους. Τέλος, βελτιώνουν την αντοχή των φυτών σε βιοτικές και αβιοτικές καταπονήσεις λόγω της περιεκτικότητάς τους σε δραστικές ουσίες (Zhang and Ervin 2008).

1.5. Εναλλακτικές μέθοδοι λίπανσης

1.5.1. Βιοεξανθράκωμα

Το βιοεξανθράκωμα αποτελεί ένα στερεό υλικό που λαμβάνεται από τη μετατροπή της βιομάζας, είναι μια σημαντική μέθοδος για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής. Βοηθά στην ακινητοποίηση των ρύπων, στη βελτίωση της γονιμότητας και στη δέσμευση άνθρακα στο έδαφος. Το βιοεξανθράκωμα μειώνει τις εκπομπές N₂O, αυξάνει την αποτελεσματικότητα της χρήσης του αζώτου και παρέχει μεγαλύτερη σταθερότητα του εδάφους λόγω της υψηλότερης περιεκτικότητάς του σε άνθρακα (Yang et al. 2007).

Το βιοεξανθράκωμα παράγεται από τη θερμοχημική επεξεργασία οργανικών υπολειμμάτων. Ανάλογα την πηγή, εύρος θερμοκρασίας και τον χρόνο επεξεργασίας της βιομάζας το βιοεξανθράκωμα μπορεί να διαφέρει χημικά (Yang et al. 2007).

Η μεγάλη επιφάνεια του βιοεξανθρακώματος, καθώς και η υψηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα, το καθιστούν ιδανική πηγή θρεπτικών αλλά και σαν σταθερές πηγές άνθρακα ενώ επιπλέον έχει την ικανότητα να διαθέτει σε χηλική μορφή τα ιόντα του εδάφους. Τα μόρια τους βιοεξανθρακώματος αυξάνουν την παραγωγικότητα των καλλιεργειών (20-40%), ενισχύουν τη συγκράτηση του νερού στο έδαφος, και συγκρατούν τα θρεπτικά συστατικά στο έδαφος και στην περιοχή της ριζόσφαιρας (Yang et al. 2007).

Το βιοεξανθράκωμα επιπλέον μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υλικό τροποποίησης του εδάφους επειδή είναι ιδιαίτερα πορώδες και τα μόριά του μπορούν να αυξήσουν τις λειτουργικές ομάδες, τον άνθρακα και άλλα μέταλλα. Βοηθούν επίσης στη διατήρηση ορισμένων οργανικών ενώσεων που προέρχονται από τα φυτά στην ασταθή οργανική ύλη του εδάφους, η οποία χρησιμεύει ως η κύρια πηγή των θρεπτικών συστατικών των φυτών (Palansooriya et al. 2019).

Το βιοεξανθράκωμα χρησιμοποιείται κυρίως σε εδάφη με χαμηλή περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά για τη βελτίωση της φυτικής παραγωγής. Τα μόριά του προκαλούν μετατόπιση της μικροβιακής κοινότητας, διατηρούν μεταλλικά στοιχεία όπως άζωτο, φώσφορο και θείο, και βελτιώνουν την υφή του εδάφους. Η εφαρμογή του βιοεξανθρακώματος σε ανοιχτούς αγρούς έχει οδηγήσει σε αυξημένες αποδόσεις ρυζιού και αραβοσίτου, ακόμη και σε προβληματικά εδάφη. Η τροποποίηση του βιοεξανθρακώματος μπορεί επίσης να παρέχει στα φυτά βασικά θρεπτικά συστατικά, συμπεριλαμβανομένων των μακρό- και μικρό-θρεπτικών συστατικών (Palansooriya et al. 2019).

Όταν το βιοεξανθράκωμα εφαρμόζεται στο έδαφος οδηγεί στη βελτίωση των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του εδάφους, δηλαδή μειώνει την πυκνότητα της επιφάνειας του εδάφους και προάγει την ανάπτυξη των ριζών, γεγονός που ενισχύει περαιτέρω την πρόσληψη θρεπτικών συστατικών από τα φυτά (Singh et al. 2023).

Τέλος, η εφαρμογή βιοεξανθρακώματος οδηγεί στην αύξηση της περιεκτικότητας του εδάφους σε θρεπτικά και κατά συνέπεια τα φυτά απορροφούν μεγαλύτερη ποσότητα θρεπτικών. Άλλες δράσεις του σχετίζονται με τη βελτίωση της δραστηριότητας των μικροοργανισμών στο έδαφος, βελτίωση της περιεκτικότητας σε υγρασία και αύξηση των αποδόσεων σε αλατούχα εδάφη. Τα νανοσύνθετα του βιοεξανθρακώματος που περιέχουν οξείδιο του μαγνησίου και οξείδιο του μαγγανίου αυξάνουν τον όγκο των πόρων, την ειδική επιφάνεια και την ικανότητα ανταλλαγής

κατιόντων του βιοεξανθρακώματος, μειώνοντας έτσι την πρόσληψη νατρίου και την παραγωγή χλωροφύλλης στα φυτά (Singh et al. 2023).

1.5.2. Κόμποστ

Το κόμποστ αποτελεί ένα υλικό που χρησιμοποιείται για τις θετικές επιδράσεις του στα φυτά ως εδαφοβελτιωτικό και πηγή θρεπτικών συστατικών.

Το κόμποστ παρασκευάζεται από φυτικά και ζωικά υπολείμματα, μετατρέποντας δυνητικά τοξική οργανική ύλη σε σταθερή κατάσταση και χρήσιμη μορφή για την ανάπτυξη των φυτών. Το κόμποστ έχει και άλλα οφέλη, όπως η εκτροπή των απορριμμάτων υγειονομικής ταφής, η απομάκρυνση παθογόνων μικροοργανισμών, η αποσύνθεση υπολειμμάτων πετρελαίου, ζιζανιοκτόνων ή φυτοφαρμάκων, ο έλεγχος της διάβρωσης, και η παροχή πηγών θρεπτικών συστατικών για βιώσιμη ανάπτυξη των φυτών (Adugna 2016).

Η χρήση του κόμποστ είναι ζωτικής σημασίας για την αύξηση της παραγωγικότητας και τη βιώσιμη γεωργία, καθώς βοηθά τους γεωργούς να αντιμετωπίσουν τα προβλήματα χαμηλής γονιμότητας του εδάφους, που προκαλεί μείωση στις αποδόσεις των καλλιεργειών και αυξάνει την ευαισθησία σε παράσιτα και ασθένειες (Brown and Cotton et al. 2011).

Το κόμποστ βελτιώνει επίσης την ικανότητα παραγωγής ασφαλών, πράσινων κηπευτικών προϊόντων και αυξάνει τις δυνατότητες για παραγωγή βιολογικών τροφίμων μεγάλης κλίμακας. Η οργανική ύλη διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στα εδάφη, παρέχοντας θρεπτικά συστατικά, βελτιώνοντας την ικανότητα συγκράτησης νερού, και προωθώντας το υγιές έδαφος για το φύτευμα των σπόρων και την ανάπτυξη των ριζών των φυτών (Adugna 2016).

Η προσθήκη χημικού λιπάσματος από μόνη της δεν αρκεί για τη διατήρηση της γονιμότητας του εδάφους. Οι αγρότες πρέπει να διατηρήσουν την περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία για να διασφαλίσουν τη βιώσιμη παραγωγή καλλιεργειών. Για τη βιώσιμη παραγωγή των καλλιεργειών σε αρκετές περιπτώσεις το κόμποστ συνδυάζεται με άλλα είδη λιπασμάτων όπως για παράδειγμα τα χημικά λιπάσματα, μειώνοντας την ανάγκη για χρήση των δεύτερων (Adugna 2016).

Αναφερόμενοι πιο συγκεκριμένα, το κόμποστ αυξάνει την οργανική ουσία στο έδαφος. Η οργανική ουσία είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της ποιότητας του εδάφους και των θρεπτικών του ιδιοτήτων, ενώ επιδρά επίσης και στα φυσικοχημικά του χαρακτηριστικά. Σε ακαλλιέργητα εδάφη το 95% του αζώτου και θείου

εντοπίζονται προσκολλημένα στην οργανική ουσία του εδάφους, ενώ και μία ποσότητα έως και 25% του φωσφόρου του εδάφους βρίσκεται εκεί. Για τον λόγο αυτό η εφαρμογή του κόμποστ, ιδιαίτερα όταν αποτελείται από απόβλητα φυτικής βιομάζας, είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος για αύξηση των επιπέδων οργανικής ουσίας στο έδαφος αλλά και αύξησης της περιεκτικότητας σε άζωτο, φώσφορο και θείο, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω (Adugna 2016).

Επιπλέον, το κόμποστ μπορεί να βελτιώσει τις ιδιότητες του εδάφους, τη χρήση του νερού και την παραγωγικότητα των καλλιεργειών μειώνοντας την πυκνότητα του εδάφους και αυξάνοντας το πορώδες. Αυτό οφείλεται στην αλληλεπίδραση μεταξύ οργανικών και ανόργανων εδαφικών κλασμάτων. Το κόμποστ αυξάνει τον χώρο των πόρων και το εδαφικό ανάγλυφο, ενώ το ελαφρύτερο οργανικό του κλάσμα μειώνει το συνολικό βάρος και την πυκνότητα του εδάφους (Adugna 2016).

Η κύρια δράση του κόμποστ σχετίζεται με τη βελτίωση της θρεπτικής κατάστασης των φυτών με μακροστοιχεία, όπως άζωτο, κάλιο, ασβέστιο, μαγνήσιο και θείο, αλλά και όλα τα ιχνοστοιχεία. Όμως αυτές οι ιδιότητες επηρεάζονται από τις πρώτες ύλες, καθώς και τις συνθήκες επεξεργασίας του κόμποστ (Adugna 2016).

Τα τροποποιημένα με κόμποστ εδάφη περιέχουν συγκρίσιμες συγκεντρώσεις διαθέσιμων στα φυτά θρεπτικών στοιχείων σε σύγκριση με τα συμβατικά λιπασμένα εδάφη, αλλά η συνολική περιεκτικότητα του κόμποστ σε θρεπτικά στοιχεία δεν είναι πλήρως διαθέσιμη στα φυτά αμέσως. Ακόμα, το κόμποστ βοηθάει στη μείωση της έκπλυσης του εδάφους συγκριτικά με άλλα ανόργανα λιπάσματα όμως στην περίπτωση της λίπανσης αζώτου φαίνεται πως το κόμποστ διαθέτει περιορισμένη περιεκτικότητα σε άζωτο συγκριτικά με τα χημικά λιπάσματα λόγω του χαμηλού ρυθμού ανοργανοποίησης και ακινητοποίησης του N στο έδαφος από μικροοργανισμούς (Brown and Cotton 2011).

1.5.3. Νανο-βιολιπάσματα

Τα νανο-βιολιπάσματα είναι πολλά υποσχόμενες γεωργικές τεχνολογίες που στοχεύουν στη βελτίωση της παραγωγικότητας και της ποιότητας των τροφίμων μέσω της αντιμετώπισης προβλημάτων όπως οι ελλείψεις θρεπτικών στοιχείων και η έκπλυση. Αυτά τα μικροσκοπικά γαλακτώματα των φυτικών θρεπτικών συστατικών μπορούν να βελτιώσουν την αποδοτικότητα της χρήσης των θρεπτικών συστατικών, τη θρεπτική ποιότητα των φυτών, και να μειώσουν τις απώλειες θρεπτικών συστατικών.

Αν και έχουν προκλήσεις, έχουν τη δυνατότητα να βελτιώσουν τις αποδόσεις των καλλιεργειών και τη βιωσιμότητα. Τα νανοσωματίδια μπορούν να διεισδύσουν στο εσωτερικό των φύλλων σε μεγάλους αριθμούς, ενισχύοντας την αλληλεπίδραση θρεπτικών ουσιών-επιφάνειας και αυξάνοντας την απορρόφηση θρεπτικών ουσιών (DeRosa et al. 2010).

Τα νανο-βιολιπάσματα προσφέρουν μια βιώσιμη προσέγγιση για τη βιωσιμότητα της γεωργίας, ιδίως σε τροπικά εδάφη με χαμηλό pH και όξινες συνθήκες. Μειώνουν τις απώλειες θρεπτικών στοιχείων μέσω της υψηλής ικανότητας απορρόφησης φωσφορικών, βελτιώνοντας τις αποδόσεις των καλλιεργειών και μειώνοντας το κόστος. Αυτά τα καινοτόμα λιπάσματα ενισχύουν την ανάπτυξη των φυτών, μειώνουν την έκπλυση του εδάφους και τη ρύπανση, οδηγώντας σε μια ταχέως αναπτυσσόμενη παγκόσμια αγορά. Ωστόσο, η υπερβολική χρήση συνθετικών λιπασμάτων συμβάλλει στη ρύπανση, στην υποβάθμιση της ποιότητας του εδάφους και των υδάτων και εμποδίζει την παροχή οξυγόνου στα ψάρια. Επιπλέον, η χημική απορροή έχει ως αποτέλεσμα την εξάτμιση του αζώτου, απελευθερώνοντας αέρια του θερμοκηπίου (Conway et al. 2015).

Τα νανο-βιολιπάσματα, που παράγονται από μικρόβια, μπορούν να μειώσουν σημαντικά την ποσότητα του χρησιμοποιούμενου λιπάσματος και να βελτιώσουν τις αποδόσεις των καλλιεργειών όταν συνδυάζονται με άλλα οργανικά λιπάσματα. Αυτά τα νανοσωματίδια ενισχύουν την απορρόφηση θρεπτικών ουσιών και βασικών ενώσεων από τις καλλιέργειες, καθιστώντας τα πιο αποτελεσματικά από τα συμβατικά λιπάσματα (Iqbal 2019).

Επιπλέον, τα νανο-βιολιπάσματα μπορούν να βελτιώσουν τις αποδόσεις έως και 25% και να βοηθήσουν στη διαχείριση των θρεπτικών στοιχείων, ενισχύοντας την απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων από τις καλλιέργειες (Iqbal, 2019). Διακρίνονται σε νανο-βιολιπάσματα βραδείας ή ταχείας απελευθέρωσης ανάλογα με τα χαρακτηριστικά και τις συνθήκες που επικρατούν στις γεωργικές εκτάσεις. Τα διαλυτά λιπάσματα μπορούν να κατασκευαστούν από ουρία ή καρβοξυμεθυλοκυτταρίνη, ενώ ο υδροξυαπατίτης και η χιτοζάνη είναι φορείς αγροχημικών που μπορούν να βελτιώσουν την ανάπτυξη των καλλιεργειών. Η νανοτεχνολογία είναι ένας πολλά υποσχόμενος τομέας έρευνας που έχει τη δυνατότητα να παράγει βιώσιμες λύσεις σε πολλά επιτακτικά προβλήματα της εντατικής γεωργίας (Craswell 2021).

Τέλος, αναφορικά με τα νανο-βιολιπάσματα τα σωματίδιά τους μπορούν να έχουν μέγεθος 1-100 nm με αποτέλεσμα να έχουν μεγάλη ειδική επιφάνεια που τους δίνει τη δυνατότητα να αλληλοεπιδρούν πιο αποτελεσματικά με άλλα θρεπτικά δεσμεύοντας μεγαλύτερη ποσότητα λιπασμάτων και κατά συνέπεια θρεπτικών. Κατά συνέπεια μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες των φυτών ανεξαρτήτως περιβάλλοντος προστατεύοντας το έδαφος από ρύπανση και υπέρ-συσσώρευση θρεπτικών. Ωστόσο, η ανάπτυξη αυτών των προϊόντων θα εξαρτηθεί από τη νομοθεσία και την ανάπτυξη των απαραίτητων τεχνολογιών (Jha et al. 2023).

1.5.4. Λιπάσματα φυκών

Μεταξύ των εναλλακτικών λιπασμάτων, τα διάφορα είδη φυκών χρησιμοποιούνται ως λιπάσματα.

Η *Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus acutus*, *Scenedesmus quadricauda*, *Scenedesmus spinosa*, και αζωτοδεσμευτικά κυανοβακτήρια (οικογένεια Nostocaceae) είναι από τα πιο διαδεδομένα είδη φυκών που χρησιμοποιούνται ως λιπάσματα (Rajaneesh et al. 2020).

Τα μικροφύκη (συμπεριλαμβάνοντας τόσο τα προκαρυωτικά μπλέ φύκη, όσο και τα προκαρυωτικά πράσινα φύκη) είναι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί που χρησιμοποιούνται ευρέως για την παραγωγή λιπασμάτων. Τα μικροφύκη ευδοκιμούν σε ακραία περιβάλλοντα με περιορισμένα θρεπτικά συστατικά και χαμηλές ανάγκες σε νερό, παράγοντας απαραίτητα αμινοξέα, αυξητικούς παράγοντες, και ορμόνες (Izzati et al. 2019).

Αυτοί οι οργανισμοί ενισχύουν τη γονιμότητα και την ποιότητα του εδάφους, παράγουν φυτικές αυξητικές ορμόνες, πολυσακχαρίτες, αντιβακτηριακές χημικές ουσίες και άλλους μεταβολίτες και συμβάλλουν στην αφομοίωση του ατμοσφαιρικού διοξειδίου του άνθρακα σε οργανική βιομάζα φυκών μέσω της φωτοσύνθεσης (Izzati et al. 2019).

Επιπλέον τα φύκη είναι πλούσια σε βιοδραστικές ενώσεις, όπως καροτενοειδή, τερπενοειδή, ξανθοφύλλες, χλωροφύλλες, φυκοβιλίνες, πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, πολυσακχαρίτες, βιταμίνες, στερόλες, τοκοφερόλη και φυκοκυανίνες. Μέσω αυτών του ουσιών τα φύκη στοχεύουν στην ενίσχυση της βλάστησης, της βαθύτερης διείσδυσης στις ρίζες, της απορρόφησης θρεπτικών συστατικών και της παραγωγής των καλλιεργειών. Ακόμα τα φύκη βελτιώνουν τη γονιμότητα του εδάφους, την

αναλογία C/N την ικανότητα συγκράτησης νερού και τη διείσδυση των φυτών στο έδαφος. Τα λιπάσματα από φύκη, όπως το *Sargassum sp.* και *Gracilaria verrucosa*, μπορούν να βελτιώσουν την οργανική περιεκτικότητα του εδάφους, να φέρουν το pH κοντά στο φυσιολογικό και να μειώσουν την αναλογία C/N (Izzati et al. 2019).

Η γονιμότητα του εδάφους επηρεάζεται από το οργανικό περιεχόμενο, το οποίο είναι ένα σύνθετο μείγμα μερικώς αποσυντεθειμένης φυτικής ύλης. Βιομάζα φυκών, όπως το *Sargassum sp.* και *Gracilaria verrucosa*, μπορούν να αυξήσουν το οργανικό περιεχόμενο στο έδαφος. Τα βελτιωτικά του εδάφους από τα φύκια αυξάνουν σημαντικά την περιεκτικότητα σε οργανική ουσία σε αμμώδη και αργιλώδη εδάφη. Η υψηλότερη περιεκτικότητα σε οργανική ουσία οδηγεί σε λεπτότερη υφή του εδάφους (Izzai 2015).

1.6. Σκοπός της εργασίας

Όσο αναφορά την αμυγδαλιά, αλλά και γενικότερα τα καρποφόρα δέντρα, υπάρχει έλλειψη δεδομένων τα οποία να μας γνωστοποιούν τα αποτελέσματα της δράσης σκευασμάτων αμινοξέων, φυκιών, καθώς και γενικότερα βιοδιεγερτών. Επιπλέον, γίνονται προσπάθειες βελτίωσης του προγράμματος λίπανσης σε όλες τις καλλιέργειες με στόχο την καλύτερη απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων από τα φυτά και ελαχιστοποίηση της αλόγιστης χρήσης των λιπασμάτων, καθώς τα χημικά λιπάσματα αποτελούν κύρια αιτία ρύπανσης του φυσικού περιβάλλοντος και των υδάτων.

Στόχος λοιπόν της συγκεκριμένης εργασίας ήταν η μελέτη του τρόπου δράσης διαφυλλικών βιοδιεγερτών (Amino-16), σκευάσματος φυκιών (AxekeIp), καθώς και η χορήγηση επιπλέον εναλλακτικής λίπανσης την περίοδο βλάστησης, ανάπτυξης και ωρίμανσης του καρπού σε δέντρα αμυγδαλιάς, και τα αποτελέσματα τα οποία επιφέρουν οι μεταχειρίσεις αυτές, μελετώντας τα χαρακτηριστικά φύλλων και την ποιότητα των καρπών.

2. Υλικά και μέθοδοι

2.1. Πειραματικός αγρός

Για να πραγματοποιηθεί η πειραματική διαδικασία, μελετήθηκαν δέντρα αμυγδαλιάς ποικιλίας Φυρανιά (Ferragnes) το 2022, τα οποία εγκαταστάθηκαν στο χωράφι τον χειμώνα του 2013 (δέντρα ηλικίας 9 ετών σε πλήρη παραγωγή και ανάπτυξη) στην περιοχή Συκέα Ελασσόνας (συντεταγμένες 39.825303, 22.052729). Το σύστημα διαμόρφωσης των δέντρων είναι ανοικτό κύπελλο το οποίο διατηρείται κάθε χρόνο με το ετήσιο κλάδεμα. Οι αποστάσεις φύτευσης είναι 5,5 m επί της γραμμής και 5,5 m μεταξύ των σειρών. Η μηχανική σύσταση του εδάφους στο εν λόγω αγροτεμάχιο είναι μέση (SL).

2.2. Βασικές καλλιεργητικές φροντίδες

Λίπανση

Ιανουάριος: Εφαρμογή βασικού λιπάσματος το οποίο περιέχει 11% Άζωτο (N), 15% Φώσφορο (P), 15% Κάλιο (11-15-15) και ιχνοστοιχεία. Η ποσότητα του λιπάσματος η οποία εφαρμόζεται ανά δέντρο είναι 1,8 kg.

Φεβρουάριος: Εφαρμογή σκευάσματος βορίου (B) 10%. Ενάμιση λίτρο σκευάσματος διαλυμένο σε έναν τόνο νερό. Η εφαρμογή γίνεται με ψεκασμό του φυλλώματος με τη βοήθεια τουρμπίνας.

Με την πτώση των φύλλων (Τέλη Οκτώβρη): Εφαρμογή σκευάσματος το οποίο περιέχει βόριο (B) και ψευδάργυρο (Zn). Δύο λίτρα από το κάθε σκεύασμα διαλυμένο σε 1 τόνο νερού. Η εφαρμογή πραγματοποιείται με τη βοήθεια τουρμπίνας διαφυλλικά.

Φυτοπροστασία

Μάρτιος: Την περίοδο της άνθισης πραγματοποιήθηκαν δύο ψεκασμοί φυλλώματος, με τη βοήθεια τουρμπίνας, με Captan, για προστασία και αντιμετώπιση των ανοιξιάτικων μυκητολογικών ασθενειών (Κορύνεο, Μονίλια). Ο πρώτος ψεκασμός πραγματοποιήθηκε με το 30% της άνθισης των δέντρων, ενώ ο δεύτερος με την ολοκλήρωση της άνθισης.

Μάιος (Τέλη του μήνα): Πραγματοποιήθηκε διαφυλλικός ψεκασμός πυρεθρίνης, με τη χρήση τουρμπίνας, για τη διαχείριση του ευρύτομου.

Σεπτέμβριος (Τέλη του μήνα): Εφαρμόστηκε διαφυλλικός ψεκασμός με χαλκούχο σκέυασμα, 2,5 κιλά σκευάσματος διαλυμένο σε 1 τόνο, με τη χρήση τουρμπίνας, με στόχο την προστασία των δέντρων από μολύνσεις.

Δεκέμβριος (Μετά το κλάδεμα): Εφαρμόστηκε ψεκασμός του φυλλώματος των δέντρων με χαλκούχο σκέυασμα, 2,5 κιλά σκευάσματος διαλυμένο σε 1 τόνο νερό, με τη χρήση τουρμπίνας, με στόχο την προστασία των φρεσκοκλαδεμένων δέντρων από προσβολές (μύκητες, βακτήρια).

Διαχείριση ζιζανίων

Μάρτιος: Πραγματοποιείται χημική ζιζανιοκτονία με την εφαρμογή του σκευάσματος round up επί των γραμμών.

Ιούνιος έως Σεπτέμβριος: Μία φορά τον μήνα από τον Ιούνιο μέχρι λίγες μέρες πριν τη συγκομιδή η οποία πραγματοποιείται τον Σεπτέμβριο, γίνεται χορτοκοπή σε όλο το αγροτεμάχιο.

Κλάδεμα

Το κλάδεμα των δέντρων πραγματοποιήθηκε τέλη Δεκεμβρίου. Στόχος του είναι να διατηρηθεί το σχήμα των δέντρων σε ανοιχτό κύπελλο, ρύθμιση της παραγωγής για αποφυγή της παρεννιαυτοφορίας, δημιουργία νέας βλάστησης καθώς και απομάκρυνση των γηρασμένων καρποφόρων οργάνων. Τα υπολείμματα της καλλιέργειας μετά το κλάδεμα καταστράφηκαν με τη χρήση καταστροφέα επί των διαδρόμων μέσα στο αγροτεμάχιο.

Άρδευση

Η άρδευση του αγροτεμαχίου γίνεται με σταγόνα η οποία εξασφαλίζει παροχή νερού σε κάθε δέντρο ίση με 9 λίτρα την ώρα από δύο σταλάκτες ανά δέντρο. Ξεκινάει τον Ιούνιο και επαναλαμβάνεται κάθε 10 ημέρες μέχρι και τη συγκομιδή (αρχές Σεπτεμβρίου), με άνοιγμα της παροχής νερού για 10 με 13 ώρες. Έτσι τα δέντρα ποτίζονται κάθε δέκα ημέρες με 90-117 λίτρα νερού το καθένα.

Συγκομιδή

Η συγκομιδή των αμυγδάλων πραγματοποιήθηκε στις 5 Σεπτεμβρίου 2022. Αρχικά απλώθηκαν πανιά κάτω από τα καρποφόρα δέντρα και στη συνέχεια ακολούθησε χτύπημα τον καρποφόρων κλάδων του δέντρου με τη χρήση ξύλινων ράβδων. Στη

συνέχεια απλώθηκαν όλοι οι καρποί στα πανιά ώστε να πραγματοποιηθεί η αποξήρανσή τους. Έπειτα τοποθετήθηκαν σε τσουβάλια και αποθηκεύτηκαν σε αποστειρωμένο, δροσερό και αεριζόμενο χώρο.

Κλιματικά δεδομένα καλλιεργητικής περιόδου

Τα κλιματικά δεδομένα συλλέχθηκαν από την ιστοσελίδα του meteo.gr. Ο μετεωρολογικός σταθμός από τον οποίο αντλήθηκαν τα αποτελέσματα βρίσκεται στο ΕΠΑΛ της Ελασσόνας σε υψόμετρο 282m. Το μοντέλο του μετεωρολογικού σταθμού είναι PRO2 και ξεκίνησε να παρέχει μετεωρολογικά δεδομένα από τον έβδομο μήνα του 2018.

Πίνακας 1. Μέγιστη (Tmax), ελάχιστη (Tmin) και μέση θερμοκρασία αέρα (Tmean) για την καλλιεργητική περίοδο 2021-2022.

ΜΗΝΑΣ	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmean (°C)
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2021	34,3	7,6	21,0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2021	23,8	5,0	13,3
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2021	22,3	1,6	11,0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2021	15,5	-4,7	6,2
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2022	17,4	-8,6	4,2
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2022	19,9	-3,4	6,7
ΜΑΡΤΙΟΣ 2022	22,5	6,1	-5,6
ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2022	27,5	1,6	13,6
ΜΑΙΟΣ 2022	34,2	7,5	19,3
ΙΟΥΝΙΟΣ 2022	37,7	13,9	24,1
ΙΟΥΛΙΟΣ 2022	39,2	13,3	25,7
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 2022	37,3	15,1	24,9
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2022	36,2	7,4	20,8

2.3. Μεταχειρίσεις

Τον Φεβρουάριο 2022 επιλέχθηκε μία σειρά του πειραματικού αγροτεμαχίου η οποία αποτελούταν από 10 πειραματικά δέντρα αμυγδαλιάς, καθώς και άλλη μία σειρά αποτελούμενη από 10 δέντρα του μάρτυρα, οι οποίοι βρισκόταν σε απόσταση 16,5 m

από τα πειραματικά δέντρα. Τα δέντρα που επιλέχθηκαν για την πειραματική διαδικασία, καθώς και τα δέντρα που επιλέχθηκαν ως του μάρτυρα, βρίσκονταν στο κέντρο του αγροτεμαχίου και όχι στις άκρες, ώστε να μη δέχονται επιπλέον επιρροές (άνεμος, γειτονικές καλλιέργειες).

Τα 10 δέντρα τα οποία επιλέχθηκαν για την πειραματική διαδικασία, πέρα από τις ανωτέρω καλλιεργητικές φροντίδες δέχθηκαν κάποιες επιπλέον μεταχειρίσεις:

4 Απριλίου

Στην άνθιση και την αρχή της πτώσης των πετάλων εφαρμόστηκε σε κάθε πειραματικό δέντρο 300 g ουρία στην περιοχή την οποία διαβρέχουν οι σταλακτηφόροι σωλήνες για καλύτερη απορρόφηση του λιπάσματος. Στη συνέχεια ακολούθησε πότισμα όλων των δέντρων με σκοπό να λιώσει και να ενσωματωθεί το λίπασμα στο δέντρο (ποτίστηκαν όλα τα δέντρα της καλλιέργειας, όχι μόνο τα πειραματικά).

14 Απριλίου και 20 Μαΐου

Πραγματοποιήθηκαν οι παρακάτω διαφυλλικές εφαρμογές στα πειραματικά δέντρα:

1. 400 g λιπάσματος με περιεκτικότητα 20% Άζωτο , 20% Φώσφορο και 20% Κάλιο (20-20-20), διαλυμένο σε 100 λίτρα ψεκαστικού υγρού και στη συνέχεια διαφυλλικός ψεκασμός.
2. 400 mL φύκη (σκεύασμα Axekelp), τα οποία διαλύθηκαν σε 100 λίτρα ψεκαστικού υγρού και στη συνέχεια ακολούθησε διαφυλλικός ψεκασμός.
3. 400 mL αμινοξέα (σκεύασμα Amino-16) τα οποία επίσης διαλύθηκαν σε 100 λίτρα ψεκαστικού υγρού με το οποίο προχωρήσαμε ξανά σε διαφυλλικό ψεκασμό.

Όλοι οι ψεκασμοί πραγματοποιήθηκαν με ατομικό ψεκαστήρα πλάτης και όχι χρησιμοποιώντας αυτοκινούμενο μηχάνημα, με σκοπό να ψεκαστούν μόνο τα πειραματικά δέντρα χωρίς να επηρεαστούν οι του μάρτυρα.

15 Ιουνίου

Σε κάθε πειραματικό δέντρο αμυγδαλιάς, εφαρμόστηκαν 300 g ουρίας στην περιοχή την οποία διαβρέχουν οι σταλακτηφόροι σωλήνες. Στη συνέχεια ακολούθησε πότισμα όλης της καλλιέργειας με στόχο την ενσωμάτωση του λιπάσματος στο έδαφος.

20 Ιουνίου

Πραγματοποιήθηκαν διαφυλλικές εφαρμογές με λίπασμα 20-20-20, φύκη και αμινοξέα με τον ίδιο ακριβώς τρόπο με τις 14 Απριλίου & 20 Μαΐου.

20 Ιουλίου

Σε κάθε πειραματικό δέντρο, πραγματοποιήθηκε εφαρμογή 300 g Νιτρικού καλίου στην περιοχή η οποία διαβρέχεται από τους σταλακτηφόρους σωλήνες. Στη συνέχεια ακολούθησε άρδευση όλου του αγροτεμαχίου με στόχο να ενσωματωθεί το λίπασμα στο έδαφος.



Εικόνα 1. Το πειραματικό αγροτεμάχιο στην περιοχή Συκέα Ελασσόνας όπου καλλιεργούνται τα δέντρα αμυγδαλιάς ποικιλίας Φυρανιά. Τα δέντρα είναι 9 ετών. Η φωτογραφία λήφθηκε στις 20 Μαρτίου 2022 και τα δέντρα βρίσκονται στο στάδιο της άνθισης.

2.4. Δειγματοληψίες

Για την πραγματοποίηση των δειγματοληψιών, φύλλων και καρπών, επιλέχθηκαν τα έξι πιο ομοιογενή και υγιή δέντρα της κάθε μεταχείρισης, μάρτυρα και πειραματικών δέντρων, από τα οποία ελήφθησαν τα δείγματα, ώστε να αποφευχθούν τυχόν αλλοιώσεις που μπορεί να προέρχονται από φυσικούς ή μη παράγοντες (ασθένειες, ελλιπής ανάπτυξη κ.ά.)

6 Ιουλίου

Δεκαέξι ημέρες μετά την τελευταία διαφυλλική εφαρμογή με βιοδιεγέρτες πραγματοποιήθηκαν οι πρώτες δειγματοληψίες φύλλων και καρπών. Πιο συγκεκριμένα, από κάθε δέντρο των 2 μεταχειρίσεων (από τα 6 που επιλέχθηκαν), ελήφθησαν 12 υγιή φύλλα τα οποία προερχόταν από ετήσιους, ήρεμους βλαστούς, και 10 καρπούς. Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε πλαστικές σακούλες και διατηρήθηκαν σε ψύξη στους 5° C μέχρι και την επόμενη ημέρα όπου πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις στο εργαστήριο. Συνολικά λοιπόν συλλέχθηκαν 12 φύλλα και 10 καρποί από κάθε επιλεγμένο δέντρο.

18 Αυγούστου

Από κάθε επιλεγμένο δέντρο, μάρτυρα και πειραματικό, ελήφθησαν 10 υγιή και ομοιόμορφα φύλλα. Στη συνέχεια τα φύλλα τοποθετήθηκαν σε μικρές πλαστικές σακούλες οι οποίες διατηρήθηκαν στο ψυγείο στους 5° C μέχρι και την επόμενη ημέρα όπου και πραγματοποιήθηκαν οι εργαστηριακές μετρήσεις. Συνολικά λοιπόν είχαμε 60 φύλλα από τα δέντρα του μάρτυρα, και 60 φύλλα από τα πειραματικά.

3 Σεπτεμβρίου

Λίγες ημέρες πριν τη συγκομιδή των αμυγδάλων πραγματοποιήθηκαν και οι τελευταίες δειγματοληψίες φύλλων και καρπών. Ειδικότερα, 12 φύλλα και 10 καρποί ελήφθησαν από κάθε επιλεγμένο δέντρο, μάρτυρα και πειραματικό. Στη συνέχεια τα φύλλα και οι καρποί τοποθετήθηκαν σε μικρές πλαστικές σακούλες οι οποίες διατηρήθηκαν στο ψυγείο στους 5° C μέχρι και τις 5 Σεπτεμβρίου όπου πραγματοποιήθηκαν οι εργαστηριακές τους μετρήσεις.

2.5. Μετρήσεις Εργαστηρίου

Χαρακτηριστικά φύλλου

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις του ποσοστού % της ξηράς ουσίας του φύλλου (% ΞΟ), του ειδικού βάρους φύλλου (ΕΒΦ), και της περιεκτικότητας των φύλλων σε χλωροφύλλη.

Για να γίνει ο προσδιορισμός του ποσοστού % της ξηράς ουσίας του φύλλου (% ΞΟ), από τα φύλλα της κάθε επανάληψης λαμβάνονταν 10 δίσκοι ελάσματος φύλλου με διακορευτή διαμέτρου 9 mm, ζυγίζονταν σε ζυγό KERN με ακρίβεια 4 δεκαδικών (model ALS 220-4, Kern & Sohn GMBH, Balingen, Germany), και λαμβάνονταν το νωπό τους βάρος (NB). Στη συνέχεια ξηραίνονταν σε φούρνο στους 80 °C μέχρις ότου οι δίσκοι με απλή πίεση να θρυμματίζονται. Οι ξηροί δίσκοι ζυγίζονταν και λαμβανόταν το ξηρό βάρος (ΞΒ). Έπειτα γινόταν υπολογισμός του ποσοστού % ΞΟ του φύλλου με τον τύπο $\% \text{ ΞΟ} = [(\text{ΞΒ})/(\text{NB})] \times 100$ και εκφράστηκε ως %. Το ΕΙΔΒΑΡ φύλλου υπολογίστηκε από τον τύπο $\text{ΕΙΔΒΑΡ} = (\text{ΞΒ})/(\text{επιφάνεια } 10 \text{ δίσκων})$ και εκφράστηκε σε g cm^{-2} . Για τον υπολογισμό της χλωροφύλλης εφαρμόστηκε η αναλυτική μέθοδος που περιγράφεται από τους Winternans and de Mots (1965). Από τα φύλλα της κάθε επανάληψης αφαιρέθηκαν με τον ίδιο τρόπο όπως ανωτέρω, δώδεκα δίσκοι με τον διακορευτή διαμέτρου 5,8 mm, ζυγίστηκαν, τεμαχίστηκαν και τοποθετήθηκαν σε screw top δοκιμαστικό σωλήνα ο οποίος περιείχε 15 mL αιθανόλης 95%. Στη συνέχεια διατηρήθηκαν για περίπου μία ώρα σε υδατόλουτρο στους 80 °C μέχρι τα ελάσματα να αποχρωματιστούν πλήρως. Μετά τον αποχρωματισμό, οι σωλήνες παρέμειναν σε σκοτεινό χώρο ώστε να ψυχθούν. Έπειτα ανακινήθηκαν σε 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. Ακολούθησε ο υπολογισμός της περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη a (χλωρ. a) και b (χλωρ. b) σε $\mu\text{g mL}^{-1}$ αιθανόλης και σε mg m^{-2} φύλλου, σε ολική χλωροφύλλη (ολ. χλωρ.) και του λόγου της χλωροφύλλης a προς τη χλωροφύλλη b (χλωρ. a/χλωρ. b).

2.6. Μετρήσεις ποιότητας καρπών

Νωπό Βάρος καρπού

Για τον προσδιορισμό του νωπού βάρους των καρπών, ζυγίστηκε ολόκληρος ο καρπός (περικάρπιο, ενδοκάρπιο και σπέρμα) σε ηλεκτρονική ζυγαριά Kern με δύο δεκαδικά (model EW 600-ZM, Balingen, Germany).

Νωπό βάρος περικαρπίου

Για τον προσδιορισμό του νωπού βάρους περικαρπίου, αρχικά από τους καρπούς διαχωρίστηκε το περικάρπιο από το ενδοκάρπιο. Στη συνέχεια ζυγίστηκε μόνο το περικάρπιο σε ηλεκτρονική ζυγαριά Kern με δύο δεκαδικά (model EW 600-ZM, Balingen, Germany).

Νωπό βάρος ενδοκαρπίου

Για τον προσδιορισμό του νωπού βάρους του ενδοκαρπίου των αμυγδάλων, διαχωρίστηκε το ενδοκάρπιο από το περικάρπιο και το σπέρμα. Στη συνέχεια ζυγίστηκε μόνο το ενδοκάρπιο σε ηλεκτρονική ζυγαριά Kern με 2 δεκαδικά (model EW 600-ZM, Balingen, Germany).

Νωπό βάρος σπέρματος (η ψίχας)

Για τον προσδιορισμό του νωπού βάρους του σπέρματος, διαχωρίστηκαν τα σπέρματα των καρπών από το ενδοκάρπιο, και στη συνέχεια ζυγίστηκαν σε ηλεκτρονική ζυγαριά Kern με δύο δεκαδικά (model EW 600-ZM, Balingen, Germany).

Ξηρό Βάρος Περικαρπίου

Για τον προσδιορισμό του ξηρού βάρους περικαρπίου, τα διαχωρισμένα περικάρπια των αμυγδάλων τοποθετήθηκαν σε φούρνο στους 80 °C μέχρι να απομακρυνθεί η υγρασία που περιέχει ο καρπός. Στη συνέχεια, μετά την αφαίρεση των περικαρπίων από το φούρνο, πραγματοποιήθηκε ζύγιση σε ηλεκτρονική ζυγαριά Kern με 2 δεκαδικά (model EW 600-ZM, Balingen, Germany).

Ξηρό Βάρος Ενδοκαρπίου

Για τον προσδιορισμό του ξηρού βάρους ενδοκαρπίου, τα απομονωμένα ενδοκάρπια των καρπών τοποθετήθηκαν σε φούρνο στους 80 °C μέχρι να απομακρυνθεί η υγρασία τους. Έπειτα, ζυγίστηκαν σε ηλεκτρονική ζυγαριά Kern με δύο δεκαδικά (model EW 600-ZM, Balingen, Germany).

Ξηρό Βάρος Σπέρματος (ψίχας)

Για τον προσδιορισμό του ξηρού βάρους του σπέρματος των καρπών, μόνο τα σπέρματα των καρπών τοποθετήθηκαν σε φούρνο στους 80 °C μέχρι να απομακρυνθεί η υγρασία της ψίχας. Στη συνέχεια ζυγίστηκαν σε ηλεκτρονική ζυγαριά Kern με 2 δεκαδικά (model EW 600-ZM, Balingen, Germany).

Ξηρό Βάρος Καρπού

Το ξηρό βάρος του καρπού προκύπτει από το άθροισμα των ξηρών βαρών περικαρπίου, ενδοκαρπίου και σπέρματος.

Κατανομή τμημάτων καρπού εκφρασμένα σε ποσοστό % του συνόλου

Για τον υπολογισμό του βάρους των τμημάτων του καρπού (περικάρπιο, ενδοκάρπιο και σπέρμα) εκφρασμένο σε ποσοστό % του συνολικού βάρους του καρπού, διαιρούμε το βάρος του τμήματος του καρπού με το συνολικό βάρος ολόκληρου του καρπού, και το πολλαπλασιάζουμε με το 100.

Διαστάσεις καρπού

Μετρήθηκε το ύψος και το πλάτος του καρπού στα μάγουλα και στη ραφή. Η μέτρηση έγινε με ηλεκτρονικό παχύμετρο.

Χρώμα περικαρπίου

Η μέτρηση του χρώματος του περικαρπίου των καρπών πραγματοποιήθηκε με το χρωματόμετρο Minolta chroma meter (Model CR-400, Minolta Ltd, Osaka, Japan). Η μέτρηση του χρώματος έγινε σύμφωνα με το σύστημα μέτρησης CIELAB (L^* , a^* , b^*). Πραγματοποιήθηκαν, και στις δύο περιπτώσεις, δύο μετρήσεις στον ισημερινό του κάθε καρπού (στα δύο αντιδιαμετρικά μάγουλα) του δείκτη φωτεινότητας L^* και των παραμέτρων a^* και b^* και υπολογίστηκε ο μέσος όρος.

Πριν από κάθε μέτρηση, γινόταν βαθμονόμηση του οργάνου με τη χρήση άσπρης και μαύρης πλάκας. Οι παράμετροι χρώματος L^* , a^* και b^* τοποθετούν το χρώμα σε ένα τρισδιάστατο ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων, όπου το L^* είναι κάθετο στο επίπεδο που σχηματίζουν τα a^* και b^* . Η παράμετρος φωτεινότητας L^* κυμαίνεται από μαύρο $L^*=0$ έως λευκό $L^*=100$. Το a^* τοποθετείται στον οριζόντιο άξονα και το b^* στον κατακόρυφο. Το χρώμα στο σημείο $a^*=0$, $b^*=0$ είναι άχρωμο (γκρι). Στον

οριζόντιο άξονα, $a^*>0$ δείχνει κόκκινη-μωβ απόχρωση και $a^*<0$ μπλε-πράσινη απόχρωση. Στον κατακόρυφο άξονα, $b^*>0$ δείχνει κίτρινη απόχρωση και $b^*<0$ δείχνει μπλε απόχρωση (McGuire 1992).

Ποσοστό % ξηράς ουσίας καρπού

Για τη μέτρηση του ποσοστού % της ξηράς ουσίας, ζυγίστηκε το νωπό βάρος του εδώδιμου τμήματος των καρπών (σπέρματα) από τους καρπούς της κάθε επανάληψης. Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν στο φούρνο στους 80 °C και, αφού ξηράθηκαν, ζυγίστηκε το ξηρό βάρος. Έπειτα υπολογίστηκε το ποσοστό % της ξηράς ουσίας.

2.7. Στατιστική Ανάλυση

Η Ανάλυση της Παραλλακτικότητας των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με το στατιστικό πακέτο SPSS (SPSS Statistics for Windows, Version 26.0, IBM Corp., Armonk, NY, USA). Οι εξεταζόμενοι παράγοντες ήταν ο χρόνος και η μεταχείριση. Η σύγκριση των μέσων όρων έγινε με τη δοκιμή πολλαπλού εύρους Duncan για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.



Εικόνα 2. Καρποί των δέντρων του μάρτυρα (αριστερά) και του πειράματος (δεξιά).



Εικόνα 3. Δίσκοι φύλλων από τα δέντρα του μάρτυρα και του πειράματος στις 18.08.2023, πριν τη ζύγιση.



Εικόνα 4. Φασματοφωτόμετρο OPTIZEN POP (UV/VIS Spectrophotometer, Mecasys Co., Ltd) και screw top δοκιμαστικοί σωλήνες, μετά το υδατόλουτρο, πριν την έναρξη των μετρήσεων.

3. Αποτελέσματα

3.1. Αποτελέσματα εργαστηριακών μετρήσεων φύλλων 07.07.2022

Πίνακας 3.1.1. Επίδραση της προσθήκης βιοδιεγερτών στα πειραματικά δέντρα (B) σε σχέση με τον μάρτυρα (C) στη συγκέντρωση χλωροφύλλης a (Συγκ. Χλωρ. a), b (Συγκ. Χλωρ. b) και ολική (Συγκ. ολ. χλωρ.) και στον λόγο της συγκέντρωσης χλωροφύλλης a προς χλωροφύλλης b σε φύλλα αμυγδαλιάς ποικιλίας Φυρανιά, στην περιοχή Συκέα Ελασσόνας. Οι μετρήσεις στο εργαστήριο πραγματοποιήθηκαν στις 7 Ιουλίου 2022. N=6.

Μεταχείριση	Συγκ. χλωρ. a (mg/g ξ.β.)	Συγκ. χλωρ. b (mg/g ξ.β.)	Συγκ. Ολ. χλωρ. (mg/g ξ.β.)	Χλωρ. a/ Χλωρ. b
Μάρτυρας (C)	4,05	0,97	5,02	4,29
Πειραματικά (B)	3,88	1,00	4,88	3,94
Διαφορά	C=B	C=B	C=B	C > B
Σημαντικότητα	NS	NS	NS	**

NS όχι στατιστικά σημαντική διαφορά, ** Σημαντικότητα 1%.

Ο λόγος της συγκέντρωσης χλωροφύλλης a προς τη συγκέντρωση χλωροφύλλης b στα φύλλα των δέντρων στα οποία εφαρμόστηκαν διαφυλλικοί βιοδιεγέρτες και εναλλακτική λίπανση, βρέθηκε να είναι σημαντικά μικρότερος από τον λόγο συγκέντρωσης χλωροφύλλης a προς τη συγκέντρωση χλωροφύλλης b στα φύλλα των δέντρων του μάρτυρα (Πίνακας 3.1.1).

Πίνακας 3.1.2. Επίδραση της προσθήκης βιοδιεγερτών στα πειραματικά δέντρα (B) σε σχέση με τον μάρτυρα (C) στη συγκέντρωση χλωροφύλλης a (Συγκ. χλωρ. a) και b (Συγκ. χλωρ. b), καθώς και στη συνολική συγκέντρωση χλωροφύλλης (Συγκ. ολ. χλωρ.) ανά μονάδα επιφάνειας (m^2) φύλλων αμυγδαλιάς, ποικιλίας Φυρανιά, στην περιοχή Συκέα Ελασσόνας. Οι εργαστηριακές μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στις 7 Ιουλίου 2022. N=6.

Μεταχείριση	Συγκ. χλωρ. a (mg m^{-2})	Συγκ. χλωρ. b (mg m^{-2})	Συνολ. χλωρ. (mg m^{-2})
Μάρτυρας (C)	403	96,2	499,2
Πειραματικά (B)	397	101,9	498,9

Διαφορά	C=B	C=B	C=B
Σημαντικότητα	NS	NS	NS

NS όχι στατιστικά σημαντική διαφορά.

Δεν παρατηρήθηκε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά στη συγκέντρωση χλωροφύλλης ανά μονάδα επιφάνειας ανάμεσα στις δύο μεταχειρίσεις (Πίνακας 3.1.2).

Πίνακας 3.1.3. Επίδραση της προσθήκης βιοδιεγερτών στα πειραματικά δέντρα (B) σε σχέση με τον μάρτυρα (C) στο ποσοστό % ξηράς ουσίας και το ειδικό βάρος φύλλου ανά μονάδα επιφάνειας (cm^2), σε φύλλα αμυγδαλιάς, ποικιλίας Φυρανιά, στην περιοχή Συκέα Ελασσόνας. Οι εργαστηριακές μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στις 7 Ιουλίου 2022. N=6.

Μεταχείριση	Ξηρά ουσία (%)	Ειδικό Βάρος (mg/cm^2)
Μάρτυρας (C)	42,4	12,85
Πειραματικά (B)	42,8	13,33
Διαφορά	C=B	C<B
Σημαντικότητα	NS	*

NS όχι στατιστικά σημαντική διαφορά, * Σημαντικότητα 5%.

Το ποσοστό % ξηράς ουσίας των φύλλων ήταν παρόμοιο μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων (Πίνακας 3.1.3). Το ειδικό βάρος των φύλλων τα οποία δέχθηκαν την προσθήκη διαφυλλικών βιοδιεγερτών και εναλλακτικής λίπανση βρέθηκε να είναι στατιστικά σημαντικά υψηλότερο από το ειδικό βάρος των φύλλων των δέντρων του μάρτυρα (Πίνακας 3.1.3).

3.2. Αποτελέσματα εργαστηριακών αναλύσεων ποιοτικών χαρακτηριστικών καρπών 07.07.2022

Πίνακας 3.2.1. Παράμετροι L^* , a^* και b^* του χρώματος του περικαρπίου των καρπών των δέντρων αμυγδαλιάς ποικιλίας Φυρανιά τα οποία δέχθηκαν την προσθήκη βιοδιεγερτών (B) σε σύγκριση με τα δέντρα του μάρτυρα (C) τα οποία δέχθηκαν μόνο

τη βασική λίπανση στην περιοχή Συκέα Ελασσόνας. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στους καρπούς στις 7 Ιουλίου 2022. N=6.

Μεταχείριση	Χρώμα περικαρπίου L*	Χρώμα περικαρπίου a*	Χρώμα περικαρπίου b*
Μάρτυρας (C)	55,8	-7,97	20,7
Πειραματικά (B)	55,8	-8,71	22,3
Διαφορά	C=B	C>B	C<B
Σημαντικότητα	NS	*	***

NS όχι στατιστικά σημαντική διαφορά, ***Σημαντικότητα 1%, * Σημαντικότητα 5%.

Η παράμετρος L* δεν διέφερε μεταξύ των μεταχειρίσεων και επομένως οι καρποί ήταν παρόμοιας φωτεινότητας (Πίνακας 3.2.1). Η παράμετρος του χρώματος a* του περικαρπίου των καρπών των δέντρων στα οποία εφαρμόστηκε εναλλακτική λίπανση και διαφυλλικοί βιοδιεγέρτες βρέθηκε σημαντικά μικρότερος από την παράμετρο a* του περικαρπίου των καρπών των δέντρων του μάρτυρα (Πίνακας 3.2.1). Επιπλέον η παράμετρος του χρώματος b*, βρέθηκε σημαντικά μεγαλύτερη στα πειραματικά δέντρα αμυγδαλιάς συγκριτικά με τα δέντρα του μάρτυρα (Πίνακας 3.2.1).

Πίνακας 3.2.2. Επίδραση της εναλλακτικής λίπανσης με την προσθήκη βιοδιεγερτών σε πειραματικά δέντρα (B) αμυγδαλιάς ποικιλίας Φυρανιά στο συνολικό νωπό βάρος καρπών αμυγδάλων (Συνολικό νωπό βάρος καρπού) (g), στο νωπό βάρος περικαρπίου και ενδοκαρπίου (Νωπό περικ.+ενδοκ.) (g), καθώς και στο νωπό βάρος της ψίχας (Νωπό ψίχα) (g) του καρπού σε σύγκριση με τα δέντρα του μάρτυρα (C) τα οποία δέχθηκαν μόνο τη βασική λίπανση και τις βασικές καλλιεργητικές φροντίδες. Οι μετρήσεις στο εργαστήριο πραγματοποιήθηκαν στις 7 Ιουλίου 2022. N=6.

Μεταχείριση	Συνολικό νωπό βάρος καρπού (g)	Νωπό περικ.+ενδοκ. (g)	Νωπό ψίχα (g)
Μάρτυρας (C)	14,1	13,2	2,44
Πειραματικά (B)	17,1	15,0	2,71
Διαφορά	C<B	C<B	C<B
Σημαντικότητα	***	***	***

***Σημαντικότητα 1%.

Τα δέντρα τα οποία δέχθηκαν την προσθήκη βιοδιεγερτών και εναλλακτικής λιπάνσεως (Πειραματικά), παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο μέσο συνολικό νωπό τους βάρος, στο μέσο συνολικό νωπό βάρος περικαρπίου και ενδοκαρπίου, καθώς και στο μέσο συνολικό νωπό βάρος της ψίχας του καρπού (Πίνακας 3.2.2). Πιο συγκεκριμένα, τα πειραματικά δέντρα είχαν μεγαλύτερο συνολικό νωπό βάρος καρπού, μεγαλύτερο νωπό βάρος περικαρπίου και ενδοκαρπίου και μεγαλύτερο νωπό βάρος ψίχας σε σύγκριση με τα δέντρα του μάρτυρα (Πίνακας 3.2.2).

Πίνακας 3.2.3. Επίδραση της εναλλακτικής λίπανσης στα πειραματικά δέντρα (B) αμυγδαλιάς ποικιλίας Φυρανιά με προσθήκη βιοδιεγερτών στο ξηρό βάρος περικαρπίου και ενδοκαρπίου (Ξηρό περικ.+ενδοκ.) (g) καθώς και στο ξηρό βάρος ψίχας (Ξηρό ψίχα) (g) σε σύγκριση με τα δέντρα του μάρτυρα (C) στα οποία δεν εφαρμόστηκαν βιοδιεγέρτες. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο στις 7 Ιουλίου 2022. N=6.

Μεταχείριση	Ξηρό περικ.+ενδοκ. (g)	Ξηρό ψίχα (g)
Μάρτυρας (C)	4,31	1,14
Πειραματικά (B)	4,69	1,25
Διαφορά	C=B	C<B
Σημαντικότητα	NS	***

NS όχι στατιστικά σημαντική διαφορά, ***Σημαντικότητα 1%.

Τα πειραματικά δέντρα τα οποία δέχθηκαν την προσθήκη βιοδιεγερτών και εναλλακτική λίπανση παρουσίασαν σημαντικά μεγαλύτερο ξηρό βάρος σπέρματος (ψίχα) σε σύγκριση με το ξηρό βάρος σπέρματος των καρπών των δέντρων του μάρτυρα (Πίνακας 3.2.3). Ωστόσο δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στο ξηρό βάρος περικαρπίου και ενδοκαρπίου (Ξηρό περικ. + ενδοκ.) ανάμεσα στις δύο μεταχειρίσεις (Πίνακας 3.2.3)

Πίνακας 3.2.4. Επίδραση της προσθήκης βιοδιεγερτών σε πειραματικά δέντρα (B) αμυγδαλιάς ποικιλίας Φυρανιά, στο ποσοστό % ξηράς ουσίας περικαρπίου και ενδοκαρπίου (Ξ.Ο. περικ. + ενδοκ. %) καθώς και στο ποσοστό % ξηράς ουσίας στη ψίχα των καρπών (Ξ.Ο. ψίχα %), σε σύγκριση με τα δέντρα του μάρτυρα (C) τα οποία δέχθηκαν μόνο τις βασικές καλλιεργητικές φροντίδες. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο στις 7 Ιουλίου 2022. N=6.

Μεταχείριση	Ξ.Ο. Περικ.+ενδοκ. (%)	Ξ.Ο. Ψίχα (%)
Μάρτυρας (C)	32,9	46,7
Πειραματικά (B)	31,9	46,3
Διαφορά	C>B	C=B
Σημαντικότητα	*	NS

NS όχι στατιστικά σημαντική διαφορά, * Σημαντικότητα 5%

Τα δέντρα του μάρτυρα, παρουσίασαν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο ποσοστό % ξηράς ουσίας στο περικάρπιο και ενδοκάρπιο των καρπών τους σε σύγκριση με τα δέντρα στα οποία εφαρμόστηκαν διαφυλλικοί βιοδιεγέρτες και εναλλακτική λίπανση (Πίνακας 3.2.4). Δεν παρατηρήθηκε ωστόσο σημαντική διαφορά στο ποσοστό ξηράς ουσίας στη ψίχα των καρπών στις δύο μεταχειρίσεις.

Πίνακας 3.2.5. Επίδραση της προσθήκης βιοδιεγερτών σε πειραματικά δέντρα (B) αμυγδαλιάς ποικιλίας φυρανιά στην περιοχή Συκέα Ελασσόνας, στο νωπό βάρος περικαρπίου και ενδοκαρπίου εκφρασμένο σε % επί του συνολικού βάρους των καρπών (Νωπό περικ.+ενδοκ. % συν.), στο νωπό βάρος ψίχας των καρπών εκφρασμένο % επί του συνολικού βάρους των καρπών (Νωπό ψίχα % συν.), στο ξηρό βάρος περικαρπίου και ενδοκαρπίου εκφρασμένο % επί του συνολικού βάρους των καρπών (Ξηρό περικ.+ενδοκ. % συν.), καθώς και στο ξηρό βάρος ψίχας εκφρασμένο % επί του συνολικού βάρους των καρπών (Ξηρό ψίχα % συν.). Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο στις 7 Ιουλίου 2022. N=6.

Μεταχείριση	Νωπό Περικ.+ενδοκ. (% συν.)	Νωπό Ψίχα (% συν.)	Ξηρό Περικ.+ενδοκ. (% συν.)	Ξηρό Ψίχα (% συν.)

Μάρτυρας (C)	84,3	15,7	79,0	21
Πειραματικά (B)	84,2	15,8	78,6	21,4
Διαφορά	C=B	C=B	C=B	C=B
Σημαντικότητα	NS	NS	NS	NS

NS όχι στατιστικά σημαντική διαφορά

Η προσθήκη βιοδιεγερτών και εναλλακτικής λιπάνσεως δεν επηρέασε στατιστικά σημαντικά το % ποσοστό του νωπού και ξηρού βάρους που κατανεμήθηκε στο περικόρπιο, ενδοκόρπιο και ψίχα των καρπών εκφρασμένα επί του συνολικού νωπού και ξηρού βάρους σε σύγκριση με τους καρπούς των δέντρων του μάρτυρα. (Πίνακας 3.2.5)

Πίνακας 3.2.6. Επίδραση της προσθήκης βιοδιεγερτών σε πειραματικά δέντρα (B) αμυγδαλιάς, ποικιλίας φυρανιά στην περιοχή Συκέα Ελασσόνας, στο μέσο μήκος, μέσο μεγάλο πλάτος (Μ. Πλάτος) καθώς και στο μέσο μικρό πλάτος (μ. Πλάτος) της ψίχας των καρπών σε σύγκριση με τα δέντρα του μάρτυρα (C). Επιπλέον αναγράφονται και οι λόγοι του μήκους προς το μεγάλο πλάτος, του μήκους προς το μικρό πλάτος και του μεγάλου προς μικρό πλάτους. Οι μετρήσεις στο εργαστήριο πραγματοποιήθηκαν στις 7 Ιουλίου 2022. N=6.

Μεταχείριση	Μήκος (mm)	Μ. Πλάτος (mm)	μ. Πλάτος (mm)	Μήκος/ Μ. πλάτος	Μήκος/ μ. Πλάτος	Μ. Πλάτος/ μ. Πλάτος
Μάρτυρας (C)	40,0	27,1	22,7	1,48	1,76	1,19
Πειραματικά (B)	44,1	30,2	25,7	1,47	1,72	1,17
Διαφορά	C<B	C<B	C<B	C=B	C>B	C>B
Σημαντικότητα	***	***	***	NS	***	*

NS όχι στατιστικά σημαντική διαφορά, ***Σημαντικότητα 1%, * Σημαντικότητα 5%

Η προσθήκη διαφυλλικών βιοδιεγερτών και εναλλακτικής λίπανσης στα πειραματικά δέντρα, επηρέασε στατιστικά σημαντικά τις διαστάσεις του σπέρματος του καρπού την περίοδο ανάπτυξης 7 Ιουλίου 2022. Ειδικότερα, το μέσο μήκος της

ψίχας στα πειραματικά δέντρα βρέθηκαν να είναι σημαντικά μεγαλύτερο από το μέσο μήκος της ψίχας των δέντρων του μάρτυρα (Πίνακας 3.2.6). Επιπλέον, το μέσο μεγάλο καθώς και το μέσο μικρό πλάτος της ψίχας των καρπών, βρέθηκαν επίσης σημαντικά μεγαλύτερα στα πειραματικά δέντρα, σε σύγκριση με τα δέντρα του μάρτυρα (Πίνακας 3.2.6). Τέλος, όσον αφορά τους λόγους των μετρήσεων, ο λόγος του μέσου μήκους προς μέσο μικρό πλάτος καθώς και ο λόγος μέσου μεγάλου προς μέσου μικρού πλάτους, βρέθηκαν να είναι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτεροι στα δέντρα του μάρτυρα συγκριτικά με τα πειραματικά δέντρα, καθώς ο λόγος του μήκους προς το μεγάλο πλάτος δεν παρουσίασε σημαντική διαφορά. (Πίνακας 3.2.6)

3.3. Αποτελέσματα εργαστηριακών αναλύσεων φύλλων 18.08.2022

Πίνακας 3.3.1. Επίδραση της προσθήκης βιοδιεγερτών στο ποσοστό % της ξηράς ουσίας των φύλλων των πειραματικών δέντρων (B) αμυγδαλιάς ποικιλίας φυριανιά στην περιοχή Συκέα Ελασσόνας, σε σύγκριση με τα δέντρα του μάρτυρα (C) καθώς και στο ειδικό βάρος των φύλλων εκφρασμένο σε mg ανά μονάδα επιφάνειας (mg/cm²). Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο στις 18 Αυγούστου 2022. N=6.

Μεταχείριση	Ξηρά ουσία (%)	Ειδικό Βάρος (mg/cm ²)
Μάρτυρας (C)	37,9	7,84
Πειραματικά (B)	45,6	9,87
Διαφορά	C<B	C<B
Σημαντικότητα	***	***

***Σημαντικότητα 1%

Η προσθήκη της εναλλακτικής λίπανσης καθώς και των διαφυλλικών βιοδιεγερτών είχαν σημαντική επίδραση στο ποσοστό % ξηράς ουσίας και το ειδικό βάρος των φύλλων (Πίνακας 3.3.1). Πιο συγκεκριμένα, το ποσοστό % ξηράς ουσίας το οποίο βρέθηκε στα φύλλα των δέντρων στα οποία εφαρμόστηκαν διαφυλλικοί βιοδιεγέρτες και εναλλακτική λίπανση ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο από αυτό των φύλλων των δέντρων του μάρτυρα (Πίνακας 3.3.1). Ακόμη, το ειδικό βάρος των φύλλων των πειραματικών δέντρων βρέθηκε να είναι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο συγκριτικά με τα φύλλα στα δέντρα του μάρτυρα. (Πίνακας 3.3.1)

Πίνακας 3.3.2. Επίδραση διαφυλλικών βιοδιεγερτών & εναλλακτικής λίπανσης σε πειραματικά δέντρα (B) και σε δέντρα του μάρτυρα (C) στη συγκέντρωση χλωροφυλλών a (Συγκ. Χλωρ. a), b (Συγκ. Χλωρ. b), στη συνολική συγκέντρωση χλωροφυλλών (Συνολ. Χλωρ.) ανά μονάδα ξηράς ουσίας (ΞΟ), καθώς και στον λόγο συγκέντρωσης χλωροφύλλης a προς b (Χλωρ. a/ Χλωρ. b), σε φύλλα αμυγδαλιάς ποικιλίας Φυρανιά στην περιοχή Συκέα Ελασσόνας.

Μεταχείριση	Συγκ. Χλωρ. a (mg/g ΞΟ)	Συγκ. Χλωρ. b (mg/g ΞΟ)	Συνολ. Χλωρ. (mg/g ΞΟ)	Χλωρ. a/ Χλωρ. b
Μάρτυρας (C)	4,77	1,28	6,04	3,78
Πειραματικά (B)	4,63	1,18	5,81	3,93
Διαφορά	C=B	C>B	C=B	C=B
Σημαντικότητα	NS	*	NS	NS

NS όχι στατιστικά σημαντική διαφορά, *Σημαντικότητα 5%

Η προσθήκη εναλλακτικής λίπανσης σε συνδυασμό με την εφαρμογή διαφυλλικών βιοδιεγερτών επηρέασε στατιστικά σημαντικά τη συγκέντρωση χλωροφύλλης b ανάμεσα στις δύο μεταχειρίσεις, καθώς βρέθηκε να είναι σημαντικά μικρότερη σε σύγκριση με τα δέντρα του μάρτυρα (Πίνακας 3.3.2). Ωστόσο η συνολική χλωροφύλλη καθώς και ο λόγος χλωροφύλλης a προς b ανάμεσα στις δύο μεταχειρίσεις, δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά (Πίνακας 3.3.2).

Πίνακας 3.3.3. Επίδραση της προσθήκης βιοδιεγερτών σε πειραματικά δέντρα (B) και στα δέντρα του μάρτυρα (C) στη συνολική συγκέντρωση χλωροφύλλης (Συνολ. Χλωρ.) καθώς και στη συγκέντρωση χλωροφύλλης a (Συγκ. Χλωρ. a) και b (Συγκ. Χλωρ. b) εκφρασμένη ανά μονάδα επιφάνειας (mg/m²) σε φύλλα αμυγδαλιάς ποικιλίας Φυρανιά στην περιοχή Συκέα Ελασσόνας. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στις 18 Αυγούστου 2022. N=6.

Μεταχείριση	Συγκ. Χλωρ. a (mg/m ²)	Συγκ. Χλωρ. b (mg/m ²)	Συνολ. Χλωρ. (mg/m ²)
Μάρτυρας (C)	356	94,8	451
Πειραματικά (B)	418	107,5	525

Διαφορά	C<B	C<B	C<B
Σημαντικότητα	***	***	***

***Σημαντικότητα 1‰

Η προσθήκη διαφυλλικών βιοδιεγερτών & εναλλακτικής λίπανσης είχε σημαντική επίδραση στην συγκέντρωση χλωροφυλλών a, b, καθώς και στη συνολική χλωροφύλλη εκφρασμένη ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (Πίνακας 3.3.3). Πιο συγκεκριμένα, τα φύλλα των πειραματικών δέντρων βρέθηκαν να έχουν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερες συγκεντρώσεις χλωροφύλλης a, b, καθώς και συνολικής χλωροφύλλης ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου σε σύγκριση με τα δέντρα του μάρτυρα (Πίνακας 3.3.3).

3.4. Αποτελέσματα εργαστηριακών μετρήσεων ποιοτικών χαρακτηριστικών καρπού 05.09.2022.

Πίνακας 3.4.1. Επίδραση διαφυλλικών βιοδιεγερτών και εναλλακτικής λίπανσης σε πειραματικά (B) δέντρα και δέντρα του μάρτυρα (C) αμυγδαλιάς ποικιλίας Φυρανιά, στο χρώμα του περικαρπίου των καρπών, με το σύστημα μέτρησης CIELAB (L*, a*, b*) του δείκτη φωτεινότητας L* και των παραμέτρων a* και b* (Περικ. L*, Περικ. a*, Περικ. b*). N=6.

Μεταχείριση	Περικ. L*	Περικ. a*	Περικ. b*
Μάρτυρας (C)	55,5	-6,38	27,8
Πειραματικά (B)	55,4	-5,44	26,3
Διαφορά	C=B	C<B	C>B
Σημαντικότητα	NS	*	*

NS όχι στατιστικά σημαντική διαφορά *Σημαντικότητα 5%

Με βάση τα αποτελέσματα των στατιστικών αναλύσεων, παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά στις χρωματικές παραμέτρους a* και b* στο περικάρπιο των καρπών στην εμπορική συγκομιδή, μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων (Πίνακας 3.4.1). Συγκεκριμένα, το περικάρπιο των αμυγδαλών από τα δέντρα που δέχθηκαν εναλλακτική λίπανση και βιοδιεγέρτες είχε μικρότερη τιμή των παραμέτρων a* και b*

από το περικάρπιο των αμύγδαλων του μάρτυρα (Πίνακας 3.4.1). Ωστόσο, όσον αφορά τον χρωματομετρικό δείκτη L^* του περικαρπίου των ώριμων καρπών, δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ πειραματικών δέντρων και του μάρτυρα (Πίνακας 3.4.1).

Πίνακας 3.4.2. Επίδραση διαφυλλικών βιοδιεγερτών και εναλλακτικής λίπανσης σε πειραματικά (B) δέντρα και δέντρα του μάρτυρα (C) αμυγδαλιάς ποικιλίας Φυρανιά στο Νωπό βάρος καρπού (Νωπό Καρπού), στο νωπό βάρος περικαρπίου (Νωπό Περικ.), στο νωπό βάρος ενδοκαρπίου (Νωπό Ενδοκ.), καθώς και στο νωπό βάρος της ψίχας των καρπών (Νωπό Ψίχα). N=6.

Μεταχείριση	Νωπό Καρπού (g)	Νωπό Περικ. (g)	Νωπό Ενδοκ. (g)	Νωπό Ψίχα (g)
Μάρτυρας (C)	20,2	12,5	5,03	2,51
Πειραματικά (B)	18,4	10,9	4,72	2,37
Διαφορά	C>B	C>B	C>B	C>B
Σημαντικότητα	***	***	*	***

***Σημαντικότητα 1%, *Σημαντικότητα 5%

Με βάση τα αποτελέσματα των στατιστικών αναλύσεων, βρέθηκε ότι τα αμύγδαλα από τα δέντρα στα οποία εφαρμόστηκαν διαφυλλικοί βιοδιεγέρτες και εναλλακτική λίπανση, είχαν χαμηλότερο νωπό βάρος καρπού, περικαρπίου, ενδοκαρπίου καθώς και ψίχας σε σύγκριση με τα δέντρα του μάρτυρα, στα οποία εφαρμόστηκαν μόνο οι βασικές καλλιεργητικές φροντίδες (Πίνακας 3.4.2).

Πίνακας 3.4.3. Επίδραση εναλλακτικής λίπανσης και διαφυλλικών βιοδιεγερτών σε πειραματικά (B) δέντρα και δέντρα του μάρτυρα (C) αμυγδαλιάς ποικιλίας Φυρανιά, στο ξηρό βάρος περικαρπίου (Ξηρό Περικ.), στο ξηρό βάρος ενδοκαρπίου (Ξηρό Ενδοκ.), καθώς και το ξηρό βάρος της ψίχας του καρπού (Ξηρό Ψίχα). N=6.

Μεταχείριση	Ξηρό Περικ. (g)	Ξηρό Ενδοκ. (g)	Ξηρό Ψίχα (g)
Μάρτυρας (C)	3,21	3,30	1,81
Πειραματικά (B)	2,98	3,23	1,75

Διαφορά	C=B	C=B	C=B
Σημαντικότητα	NS	NS	NS

NS όχι στατιστικά σημαντική διαφορά

Με βάση τα αποτελέσματα των στατιστικών αναλύσεων βρέθηκε ότι δεν υπήρξε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στους καρπούς των δύο μεταχειρίσεων, του μάρτυρα και πειραματικών δέντρων, που να αφορά το ξηρό βάρος περικαρπίου, ενδοκαρπίου και σπέρματος (Πίνακας 3.4.3).

Πίνακας 3.4.4. Επίδραση διαφυλλικών βιοδιεγερτών και εναλλακτικής λίπανσης σε πειραματικά δέντρα (B) και δέντρα του μάρτυρα (C) αμυγδαλιάς ποικιλίας Φυρανιά στο ποσοστό % Ξηράς ουσίας το οποίο εμπεριέχεται στο περικάρπιο (Ξ.Ο. Περικ.), στο ενδοκάρπιο (Ξ.Ο. Ενδοκ.) και στην ψίχα (Ξ.Ο. Ψίχας) των καρπών. N=6.

Μεταχείριση	Ξ.Ο. Περικ. (%)	Ξ.Ο. Ενδοκ. (%)	Ξ.Ο. Ψίχας (%)
Μάρτυρας (C)	25,6	66,1	72,1
Πειραματικά (B)	27,3	68,4	74,1
Διαφορά	C<B	C<B	C<B
Σημαντικότητα	*	*	***

***Σημαντικότητα 1%, *Σημαντικότητα 5%.

Τα δέντρα στα οποία εφαρμόστηκε εναλλακτική λίπανση και διαφυλλικοί βιοδιεγέρτες, με βάση τη στατιστική ανάλυση, παρουσίασαν σημαντικές διαφορές στο ποσοστό % ξηράς ουσίας στο περικάρπιο, ενδοκάρπιο και ψίχα των καρπών τους σε σχέση με τον μάρτυρα (Πίνακας 3.4.4). Πιο συγκεκριμένα το ποσοστό % ξηράς ουσίας σε όλα τα τμήματα του καρπού βρέθηκε μεγαλύτερο στα πειραματικά δέντρα σε σύγκριση με αμύγδαλα από τα δέντρα του μάρτυρα (Πίνακας 3.4.4).

Πίνακας 3.4.5. Επίδραση διαφυλλικών βιοδιεγερτών και εναλλακτικής λίπανσης σε πειραματικά (B) δέντρα και δέντρα του μάρτυρα (C) αμυγδαλιάς ποικιλίας Φυρανιά στον καταμερισμό του νωπού βάρους στα τρία μέρη του καρπού, ήτοι στο ποσοστό περιεκτικότητας νωπού βάρους περικαρπίου επί του συνολικού βάρους καρπού (Νωπό περικ % συνολ.), στο ποσοστό περιεκτικότητας νωπού βάρους ενδοκαρπίου επί του

συνολικού βάρους καρπού (Νωπό ενδοκ. % συνολ.), καθώς και στο ποσοστό περιεκτικότητας νωπού βάρους ψίχας επί του συνολικού βάρους καρπού (Νωπό ψίχα % συνολ.). N=6.

Μεταχείριση	Νωπο περικ. % συνολ.	Νωπό ενδοκ. % συνολ.	Νωπό ψίχα % συνολ.
Μάρτυρας (C)	62,5	25,2	12,6
Πειραματικά (B)	60,5	26,3	13,2
Διαφορά	C>B	C<B	C<B
Σημαντικότητα	**	**	**

**Σημαντικότητα 1%

Με βάση τα αποτελέσματα των στατιστικών αναλύσεων βρέθηκε ότι το ποσοστό βάρους το οποίο καταμερίστηκε στο νωπό περικάρπιο από το συνολικό βάρος καρπού ήταν στατιστικά σημαντικά μικρότερο στην περίπτωση των πειραματικών δέντρων σε συγκριτικά με τους του μάρτυρα (Πίνακας 3.4.5). Ωστόσο, το ποσοστό βάρους το οποίο καταμερίστηκε από τον καρπό στο νωπό ενδοκάρπιο καθώς και στην ψίχα ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο στην περίπτωση των πειραματικών δέντρων σε σύγκριση με τους του μάρτυρα (Πίνακας 3.4.5).

Πίνακας 3.4.6. Επίδραση εναλλακτικής λίπανσης και διαφυλλικών βιοδιεγερτών σε πειραματικά δέντρα (B) και δέντρα του μάρτυρα (C) αμυγδαλιάς ποικιλίας Φυρανιά, στον καταμερισμό του ξηρού βάρους στα τρία μέρη του καρπού, ήτοι στο ποσοστό περιεκτικότητας ξηρού βάρους περικαρπίου επί του συνολικού ξηρού βάρους καρπού (Ξηρό περικ. % συνολ.), στο ποσοστό περιεκτικότητας ξηρού βάρους ενδοκαρπίου επί του συνολικού ξηρού βάρους καρπού (Ξηρό ενδοκ. % συνολ.) καθώς και στο ποσοστό περιεκτικότητας ξηρού βάρους ψίχας επί του συνολικού ξηρού βάρους καρπού (Ξηρό ψίχα % συνολ.). N=6

Μεταχείριση	Ξηρό περικ. % συνολ.	Ξηρό ενδοκ. % συνολ.	Ξηρό ψίχα % συνολ.
Μάρτυρας (C)	38,3	39,9	21,8
Πειραματικά (B)	37,2	40,7	22,1
Διαφορά	C=B	C=B	C=B
Σημαντικότητα	NS	NS	NS

NS όχι στατιστικά σημαντική διαφορά

Με βάση τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης, βρέθηκε ότι σε όλες τις περιπτώσεις (Περικάρπιο, ενδοκάρπιο και ψίχα) το ποσοστό ξηρού βάρους επί του συνολικού ξηρού βάρους του καρπού που κατανεμήθηκε στα τρία τμήματα του καρπού δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά ανάμεσα στις δύο μεταχειρίσεις (πειραματικών δέντρων και του μάρτυρα) (Πίνακας 3.4.6).

Πίνακας 3.4.7. Επίδραση εναλλακτικής λίπανσης και διαφυλλικών βιοδιεγερτών σε πειραματικά δέντρα (B) και δέντρα του μάρτυρα (C) αμυγδαλιάς ποικιλίας Φυρανιά στο μήκος, στο μεγάλο πλάτος (Μ. Πλάτος), στο μικρό πλάτος (μ. Πλάτος) της ψίχας των καρπών, καθώς επίσης και στους λόγους μήκος προς μεγάλο πλάτος ψίχας (Μήκος/Μ. Πλάτος), μήκος προς μικρό πλάτος ψίχας (Μήκος/μ. Πλάτος) και μεγάλο πλάτος προς μικρό πλάτος ψίχας (Μ. Πλάτος/μ. Πλάτος). Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στις 5 Σεπτεμβρίου 2022. N=6.

Μεταχείριση	Μήκος (mm)	Μ. Πλάτος (mm)	μ. Πλάτος (mm)	Μήκος/ Μ. πλάτος	Μήκος/ μ. Πλάτος	Μ. Πλάτος/ μ. Πλάτος
Μάρτυρας (C)	30,4	15,8	9,58	1,91	3,18	1,67
Πειραματικά (B)	28,6	15,2	9,30	1,89	3,08	1,63
Διαφορά	C>B	C>B	C=B	C=B	C=B	C=B
Σημαντικότητα	***	*	NS	NS	NS	NS

***Σημαντικότητα 1%, *Σημαντικότητα 5%, NS όχι στατιστικά σημαντική διαφορά.

Με βάση τα αποτελέσματα των στατιστικών αναλύσεων, βρέθηκε ότι το μήκος καθώς και το μεγάλο πλάτος της ψίχας ήταν στατιστικά σημαντικά μικρότερο στα αμύγδαλα που συγκομίστηκαν από τα δέντρα που δέχθηκαν εναλλακτική λίπανση και βιοδιεγέρτες σε σχέση με τα δέντρα του μάρτυρα (Πίνακας 3.4.7). Ωστόσο, το μικρό πλάτος ψίχας, καθώς και οι λόγοι μήκος προς μεγάλο πλάτος, μήκος προς μικρό πλάτος και μεγάλο προς μικρό πλάτος, δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων (Πίνακας 3.4.7).

4. Συζήτηση

Το δέντρο της αμυγδαλιάς, όπως και όλα τα δέντρα τα οποία καλλιεργούνται, έχουν την ανάγκη πρόσληψης θρεπτικών στοιχείων με στόχο την ομαλή ολοκλήρωση των απαραίτητων βιοχημικών διεργασιών, την ανάπτυξη του δέντρου, και την παραγωγή καρπών (Νάνος Γ. 2013) . Το άζωτο (N) μπορεί να θεωρηθεί στοιχείο-κλειδί για την αμυγδαλιά, η οποία το αξιοποιεί για την ανάπτυξη βλαστών και παραγωγή καρπών. Έτσι, όταν το δέντρο βρίσκεται στην παραγωγή, απαιτεί αρκετό άζωτο με στόχο την παραγωγή καρπών και τη δημιουργία φυλλώματος. Για να μπορεί το δέντρο της αμυγδαλιάς να αξιοποιήσει αποτελεσματικά το άζωτο που της παρέχουμε, είναι απαραίτητο να πραγματοποιείται ετήσιο κλάδεμα και περιορισμός των ανταγωνιστικών ζιζανίων. Εφόσον τα δέντρα της αμυγδαλιάς έχουν επαρκές φύλλωμα συνιστάται να γίνεται η εφαρμογή του αζώτου διαφυλλικά μέσα Οκτωβρίου. Ειδικά, εάν δεν υπάρχει υγιές και επαρκές φύλλωμα γίνεται η εφαρμογή του στο έδαφος με συνιστώμενες ποσότητες 2-4 λιπαντικές μονάδες ανά στρέμμα. Τα παραγωγικά δέντρα χρειάζονται το άζωτο κυρίως την άνοιξη (παραγωγή βλάστησης) και το καλοκαίρι (καρποί). Το κάλιο (K), έχει επίσης ιδιαίτερη σημασία για το δέντρο της αμυγδαλιάς, καθώς κάνει το δέντρο πιο ανθεκτικό σε ακραίες θερμοκρασίες (ψηλές και χαμηλές). Η θρέψη με κάλιο καλό είναι να γίνεται σε δόσεις για την καλύτερη αξιοποίησή του από το δέντρο. Όσον αφορά τον φώσφορο (P), η αμυγδαλιά απαιτεί μικρότερες ποσότητες σε σχέση με το άζωτο και το κάλιο οι οποίες εξασφαλίζονται εύκολα με έναν διαφυλλικό ψεκασμό, εφόσον συσταθεί μετά από φυλλοδιαγνωστική ανάλυση. Σε παλιότερες μελέτες προτείνονταν συνολικά, σε χρονιά παραγωγής, να εφαρμόζονται ανά δέντρο 1 kg N, 0,5 kg P και 1 kg K που είναι ιδιαίτερα υπερβολικό. Όσον αφορά τις εκροές των κύριων θρεπτικών στοιχείων της καλλιέργειας, για κάθε 100 κιλά ψίχα που συγκομίζονται, απομακρύνονται συνολικά 6,9 κιλά αζώτου, 0,67 κιλά φωσφόρου και 7,7 κιλά καλίου (Νάνος 2013). Στην παρούσα διατριβή, η βασική λίπανση που εφαρμόστηκε στα δέντρα, απείχε από την ορθή συνιστώμενη θρέψη στην ποσότητα των στοιχείων καθώς και στον τρόπο εφαρμογής. Η βασική λίπανση η οποία εφαρμόστηκε περιείχε αρκετά μεγαλύτερη ποσότητα στοιχείων ανά δέντρο από τη συνιστώμενη, ωστόσο κάλυπτε τις ετήσιες ανάγκες του δέντρου σε θρεπτικά στοιχεία. Μέρος των θρεπτικών είναι πολύ πιθανό να χάθηκε κατά τη διάρκεια του έτους λόγω διάφορων φυσικών παραγόντων (αξιοποίηση από ζιζάνια, άζωτο στην ατμόσφαιρα, κ.ά.). Στα πειραματικά δέντρα με την προσθήκη των διαφυλλικών βιοδιεγερτών και της επιπλέον λίπανσης παρείχαμε στα δέντρα διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων όλη την

περίοδο της άνοιξης, καθώς και εν μέρει την περίοδο του θέρους με τρόπο (κρίσιμες περίοδοι ανάπτυξης) όπου τα δέντρα θα τα προσλάμβαναν εύκολα και άμεσα (διαφυλλικά). Με τη διαφυλλική λίπανση καταφέρνουμε να επιτύχουμε την άμεση πρόσληψη των θρεπτικών στοιχείων από τα φύλλα, καθώς παράλληλα και ταχεία απορρόφηση και αντίδραση των φυτών με αποφυγή απωλειών σε έδαφος και νερό (Βρέμμος 2023). Συνοπτικά, πρέπει να βελτιώσαμε την αποτελεσματικότητα χρήσης των θρεπτικών που εφαρμόστηκαν στην αμυγδαλιά σε δόσεις και διαφυλλικά/υδρολίπανση.

Το ηλιακό φως είναι μία ανανεώσιμη πηγή ενέργειας η οποία ρέει άφθονη στον πλανήτη μας, καθώς είναι ένας από τους σημαντικότερους πόρους ο οποίος χρησιμοποιείται από τα καλλιεργούμενα φυτά με σκοπό την μετατροπή του ανόργανου άνθρακα σε οργανικά μόρια, έτσι ώστε να εξασφαλίσουν την απαραίτητη ενέργεια για την ολοκλήρωση του βιολογικού τους κύκλου (Ghosh et al. 2004). Η περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη, η οποία περιέχεται κυρίως στα φύλλα, καθώς και σε όλα τα πράσινα μέρη του φυτού, είναι υπεύθυνη για τον καθορισμό των ποσών φωτοσύνθεσης καθώς και την παραγωγή ξηράς ουσίας (ΞΟ) (Ghosh et al. 2004). Την περίοδο του καλοκαιριού, τα δέντρα της αμυγδαλιάς, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών οι οποίες επικρατούν στην Ελλάδα μπορούν πολύ εύκολα να εισέλθουν σε κατάσταση θερμικής καταπόνησης με αποτέλεσμα ο ρυθμός φωτοσύνθεσης την περίοδο αυτή να μειώνεται σημαντικά. Σε κατάσταση καταπόνησης, λόγω υψηλών θερμοκρασιών ή και έλλειψης νερού, τα στόματα των φύλλων της αμυγδαλιάς κλείνουν, γεγονός το οποίο είναι συνδεδεμένο με τη μείωση του ρυθμού φωτοσύνθεσης και της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης (Girona et al. 1993, Marsal et al. 1997, Klein et al. 2001, Romero et al. 2004). Η μείωση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης (a και b) συχνά έχει αρνητική επίδραση στη φωτοσυνθετική ικανότητα των φύλλων (Gikloo and Elhami 2012). Οι Matos et al. (1997) δήλωσαν πως οι αλλαγές στον ρυθμό φωτοσύνθεσης, τη συγκέντρωση χλωροφύλλης, τη διαπνοή, τη λειτουργία των στομάτων και την αξιοποίηση του νερού οφείλονται όχι μόνο στην έλλειψη νερού και τις ξηροθερμικές συνθήκες, αλλά και άλλους παράγοντες όπως το ηλιακό φως, η συγκέντρωση CO₂ στην ατμόσφαιρα, η υγρασία και η ταχύτητα του ανέμου. Στη συγκεκριμένη μελέτη δεν υπήρχε έλλειψη νερού καθώς όλα τα δέντρα αρδεύονταν, ωστόσο οι θερμοκρασίες την περίοδο του καλοκαιριού ήταν αρκετά υψηλές και η άρδευση πραγματοποιείται ημερολογιακά και όχι βάσει των αναγκών της καλλιέργειας κάθε περίοδο του έτους. Η περίοδος του Ιουλίου και του Αυγούστου είναι εξαιρετικά κρίσιμη για το δέντρο της

αμυγδαλιάς, καθώς πραγματοποιείται το γέμισμα του καρπού του αμυγδάλου. Για τον λόγο αυτό, αυτούς τους μήνες το δέντρο της αμυγδαλιάς μεταφέρει όλα τα φωτοσυνθετικά του προϊόντα στον καρπό αυξάνοντας το μέγεθος και τα ποιοτικά του χαρακτηριστικά (Marsal et al. 1997). Στη παρούσα μελέτη, στις 7 Ιουλίου τα φύλλα των δέντρων τα οποία δέχθηκαν διαφυλλικούς βιοδιεγέρτες είχαν παρόμοιο ποσοστό % ξηράς ουσίας, ελαφρώς υψηλότερο ειδικό βάρος, παρόμοια συγκέντρωση χλωροφυλλών ανά μονάδα ΞΟ, καθώς και ανά μονάδα επιφάνειας φύλλων συγκριτικά με τα φύλλα των δέντρων του μάρτυρα. Επιπλέον, με βάση τα πρώτα αποτελέσματα των μετρήσεων ανώριμων καρπών την περίοδο του Ιουνίου, παρατηρήθηκε ταχύτερη ανάπτυξη αυτών στα πειραματικά δέντρα συγκριτικά με τον μάρτυρα, γεγονός το οποίο υποδεικνύει καλύτερη λειτουργία των φύλλων την περίοδο της άνοιξης, στέλνοντας πολλούς υδατάνθρακες στους καρπούς. Στις 18 Αυγούστου, τα φύλλα των πειραματικών δέντρων είχαν υψηλότερο ποσοστό % ξηράς ουσίας, υψηλότερο ειδικό βάρος, παρόμοια συγκέντρωση χλωροφυλλών ανά μονάδα επιφάνειας φύλλων σε σύγκριση με τα δέντρα του μάρτυρα. Επομένως, οι διαφυλλικοί βιοδιεγέρτες βοήθησαν τα δέντρα της αμυγδαλιάς στη διαχείριση των υψηλών θερμοκρασιών και του ξηροθερμικού κλίματος με διατήρηση ή και αύξηση της χλωροφύλλης ανά μονάδα επιφάνειας φύλλων. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα υψηλότερο ποσοστό % ΞΟ στα φύλλα και υψηλότερο ειδικό βάρος γεγονός που τα καθιστά ικανότερα να συνεισφέρουν στο γέμισμα του καρπού και την ωρίμανσή του, καθώς και πιο υγιή σε σχέση με τα φύλλα των δέντρων του μάρτυρα. Επιπλέον, παρατηρήθηκε μια μικρή μείωση στη συγκέντρωση χλωροφυλλών του μάρτυρα από τις 7 Ιουλίου μέχρι τις 18 Αυγούστου, η οποία δεν παρατηρήθηκε στα φύλλα των πειραματικών δέντρων. Αυτή η διαφορά, πιθανώς οφείλεται στις υψηλότερες θερμοκρασίες και το ξηροθερμικό κλίμα το οποίο επικρατούσε την περίοδο του καλοκαιριού. Εύκολα λοιπόν μπορούμε να καταλάβουμε πως οι διαφυλλικοί βιοδιεγέρτες και η υδρολίπανση σταδιακά θρεπτικών βοήθησαν σημαντικά τα δέντρα να ξεπεράσουν τη θερμική καταπόνηση, καθιστώντας τα δέντρα πιο ανθεκτικά στις ακραίες αυτές συνθήκες και ικανότατα να φωτοσυνθέτουν σε ικανοποιητικό βαθμό. Πρόσφατη έρευνα η οποία πραγματοποιήθηκε από τους Karaat και Denizhan (2023) έδειξε πώς η προσθήκη διαφυλλικών βιοδιεγερτών την περίοδο του καλοκαιριού σε φύλλα αμυγδαλιάς ποικιλίας Φυρανιά στην Τουρκία, κατάφερε να επηρεάσει θετικά τα φύλλα των πειραματικών δέντρων παρατηρώντας μεγαλύτερη σχετική περιεκτικότητα σε νερό, καθώς παράλληλα και μικρότερη ζημιά στη μεμβράνη των κυττάρων των φύλλων σε αντίθεση με τον μάρτυρα, επαληθεύοντας τα

αποτελέσματά μας. Σε δημοσίευμα των Nanos et. al. (2013), σε μετρήσεις φύλλων οι οποίες πραγματοποιήθηκαν σε φύλλα δέντρων αμυγδαλιάς ποικιλίας Φυρανιά στη Νέα Αγχίαλο Βόλου, παρατηρήθηκε αρκετά μεγάλη διαφορά στη συνολική συγκέντρωση χλωροφυλλών καθώς και χλωροφυλλών a και b σε σύγκριση με τις μεταχειρίσεις της παρούσας διατριβής, δέντρων του μάρτυρα και πειραματικών, όπου η συγκέντρωσή τους στη παρούσα μελέτη ήταν αρκετά μεγαλύτερη. Πιθανότερες αιτίες για τις διαφορές αυτές είναι το ποικίλο γενετικό υλικό το οποίο υπάρχει στα δέντρα της αμυγδαλιάς, οι εδαφοκλιματικές συνθήκες της κάθε περιοχής, καθώς και η αξιοποίηση και η παρουσία των διαθέσιμων θρεπτικών στοιχείων.

Όσον αναφορά την ποιότητα του καρπού της αμυγδαλιάς, είναι καθοριστική για την τελική τιμή που θα πουληθεί το τελικό προϊόν, και επιθυμητή από όλους τους καλλιεργητές αμυγδάλων. Ανασκοπώντας το παρελθόν, σύμφωνα με διάταγμα δυνάμει του άρθρου 6Α του υπουργείου εμπορίου, βιομηχανίας και τουρισμού (2001), το μέγεθος του καρπού και η επαρκής ανάπτυξή του αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες ποιότητας του αμυγδάλου. Οι Karaat και Denizhan (2023) παρατήρησαν πως η προσθήκη βιοδιεγερτών σε πειραματικά δέντρα αμυγδαλιάς, κατάφερε να αυξήσει το βάρος ολόκληρου του καρπού, της ψίχας, καθώς και να αυξήσει την αναλογία ψίχας προς τον συνολικό καρπό σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Στη παρούσα μελέτη, την περίοδο του Ιουνίου φαίνεται πως οι μεταχειρίσεις των πειραματικών δέντρων βοήθησαν στην ταχύτερη ανάπτυξη των καρπών. Ωστόσο στην εμπορική συγκομιδή δεν παρατηρήθηκε ουσιαστική βελτίωση στο μέγεθος αλλά μόνο μία πρωίμηση στην ωρίμανση των καρπών που δέχθηκαν βιοδιεγέρτες συγκριτικά με τους καρπούς του μάρτυρα, παρά το γεγονός ότι τα φύλλα των πειραματικών δέντρων δεν είχαν καταπονηθεί σημαντικά. Η περίοδος Ιουλίου και Αυγούστου είναι εξαιρετικά σημαντική για το δέντρο της αμυγδαλιάς το οποίο στέλνει τα φωτοσυνθετικά προϊόντα από τα φύλλα στους καρπούς για την ωρίμανσή τους (Marsal et. al. 1997). Στην προκειμένη περίπτωση εύκολα μπορούμε να συνάγουμε το συμπέρασμα πως λόγω της καλύτερης λειτουργίας των φύλλων και της διαθεσιμότητας των θρεπτικών κάτω από συνθήκες θερμικής καταπόνησης στις πειραματικές μεταχειρίσεις, οι καρποί ωρίμασαν γρηγορότερα σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Σε έρευνα η οποία πραγματοποιήθηκε από τους Eroglu et. al. (2022) βρέθηκε πως η προσθήκη φυκιών σε πειραματικά δέντρα αμυγδαλιάς ποικιλίας Texas, πέρα από το ότι αύξησε την παραγωγή ανά δέντρο, κατάφερε να αυξήσει την αναλογία ψίχας ανά καρπό καθώς και να δημιουργήσει παχύτερη ψίχα. Σε διαφορετική μελέτη η οποία πραγματοποιήθηκε από τους

Pascoalino et al. (2021) βρέθηκε πως η προσθήκη βιοδιεγερτών σε δέντρα αμυγδαλιάς κατάφερε να αυξήσει τη θρεπτική αξία των αμυγδάλων, αυξάνοντας τη συγκέντρωση των τοκοφερολών a και b, οι οποίες χαρακτηρίζονται από αντιοξειδωτική και αντιφλεγμονώδη δράση (Tahan et. al. 2011). Σε όλες την περιπτώσεις όμως, η ανάπτυξη του καρπού προϋποθέτει και σωστή λειτουργία των φύλλων. Σε έρευνα πτυχιακής διατριβής η οποία πραγματοποιήθηκε από την Τριανταφύλλου Ευθαλία (2000) παρατηρήθηκε πως η ύπαρξη καρπών στο δέντρο της αμυγδαλιάς, μειώνει την περιεκτικότητα καλίου (K) στα φύλλα, τονίζοντας την ανάγκη ύπαρξης διαθεσιμότητας θρεπτικών και ομαλής λειτουργίας των φύλλων την περίοδο της παραγωγής.

Όσον αφορά τη χορήγηση διαφυλλικών βιοδιεγερτών και εναλλακτικής λίπανσης σε δέντρα αμυγδαλιάς εμπορικής καλλιέργειας, υπάρχουν πολλοί παράγοντες που πρέπει να εξεταστούν. Σε έναν καλλιεργούμενο οπωρώνα ο οποίος βρίσκεται σε περιοχή όπου οι θερμοκρασίες το καλοκαίρι είναι αρκετά υψηλές, αδιαμφισβήτητα οι εφαρμογές βιοδιεγερτών και φυκιών, σε συνδυασμό με ένα ισορροπημένο πρόγραμμα άρδευσης, θα βοηθήσουν τη λειτουργία των φύλλων και τη σωστή θρέψη και ανάπτυξη του καρπού μειώνοντας τη θερμική καταπόνηση. Ωστόσο απαιτείται περαιτέρω έρευνα και μελέτη στο κομμάτι της δράσης τους μεμονωμένα (βιοδιεγέρτες και φύκη), καθώς και σε συνδυασμό με χορήγηση επιπλέον λίπανσης και εξασφάλιση της διαθεσιμότητας των θρεπτικών στοιχείων. Επιπλέον, στη συγκεκριμένη έρευνα, όλα τα δέντρα του πειραματικού αγροτεμαχίου έλαβαν πλήρη βασική λίπανση την καλλιεργητική περίοδο 2021-2022, γεγονός που δεν ανέδειξε τη σημασία της επιπλέον λίπανσης στα κρίσιμα στάδια ανάπτυξης της αμυγδαλιάς. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί πως λόγω της καλύτερης λειτουργίας των φύλλων την περίοδο του καλοκαιριού, ένας παραγωγός μπορεί να επιτύχει πρωίμηση της παραγωγής του, γεγονός που του δίνει πλεονέκτημα στη χρήση εξοπλισμού για τη συγκομιδή και ίσως για την πώληση του προϊόντος του στην αγορά.

5. Συμπεράσματα

Κατά την περίοδο της άνοιξης, τα δέντρα στα οποία εφαρμόστηκαν διαφυλλικοί βιοδιεγέρτες καθώς και επιπλέον λίπανση παρουσίασαν ταχύτερη ανάπτυξη καρπών, γεγονός το οποίο αποδεικνύει την καλύτερη λειτουργία των φύλλων στέλνοντας θρεπτικά στοιχεία και υδατάνθρακες σε αυτούς.

Τα φύλλα των πειραματικών δέντρων βρέθηκε πως είχαν μεγαλύτερο ειδικό βάρος καθώς και μεγαλύτερη συγκέντρωση ξηράς ουσίας σε σύγκριση με τα δέντρα του μάρτυρα, γεγονός που τα καθιστά ικανότερα στο γέμισμα του καρπού καθώς και την ταχύτερη ανάπτυξή του. Επιπλέον, οι διαφυλλικοί βιοδιεγέρτες σε συνδυασμό με επιπλέον λίπανση κατάφεραν να βοηθήσουν τα φύλλα των δέντρων να αντιμετωπίσουν τις θερμικές καταπονήσεις του θέρους, με διατήρηση και αύξηση της χλωροφύλλης ανά μονάδα επιφάνειας φύλλων.

Κατά την εμπορική συγκομιδή του καρπού, δεν παρατηρήθηκαν ποιοτικές διαφορές ανάμεσα στους καρπούς των δύο μεταχειρίσεων. Ωστόσο, παρατηρήθηκε πρωίμηση της παραγωγής στα δέντρα τα οποία δέχθηκαν την επίδραση διαφυλλικών βιοδιεγερτών καθώς και εναλλακτική λίπανση, γεγονός το οποίο δίνει σημαντικό πλεονέκτημα στον παραγωγό στην διαχείριση και πώληση του προϊόντος του.

Οι διαφυλλικοί βιοδιεγέρτες σε συνδυασμό με επιπλέον λίπανση στα κρίσιμα στάδια ανάπτυξης του καρπού, παρά τα οφέλη τα οποία προσφέρουν, αυξάνουν σημαντικά το κόστος της καλλιέργειας. Για τον λόγο αυτό απαιτείται περαιτέρω έρευνα στον εξειδικευμένο τρόπο δράσης και τα πλήρη οφέλη τα οποία παρέχουν στον παραγωγή και το δέντρο, ώστε να ενταχθούν στο πρόγραμμα λίπανσης των παραγωγών, βοηθώντας έτσι ενεργά στην μεγιστοποίηση της ποιότητας, της παραγωγής, καθώς και τη μείωση αλόγιστης χρήσης χημικών βασικών λιπασμάτων.

1. Ξένη βιβλιογραφία

1. Adugna, G. 2016. A review on impact of compost on soil properties, water use and crop productivity. *Academic Research Journal of Agricultural Science and Research*, 4(3), pp. 93-104.
2. Ali, A. Y. A., Ibrahim, M. E. H., Zhou, G., Nimir, N. E. A., Jiao, X., Zhu, G., ... & Yue, W. 2020. Exogenous jasmonic acid and humic acid increased salinity tolerance of sorghum. *Agronomy Journal*, pp. 112(2), pp. 871-884.
3. Alori, E. T., & Babalola, O. O. 2018. Microbial inoculants for improving crop quality and human health in Africa. *Frontiers in microbiology*, 9, pp. 2213.
4. Asai, W. K., Micke, W. C., Kester, D. E., & Rough, D. 1996. The evaluation and selection of current varieties. *Almond production manual*, pp. 52-60.
5. Brown, S., & Cotton, M. 2011. Changes in soil properties and carbon content following compost application: Results of on-farm sampling. *Compost Science & Utilization*, 19(2), pp.87-96.
6. Conway, J. R., Beaulieu, A. L., Beaulieu, N. L., Mazer, S. J., & Keller, A. A. 2015. Environmental stresses increase photosynthetic disruption by metal oxide nanomaterials in a soil-grown plant. *ACS nano*, 9(12), pp.11737-11749.
7. Craswell, E. 2021. Fertilizers and nitrate pollution of surface and ground water: an increasingly pervasive global problem. *SN Applied Sciences*, 3(4), pp. 518.
8. Deniz EROĞUL, Dorukhan ÇANTAL, Hafize KARABIYIK, 2022. Effect of foliar treatments of seaweed on fruit quality and yield in almond cultivation. İzmir, Türkiye, pp. 593-599.
9. Delplancke, M., Alvarez, N., Benoit, L., Espíndola, A. H. I. J., I Joly, H., Neuenschwander, S., & Arrigo, N. (2013). Evolutionary history of almond tree domestication in the Mediterranean basin. *Molecular ecology*, 22(4), 1092-1104.
10. DeRosa, M. C., Monreal, C., Schnitzer, M., Walsh, R., & Sultan, Y. 2010. Nanotechnology in fertilizers. *Nature nanotechnology*, 5(2), pp. 91-91.
11. Fırat Ege Karaat, Hasan Denizhan, 2023. The effects of different particle film applications on almond trees. Turkey, pp. 1-8.
12. George D. Nanos, Eleni D. Pliakoni, Eleni A. Kalorizou and Anna Vatsanidou 2013. Fruit Growing Research, vol. XXIX, pp. 1-6.

13. Gikloo S.T., Elham B., 2012. Physiological and morphological responses of two almond cultivars to drought stress and cycocel. *Int. Res. J. App. & Basic Sci.* 3:1000-1004.
14. Girona J., Marsal J., Cohen M., Mata M., Miravete C., 1993. Physiological, growth and yield responses of almond (*Prunus dulcis* L.) to different irrigation regimes. *Acta Hort.* 335:389-398.
15. Ghosh, P.K, Bandyopadhyay, A., Manna, K.K, Mandal M.C., Misra K.G. and Hati, A.K. 2004. Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping systems in vertisols of semi-arid tropics. II. *Bioresour. Technol.* 95: 85-93.
16. Hidangmayum, A., Dwivedi, P., Katiyar, D., & Hemantaranjan, A. 2019. Application of chitosan on plant responses with special reference to abiotic stress. *Physiology and molecular biology of plants*, 25, pp. 313-326.
17. Iqbal, M. A. 2019. Nano-fertilizers for sustainable crop production under changing climate: a global perspective. *Sustainable crop production*, 8, pp. 1-13.
18. Izzati, M. 2015. The Use of Seaweeds Sargassum Sp and Gracilaria Verrucosa as Soil Conditioner to Enhance The Growth of Vigna Radiata in Sandy and Clay Soil.
19. Izzati, M., Haryanti, S., & Setiari, N. 2019. The use of macroalga sargassum sp. and Gracilaria verrucosa in improving sandy and clay soil fertility. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1217, No. 1, pp. 012179). IOP Publishing.
20. Jha, A., Pathania, D., Damathia, B., Raizada, P., Rustagi, S., Singh, P., ... & Chaudhary, V. 2023. Panorama of biogenic nano-fertilizers: A road to sustainable agriculture. *Environmental Research*, pp. 116456.
21. Jindo, K., Martim, S. A., Navarro, E. C., Pérez-Alfocea, F., Hernandez, T., Garcia, C., ... & Canellas, L. P. 2012. Root growth promotion by humic acids from composted and non-composted urban organic wastes. *Plant and Soil*, pp. 353, pp. 209-220.
22. Khan, W., Zhai, R., Souleimanov, A., Critchley, A. T., Smith, D. L., & Prithiviraj, B. 2012. Commercial extract of *Ascophyllum nodosum* improves root colonization of alfalfa by its bacterial symbiont *Sinorhizobium meliloti*. *Communications in soil science and plant analysis*, 43(18), pp. 2425-2436.
23. Klein I., Esparza G., Weinbaum S.A., DeJong T.M., 2001. Effects of irrigation deprivation during the harvest period on leaf persistence and function in mature almond trees. *The Physiol.* 21:1063-1072.

24. Kumari, M., Swarupa, P., Kesari, K. K., & Kumar, A. (2022). Microbial Inoculants as Plant Biostimulants: A Review on Risk Status. *Life*, 13(1), pp. 12.
25. Liege A. Pascoalino, Filipa S. Reis, Lillian Barros, Manuel Angelo Rodrigues, Carlos M. Correia, Admilson L. Vieira, Isabel C. F. R. Ferreira and Joao C. M. Barreira 2021. Effect of Plant Biostimulants on Nutritional and Chemical Profiles of Almond and Hazelnut. Portugal, pp. 1-11.
26. Marsal J., Girona J., Mata M., 1997. Leaf water relation parameters in almond trees during a deficit irrigation period. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 122:582-587.
27. Matos M.C., Matos A.A., Mantans A., Cordeiro V., Vieira da Silva J.B. 1997. Photosynthesis and water relations of almond tree cultivars grafted on two rootstocks. *Photosynthetica* 35:249-256.
28. Palansooriya, K. N., Wong, J. T. F., Hashimoto, Y., Huang, L., Rinklebe, J., Chang, S. X., ... & Ok, Y. S. 2019. Response of microbial communities to biochar-amended soils: a critical review. *Biochar*, 1, pp. 3-22.
29. Rajaneesh, K. M., Naik, R. K., Roy, R., & D'Costa, P. M. (2020). Cyanobacteria in tropical and subtropical marine environments: bloom formation and ecological role. In *Advances in Cyanobacterial Biology* pp. 35-46. Academic Press.
30. Ramírez, M. A., Rodríguez, A. T., Alfonso, L., & Peniche, C. 2010. Chitin and its derivatives as biopolymers with potential agricultural applications. *Biotechnología Aplicada*, 27(4), pp. 270-276.
31. Romero P., Navarro J.M., Garcia F., Ordaz P.B., 2004. Effects of regulated deficit irrigation during the pre-harvest period on gas exchange, leaf development and crop yield of mature almond trees. *Tree Physiol.* 24:303-312.
32. Tahan, G., Aytac, E., Aytekin, H., Gunduz, F., Dogusoy, G., Aydin, S., Tahan, V., Uzun, H 2011. Vitamin e has a dual effect of anti-inflammatory and antioxidant activities in acetic acid-induced ulcerative colitis in rats. *Can. J. Surg.* 54, pp. 333–338.
33. Wintermans I.F., Mots A., 1965. Spectrophotometric characteristics of chlorophylls a and b and their pheophytins in ethanol. *Bloch. Biophys. Acta* 109:448-453.

2. Ελληνική Βιβλιογραφία

- 1 Βρέμμος Σ. 2023. Η διαφυλλική λίπανση και η ιδιαίτερη σημασία της στη θρέψη της ελιάς. “Ελιά & Ελαιόλαδο”, τεύχος 87.

2 Νάνος Γ., 2013. Η ΑΜΥΓΔΑΛΙΑ. Η ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΗΣ. Γεωργία – Κτηνοτροφία
• τεύχος 10/2013, σελ. 9-13.

3.Ο ΠΕΡΙ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ (ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΚΑΙ
ΕΛΕΓΧΟΣ) ΝΟΜΟΣ 2001. Ε.Ε. Παρ. ΙΙΙ(Ι). Κ.Δ.Π. 220/2001. Αριθμός 220. 2525-
2528.

4. Τριανταφύλλου Ευθαλία, Βόλος 2000. 'Θρέψη και αζωτούχος λίπανση στην
Αμυγδαλιά'. Βόλος, σελ. 2-69.

3. Ιστοσελίδες

1. www.meteo.gr (πρόσβαση στις 1 Ιουνίου 2023)