



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

«Ένταξη του εδαφοβελτιωτικού υπολειμμάτων εκτροφής του εντόμου *Alphitobius diaperinus* στη λίπανση της ελιάς και η επίδρασή του στα χαρακτηριστικά φύλλων και καρπών και στην παραγωγικότητα των ελαιόδενδρων των ποικιλιών ‘Καλαμών’ και υπέρπυκνης φύτευσης ‘Κορωνέικη i-38’»

Καρρά Αγγελική

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Μαλέτσικα Περσεφόνη

Βόλος 2025

Τίτλος στην ελληνική γλώσσα: «Ένταξη του εδαφοβελτιωτικού υπολειμμάτων εκτροφής του εντόμου *Alphitobius diaperinus* στη λίπανση της ελιάς και η επίδρασή του στα χαρακτηριστικά φύλλων και καρπών και στην παραγωγικότητα των ελαιόδενδρων των ποικυλίων ‘Καλαμών’ και υπέρπυκνης φύτευσης ‘Κορωνέικη i-38’»

Τίτλος στην αγγλική γλώσσα: “Soil conditioner from *Alphitobius diaperinus* frass compared to inorganic fertilization in olive: effect on leaf and fruit characteristics and on the productivity of olive trees of the cultivars ‘Kalamon’ and super-high-density ‘Koroneiki i-38’ plantation”

Τριμελής εξεταστική επιτροπή:

- Μαλέτσικα Περσεφόνη, Επίκουρη Καθηγήτρια Δενδροκομίας- Ελαιοκομίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (Επιβλέπουσα)
- Νάνος Γεώργιος, Καθηγητής Δενδροκομίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (Μέλος)
- Αθανασίου Χρήστος, Καθηγητής Εντομολογίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (Μέλος)

Στους γονείς μου που ήταν στήριγμα τα 5 χρόνια των σπουδών μου

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

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την Επίκουρη Καθηγήτρια Δενδροκομίας-Ελαιοκομίας κα. Μαλέτσικα Περσεφόνη, επιβλέπουσα της πτυχιακής μου εργασίας, για την άψογη συνεργασία, οργάνωση και καθοδήγηση, την έμπρακτη βοήθειά της και την επιστημοσύνη της, καθώς αφιέρωσε άπλετο χρόνο για την πραγματοποίηση αυτού του πειράματος και με στήριξε τόσο κατά την διεκπεραίωση αυτής της εργασίας όσο και καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή Δενδροκομίας κ. Νάνο Γεώργιο, Διευθυντή του Εργαστηρίου Δενδροκομίας, που διέθεσε το εργαστήριο απλόχερα για την πραγματοποίηση των εργαστηριακών μετρήσεων του πειράματος. Επίσης, την κα. Παναγιωτάκη Ευαγγελία, μέλος ΕΔΙΠ, και την κα. Τομαρά Νικολίτσα, μέλος ΕΤΕΠ, που ήταν δίπλα μου σε οποιαδήποτε βοήθεια χρειαζόμουν.

Ευχαριστώ, επιπροσθέτως, τον Καθηγητή Εντομολογίας κ. Αθανασίου Χρήστο, ο οποίος μου διέθεσε το frass από την εκτροφή εντόμων του Εργαστηρίου Εντομολογίας και την κα. Μπαλιώτα Γεωργία, υποψήφια διδάκτωρ του Εργαστηρίου Εντομολογίας, για την καθοδήγηση επί του frass.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Τσιρόπουλο Νικόλαο, Καθηγητή Χημείας και Διευθυντή του Εργαστηρίου Αναλυτικής Χημείας και Γεωργικής Φαρμακολογίας, για την παραχώρηση του χώρου του εργαστηρίου και οργάνων του για την περάτωση ορισμένων μετρήσεων.

Περιεχόμενα

Περίληψη	viii
1. Εισαγωγή	1
1.1 Σημαντικότητα και εξάπλωση της καλλιέργειας της ελιάς στην Ελλάδα.....	1
1.2 Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις της ελιάς	1
1.3 Μορφολογία της ελιάς	2
1.4 Τρόπος καρποφορίας της ελιάς	3
1.5 Στάδια ανάπτυξης, ωρίμανση και συγκομιδή ελαιόκαρπου.....	3
1.6 Ποιότητα και διατροφική αξία ελαιόκαρπου και ελαιόλαδου	5
1.7 Καλλιεργητικές εργασίες ελαιώνα	6
1.7.1 Κλάδεμα.....	6
1.7.2 Λίπανση	6
1.7.3 Άρδευση.....	7
1.7.4 Διαχείριση των ζιζανίων.....	7
1.7.5 Διαχείριση των εχθρών.....	7
1.7.6 Διαχείριση των ασθενειών	8
1.8 Θρέψη της ελιάς	8
1.9 Η επίδραση της θρέψης στην παραγωγικότητα των ελαιώνων και στην ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων.....	10
1.10 Ορθολογική λίπανση της ελιάς	11
1.11 Οφέλη της οργανικής λίπανσης για τις καλλιέργειες και την ελιά	12
1.12 Η χρήση των υπολειμμάτων εκτροφής εντόμων στη λίπανση των καλλιεργειών.....	13
1.13 Σκοπός της εργασίας	14
2. Υλικά και Μέθοδοι	16
2.1 Περιγραφή πειραματικού ελαιώνα	16
2.2 Μεταχειρίσεις του πειράματος.....	18
2.3 Μετρήσεις στον αγρό	22
2.3.1 Αναπτυξιακές μετρήσεις φετινής βλάστησης.....	22
2.3.2 Μέτρηση πυκνότητας ανθοφορίας και καρπόδεσης.....	23
2.3.3 Μέτρηση της παραγωγής ανά δένδρο.....	24
2.4 Μετρήσεις στο εργαστήριο.....	26
2.4.1 Μετρήσεις φυσιολογικών χαρακτηριστικών των φύλλων.....	26
2.4.2 Μέτρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών.....	29
2.4.3 Δείκτης ωριμότητας καρπών.....	33

2.4.4 Μέτρηση της περιεκτικότητας των καρπών σε ολικά φαινολικά συστατικά	35
2.4.5 Μέτρηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας των καρπών.....	36
2.4.6 Μέτρηση ελαιοπεριεκτικότητας	37
2.5 Στατιστική επεξεργασία	39
3. Αποτελέσματα	40
3.1 Ποικιλία Καλαμών	40
3.1.1 Επίδραση της λίπανσης στα φυσιολογικά χαρακτηριστικά φύλλων ελιάς ποικιλίας Καλαμών.....	40
3.1.2 Επίδραση της λίπανσης στη συγκέντρωση φωτοσυνθετικών χρωστικών σε φύλλα ελιάς ποικιλίας Καλαμών	41
3.1.3 Επίδραση της λίπανσης στο μήκος της φετινής βλάστησης των δένδρων ελιάς ποικιλίας Καλαμών	46
3.1.4 Επίδραση της λίπανσης στην πυκνότητα ανθοφορίας και την καρπόδεση σε δένδρα ελιάς ποικιλίας Καλαμών	46
3.1.5 Επίδραση της λίπανσης στην παραγωγή ανά δένδρο ελιάς ποικιλίας Καλαμών.....	47
3.1.6 Επίδραση της λίπανσης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών.....	48
3.1.7 Επίδραση της λίπανσης στα αντιοξειδωτικά χαρακτηριστικά καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών	49
3.1.8 Επίδραση της λίπανσης στον δείκτη ωριμότητας καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών.....	50
3.1.9 Επίδραση της λίπανσης στην ελαιοπεριεκτικότητα καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών.....	50
3.2 Ποικιλία Κορωνέικη, κλώνος i-38	51
3.2.1 Επίδραση της λίπανσης στα φυσιολογικά χαρακτηριστικά φύλλων ελιάς ποικιλίας Κορωνέικη i-38	51
3.2.2 Επίδραση της λίπανσης στη συγκέντρωση φωτοσυνθετικών χρωστικών σε φύλλα ελιάς ποικιλίας Κορωνέικη i-38.....	52
3.2.3 Επίδραση της λίπανσης στο μήκος της φετινής βλάστησης των δένδρων ελιάς ποικιλίας Κορωνέικη i-38	57
3.2.4 Επίδραση της λίπανσης στην πυκνότητα ανθοφορίας και την καρπόδεση σε δένδρα ελιάς ποικιλίας Κορωνέικη i-38.....	57
3.2.5 Επίδραση της λίπανσης στην παραγωγή ανά δένδρο ελιάς ποικιλίας Κορωνέικη i-38	58
3.2.6 Επίδραση της λίπανσης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών ελιάς ποικιλίας Κορωνέικη i-38.....	59

3.2.7 Επίδραση της λίπανσης στα αντιοξειδωτικά χαρακτηριστικά καρπών ελιάς ποικιλίας Κορωνέικη i-38	60
3.2.8 Επίδραση της λίπανσης στον δείκτη ωριμότητας καρπών ελιάς ποικιλίας Κορωνέικη i-38	61
3.2.9 Επίδραση της λίπανσης στην ελαιοπεριεκτικότητα καρπών ελιάς ποικιλίας Κορωνέικη i-38.....	61
4. Συζήτηση	63
5. Συμπεράσματα.....	70
6. Βιβλιογραφία	72

Περίληψη

Εν όψει της κλιματικής αλλαγής και των επιπτώσεων που επιφέρει η αλόγιστη χρήση των ανόργανων λιπασμάτων, είναι αναγκαία η εξεύρεση εναλλακτικών πηγών προσθήκης θρεπτικών στοιχείων στις καλλιέργειες, και πόσο μάλλον στην ελιά που αποτελεί σημαντικό μέρος των καλλιεργούμενων εκτάσεων της γηραιάς ηπείρου. Σκοπός της εργασίας ήταν η ένταξη του εδαφοβελτιωτικού υπολειμμάτων εκτροφής του εντόμου *Alphitobius diaperinus* στη λίπανση της ελιάς ποικιλίας Καλαμών εντατικής φύτευσης και της ποικιλίας Κορωνέικη, κλώνος i-38, υπέρπυκνης φύτευσης, ώστε να επιτευχθεί η ισορροπημένη θρέψη της ελιάς, η ενίσχυση της αντοχής των ελαιόδενδρων στη θερμική και υδατική καταπόνηση κατά τους θερινούς μήνες και η βελτίωση της παραγωγικότητάς τους. Το πείραμα έλαβε χώρα το 2024 στον Βόλο, στον Ελαιώνα της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και αποτελούνταν από τρεις μεταχειρίσεις, τον Μάρτυρα, την οργανική λίπανση με Frass και την Ανόργανη λίπανση. Για τη μελέτη της απόκρισης των ελαιόδενδρων στις μεταχειρίσεις της λίπανσης μετρήθηκαν τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά των φύλλων, το μήκος της βλάστησης της τρέχουσας καλλιεργητικής περιόδου, η πυκνότητα ανθοφορίας, η καρπόδεση, η παραγωγή των δένδρων, τα ποιοτικά και αντιοξειδωτικά χαρακτηριστικά των καρπών, ο δείκτης ωριμότητάς τους και η ελαιοπεριεκτικότητά τους. Και στις δύο ποικιλίες, οι διαφορετικές μεταχειρίσεις προσθήκης αζώτου σε συνδυασμό με τις διαφυλλικές εφαρμογές οδήγησαν σε αυξημένα επίπεδα συγκέντρωσης φωτοσυνθετικών χρωστικών στα φύλλα σε σχέση με τον Μάρτυρα, κυρίως κατά την περίοδο του καλοκαιριού. Στην ποικιλία Καλαμών, οι μεταχειρίσεις του Frass και της Ανόργανης λίπανσης βελτίωσαν το βάρος καρπού, ενώ το Frass εμφάνισε τον μεγαλύτερο λόγο σάρκας/πυρήνα και αύξησε τον δείκτη ωριμότητας και την ελαιοπεριεκτικότητα. Στην ποικιλία Κορωνέικη i-38, το Frass και η Ανόργανη λίπανση παρουσίασαν αυξημένο ποσοστό καρπόδεσης και αύξησαν αμφότερα τη συνολική παραγωγή των δένδρων, ενώ το Frass αύξησε σημαντικά τα ολικά φαινολικά συστατικά και την καθαρότητα του χρώματος των καρπών. Περαιτέρω μελέτη χρειάζεται για την ένταξη του frass σε ένα πρόγραμμα λίπανσης της ελιάς προσαρμοσμένο στις ανάγκες των δένδρων σε θρεπτικά στοιχεία, για να εντοπιστούν με μεγαλύτερη ακρίβεια τα οφέλη από τη χρήση του τόσο στην ελαιοκαλλιέργεια όσο και στο έδαφος του ελαιώνα.

Λέξεις κλειδιά: frass, οργανική λίπανση, χλωροφύλλη, ποιότητα, αντιοξειδωτικά.

1. Εισαγωγή

1.1 Σημαντικότητα και εξάπλωση της καλλιέργειας της ελιάς στην Ελλάδα

Η ελιά από αρχαιοτάτων χρόνων είναι συνυφασμένη με τον ελληνικό χώρο καθώς υπήρξε δώρο της θεάς Αθηνάς προς τους Αθηναίους. Από τότε ως και σήμερα είναι ευρέως γνωστή η σημαντικότητά της για τη διατροφή και την υγεία των ανθρώπων. Η καλλιεργούμενη ελιά (*Olea europaea* L.) αποτελεί την πιο διαδεδομένη και παραδοσιακή αγροτική εκμετάλλευση της Ελλάδας. Σύμφωνα με τον FAO (2023), η συνολική έκταση των ελαιώνων της χώρας ανέρχεται στα 8.406.200 στρέμματα, καλύπτοντας τη μεγαλύτερη καλλιεργούμενη έκταση. Η συνεισφορά της καλλιέργειας στην εθνική οικονομία λόγω της παραγωγής εξαιρετικής ποιότητας ελαιόλαδου και επιτραπέζιας ελιάς είναι αξιοσημείωτη. Συγκεκριμένα, η Ελλάδα κατατάσσεται παγκοσμίως ως 3^η ελαιοπαραγωγική χώρα, μετά την Ισπανία και την Ιταλία, με μέση ετήσια παραγωγή τους 366.000 τόνους ελαιόλαδο (International Olive Council 2012) και 5^η στην παραγωγή επιτραπέζιας ελιάς με μέση παραγωγή τους 350.000 τόνους (Εθνική Διαεπαγγελματική Οργάνωση Επιτραπέζιας Ελιάς 2023), με το μεγαλύτερο μέρος των προϊόντων να προορίζεται για εξαγωγή.

1.2 Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις της ελιάς

Η ελαιοκαλλιέργεια συναντάται στο μεγαλύτερο μέρος της Ελλάδας, από την Κρήτη ως και τη Χαλκιδική, χάρη στην πληθώρα ποικιλιών ελιάς που διαθέτει η χώρα, που είναι προσαρμοσμένες στις διαφορετικές εδαφοκλιματικές συνθήκες, στο γεωγραφικό της ανάγλυφο και τα ποικίλα μικροκλίματα που επιτρέπουν την εξάπλωση της καλλιέργειας. Γενικά, οι ελαιώνες ευδοκιμούν σε περιοχές που χαρακτηρίζονται από το εύκρατο μεσογειακό κλίμα, με ξηροθερμικά καλοκαίρια και ήπιους, υγρούς χειμώνες. Θεωρείται ως είδος ανθεκτικό στη ξηρασία και την υδατική καταπόνηση που όμως ανταποκρίνεται καλά στην ύπαρξη εδαφικής υγρασίας κατά τα κρίσιμα στάδια της άνθισης, καρπόδεσης και αύξησης της ελαιοπεριεκτικότητας (Sofa et al. 2008). Οι θερμοκρασίες των ελαιοκομικών περιοχών είναι ετησίως κατά μέσο όρο 15-20 °C, χωρίς να πέφτουν κάτω από τους -12 °C που οδηγούν σε καθολική νέκρωση του δένδρου και χωρίς να υπερβαίνουν τους 40 °C που επηρεάζουν αρνητικά τις φυσιολογικές λειτουργίες του (Θεριός 2015). Πιο συγκεκριμένα, ως καλλιέργεια είναι φωτόφιλη, καθώς το δένδρο έχει ανάγκη το ηλιακό φως για την κανονική βλαστική του

ανάπτυξη και την ικανοποιητική παραγωγή. Οι χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα $<7^{\circ}\text{C}$, ανάλογα με την ποικιλία, είναι απαραίτητες για τη διαμόρφωση και την έξοδο από τον λήθαργο των ανθοφόρων οφθαλμών (Koubouris et al. 2025). Επιπλέον, κατά την άνθιση και καρπόδεση οι βέλτιστες θερμοκρασίες είναι $18-22^{\circ}\text{C}$, ενώ πιο υψηλές θερμοκρασίες, ο ισχυρός ή καθόλου άνεμος και η υγρασία κατά την περίοδο αυτή δυσχεραίνουν τη γονιμοποίηση των ανθέων (Iovane et al. 2022). Αργότερα το καλοκαίρι, θερμοί άνεμοι οδηγούν σε καρπόπτωση.

Όσον αφορά τις εδαφικές απαιτήσεις, το ελαιόδενδρο είναι αρκετά προσαρμοστικό και καλλιεργείται μέχρι και σε πετρώδη φτωχά εδάφη. Ιδανικά, χρειάζεται πλούσια σε οργανική ουσία, βαθιά αμμοπηλώδη εδάφη, καλά αεριζόμενα, που δε νεροκρατούν για την αποφυγή ασφυξίας των ριζών, με pH 6,5-8,5 και χωρίς αδιαπέραστο ορίζοντα για την καλή ανάπτυξη του ριζικού συστήματος (International Olive Council 2007). Επίσης, παρουσιάζεται ως ένα από τα πιο ανεκτικά είδη στην υψηλή συγκέντρωση αλάτων στο εδαφικό διάλυμα στην περιοχή της ριζόσφαιρας.

1.3 Μορφολογία της ελιάς

Η ελιά είναι ένα αειθαλές υπεραιώνιο δένδρο της οικογένειας Oleaceae, που ανταποκρίνεται εξαιρετικά στις κλιματικές συνθήκες της Μεσογείου. Το ριζικό της σύστημα είναι θυσσανώδες και επιφανειακό, καθώς περίπου το 70% της μάζας του εντοπίζεται στα πρώτα 0,2-0,4 m από την επιφάνεια του εδάφους (Masmoudi- Charfi et al. 2013) και αυτό δεν ξεπερνά το 1 m. Η ανάπτυξή του επηρεάζεται από τον τύπο εδάφους, καθώς αναπτύσσεται περισσότερο σε αμμώδη και λιγότερο σε αργιλώδη εδάφη. Επιπλέον, τα εξαρχής αρδευόμενα δένδρα παρουσιάζουν διαφορετική πυκνότητα και ομοιομορφία ριζών από τα ξηρικά ή μεγαλύτερης ηλικίας αρδευόμενα δένδρα (Fernández et al. 1991). Ο κορμός είναι γκριζοπράσινος και λείος στα νεαρά δένδρα που όσο αυτά μεγαλώνουν γίνεται πιο τραχύς, ρυτιδωμένος και με εγκολπώσεις (Filippou et al. 2007). Ανάλογα με την πυκνότητα φύτευσης, τη διαμόρφωση και τις καλλιεργητικές τεχνικές, ο κορμός διακλαδίζεται σε ύψος 0,4-1,2 m, όπου διαμορφώνονται οι βραχίονες που θα υποστηρίξουν την παραγωγή (Θερίος 2015). Οι οφθαλμοί εντοπίζονται στις μασχάλες των φύλλων και στην κορυφή του βλαστού και είναι είτε βλαστοφόροι, μικρού μεγέθους και μυτεροί, είτε ανθοφόροι, μεγαλύτερου μεγέθους και σφαιρικοί. Υπάρχουν, επίσης, οι λανθάνοντες που βλαστάνουν μετά από

αυστηρό κλάδεμα ή ισχυρό παγετό (Θεριός 2015). Τα φύλλα της είναι απλά, λογχοειδή, δερματώδη, ποικίλου μεγέθους ανάλογα με την ποικιλία, πράσινου χρώματος στην πάνω επιφάνεια και ασημί χρώματος στην κάτω (λόγω της ύπαρξης τριχών), τα οποία παραμένουν στο δένδρο για τρία χρόνια και ύστερα αποκόβονται φυσιολογικά κατά την άνοιξη (Φιλίππου 2005). Τα άνθη είναι μικρά, τέλεια ή ατελή, υπόλευκα με 4 σέπαλα, 4 πέταλα, 2 δύλοβους ανθήρες και έναν κανονικό ή πυρωμένο ύπερο και συναντώνται σε ταξιανθία βότρυος (International Olive Council 1996). Τέλος, ο καρπός είναι δρύπη, σφαιρικού ή ελλειψοειδούς σχήματος και μικρού ή μεγαλύτερου μεγέθους ανάλογα με την ποικιλία, πράσινου αρχικά χρώματος που με την ωρίμανση γίνεται ιώδες, ο οποίος περιέχει ένα ενδοκάρπιο με εξωτερικές αυλακώσεις που αποτελεί κριτήριο διάκρισης των ποικιλιών (Ρούσος 2021).

1.4 Τρόπος καρποφορίας της ελιάς

Τα καρποφορούντα όργανα της ελιάς είναι βλαστοί ενός έτους. Καθώς το φαινόμενο της παρενιαυτοφορίας επικρατεί στην καλλιέργεια της ελιάς, διότι το πλείστο των ελαιώνων είναι ξηρικοί, τη χρονιά που αναμένεται παραγωγή θα πρέπει να έχουν δημιουργηθεί από το προηγούμενο έτος εύρωστοι βλαστοί μήκους 10-40 cm που θα φέρουν την ανθοφορία. Αυτό επιτυγχάνεται με την ισορροπημένη θρέψη των δένδρων, το σωστό κλάδεμα καρποφορίας και την κατάλληλη άρδευση στην περίπτωση των αρδευόμενων ελαιώνων (Κουμπούρης 2021). Η διαφοροποίηση των ανθοφόρων οφθαλμών που φέρονται στους βλαστούς, λαμβάνει χώρα τον Ιούνιο-Ιούλιο, δηλαδή 9-10 μήνες πριν την άνθιση, ενώ η διαμόρφωσή τους πραγματοποιείται με την επίδραση του χειμερινού ψύχους (συσσώρευση θερμοκρασιών $<7^{\circ}\text{C}$), δηλαδή 2-3 μήνες πριν την άνθιση (Νάνος 2019). Η άνθιση γίνεται τον Απρίλιο- Μάιο και μια καλή παραγωγή λαμβάνεται από την καρπόδεση 1-2% των ανθέων. Η καρπόδεση σε μια παραγωγική χρονιά φαίνεται να μην επηρεάζεται τόσο από τον αριθμό των ταξιανθιών και των τέλειων ανθέων όσο κυρίως από περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως η θερμοκρασία, ο άνεμος και η ύπαρξη επικονιαστών (Lavee et al. 1996).

1.5 Στάδια ανάπτυξης, ωρίμανση και συγκομιδή ελαιόκαρπου

Ως δρύπη, ο καρπός της ελιάς αποτελείται από το περικάρπιο και το ενδοκάρπιο και αφού επιτευχθεί η καρπόδεση, η ανάπτυξή του αποτελείται από τρεις φάσεις: 1)

μια φάση ταχείας ανάπτυξης λόγω έντονων κυτταροδιαιρέσεων κατά την οποία αναπτύσσεται η σάρκα και κυρίως ο πυρήνας (έως 7-9 βδομάδες μετά την πλήρη άνθιση), 2) μια φάση αργής ανάπτυξης κατά την οποία πραγματοποιείται η σκλήρυνση του πυρήνα (Ιούλιος- Αύγουστος) και 3) μια φάση ταχείας αύξησης του βάρους του καρπού λόγω της τάνυσης των κυττάρων, η οποία συμπίπτει και με την αύξηση της ελαιοπεριεκτικότητας, την αρχή της ωρίμανσης και τη σταδιακή αλλαγή του χρώματος του φλοιού (Rosati et al. 2023).

Η ωρίμανση του ελαιόκαρπου σηματοδοτείται με τη διάσπαση των χλωροφυλλών του περικαρπίου σε ξανθοφύλλες και ανθοκυάνες και στην αύξηση της συγκέντρωσης του ελαιόλαδου. Η αλλαγή αυτή του χρώματος επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες, το φορτίο του δένδρου, την ποικιλία και τη λίπανση (Ferrari et al. 2023). Πέραν αυτών, ως δείκτης ωριμότητας λαμβάνεται, ύστερα από δειγματοληψία, και η αλλαγή της χημικής σύστασης του καρπού σε χαρακτηριστικά που αφορούν τη συγκέντρωση σακχάρων και την αναλογία φρουκτόζης/γλυκόζη (Emmanouilidou et al. 2020).

Ανάλογα με τη χρήση της ελιάς (επιτραπέζια ή ελαιοποιήσιμη) και τους στόχους που έχει θέσει ο παραγωγός (π.χ. συγκεκριμένα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του ελαιόλαδου) προσαρμόζεται η ημερομηνία και ο τρόπος συγκομιδής των καρπών. Στην περίπτωση της ελαιοποιήσιμης ελιάς, η συγκομιδή γίνεται κυρίως με μηχανικά μέσα. Σύμφωνα με τους Burin et al. (2025), οι πιο άωροι καρποί ζημιώνονται λιγότερο κατά τη μηχανική συγκομιδή σε σχέση με τους πιο ώριμους, γεγονός που έχει άμεση επίδραση στην ποιότητα και την αποθηκευτική ζωή του ελαιόλαδου, καθώς δεν αλλοιώνεται η αντιοξειδωτική του ικανότητα και δεν οξειδώνεται εύκολα υπό ανεξέλεγκτες συνθήκες αποθήκευσης. Επιπλέον, το ελαιόλαδο από καρπούς πρώιμης συγκομιδής θεωρείται βιολειτουργικό λόγω των υψηλών ολικών αντιοξειδωτικών, ενώ από καρπούς όψιμης συγκομιδής είναι πλούσιο σε φαινόλες λόγω των ανθοκυανών του φλοιού και της σάρκας (Ozdemir et al. 2024). Όσον αφορά τις επιτραπέζιες ελιές που είναι ένα προϊόν μεγάλης προστιθέμενης αξίας, προτιμάται αναπόφευκτα η χειρωνακτική συγκομιδή για την αποφυγή ποιοτικής υποβάθμισης λόγω μωλωπισμών (Rashvand 2024).

1.6 Ποιότητα και διατροφική αξία ελαιόκαρπου και ελαιόλαδου

Το ελαιόλαδο συμπεριλαμβάνεται στα βασικά συστατικά της μεσογειακής διατροφής. Έτσι, η Ελλάδα αποτελεί την κυρίαρχη χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης στην κατά κεφαλήν χρήση ελαιόλαδου, καταναλώνοντας 12 kg/άτομο ετησίως (European Commission 2020). Αυτό συμβαίνει λόγω της ασύγκριτης ποιότητας του εγχώριου παραγόμενου ελαιόλαδου και της υψηλής διαθρεπτικής του αξίας, χαρακτηριστικά αλληλένδετα μεταξύ τους. Ως έλαιο είναι μοναδικό ανάμεσα σε όλα τα άλλα φυτικά έλαια εξαιτίας της συγκέντρωσης υψηλής ποιότητας λιπαρών οξέων στη σύνθεσή του. Ο κύριος δείκτης ποιότητας του ελαιόλαδου είναι η ελεύθερη οξύτητα εκφρασμένη σε g ελαϊκού οξέος/100 g ελαιόλαδου και σύμφωνα με αυτή γίνεται η κατηγοριοποίησή του σε εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο, παρθένο ελαιόλαδο, άλλα ελαιόλαδα πιο υποβαθμισμένης ποιότητας και πυρηνέλαια (International Olive Council 2025). Ωστόσο, η ποιότητα του ελαιόλαδου σε χαρακτηριστικά που αφορούν την αντιοξειδωτική ικανότητα, τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και το προφίλ των λιπαρών οξέων εξαρτάται από την ποικιλία, το στάδιο ωριμότητας του καρπού, τις καλλιεργητικές φροντίδες, τις εδαφοκλιματικές συνθήκες, τον τρόπο συγκομιδής και το χρόνο μεταφοράς προς το ελαιοτριβείο (Frangipane et al. 2025).

Όσο τα νοσήματα στον δυτικό κόσμο αυξάνονται, παράλληλα οι επιστήμονες στρέφονται στη μελέτη ευεργετικών τροφών για την υγεία των ανθρώπων. Μια από αυτές τις λειτουργικές τροφές είναι το ελαιόλαδο, λόγω των ιδιαίτερων μονοακόρεστων λιπαρών οξέων και των αντιοξειδωτικών ουσιών της σύνθεσής του, τα οποία θεωρείται ότι έχουν θετική επίδραση κατά των χρόνιων ασθενειών (Baiano et al. 2009). Συγκεκριμένα, φέρεται να προστατεύει το καρδιαγγειακό σύστημα και να ελαττώνει τον κίνδυνο εγκεφαλικού επεισοδίου, μειώνοντας την αρτηριακή πίεση, λόγω της μεγάλης συγκέντρωσής του σε πολυφαινόλες (Chrysant S. and Chrysant G. 2024). Επιπλέον, το εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο είναι πηγή πρόσληψης της ολεοκανθάλης, μιας αντιφλεγμονώδους φαινολικής ένωσης, η οποία υποστηρίζεται ότι σταματά τον πολλαπλασιασμό και επιφέρει τον θάνατο των καρκινικών κυττάρων σε ορισμένους τύπους καρκίνου (González-Rodríguez et al. 2023). Πλούσιο σε ελευρωπαΐνη, το ελαιόλαδο δρα επίσης θετικά κατά του διαβήτη τύπου 2, που σχετίζεται και με την παχυσαρκία, καθώς μειώνονται τα επίπεδα της γλυκόζης στο αίμα και η αντίσταση στην ινσουλίνη (Iantomasi et al. 2024).

1.7 Καλλιεργητικές εργασίες ελαιώνα

Η ορθολογική διαχείριση ενός ελαιώνα που αποσκοπεί στην οικονομική και περιβαλλοντική του βιωσιμότητα στηρίζεται στην εφαρμογή ορθών καλλιεργητικών πρακτικών, που αφορούν το κλάδεμα, τη λίπανση, την άρδευση και τη διαχείριση των ζιζανίων, των εχθρών και των ασθενειών. Έτσι, με τον συνδυασμό αυτών επιτυγχάνεται το βέλτιστο της παραγωγής και της ποιότητας του ελαιόλαδου ή των επιτραπέζιων ελιών, αλλά και η προστασία του οικοσυστήματος.

1.7.1 Κλάδεμα

Το σωστό κλάδεμα είναι η βάση που καθορίζει την παραγωγή και το μέλλον γενικά του δένδρου. Υπάρχουν δύο κατηγορίες κλαδέματος: 1) κλάδεμα διαμόρφωσης κατά το οποίο καθορίζονται οι μελλοντικοί βραχίονες και το σχήμα του δένδρου (Gucci and Cantini 2016) και 2) κλάδεμα καρποφορίας το οποίο έχει ως στόχο την εξισορρόπηση βλάστησης-καρποφορίας, τη διαχείριση της παρενιαυτοφορίας, αν αυτό γίνεται κάθε χρονιά, και τον ομοιόμορφο φωτισμό και αερισμό της κόμης. Στους ελαιώνες υπέρπυκνης φύτευσης είναι καθοριστικό να γίνεται συστηματικά κάθε χρόνο το κλάδεμα, ώστε να διατηρείται το σχήμα και το ύψος των δένδρων για να διευκολύνεται η μηχανική συγκομιδή (Vossen 2007). Κοινώς, το κλάδεμα γίνεται είτε τέλη του χειμώνα ή λίγο πιο αργά την άνοιξη σε περιοχές που πλήττονται από παγετούς, είτε μαζί με τη συγκομιδή για τη μείωση του κόστους των εργατικών στις πιο θερμές περιοχές.

1.7.2 Λίπανση

Η ισορροπημένη λίπανση σε συνδυασμό με το κατάλληλο κλάδεμα είναι από τις πιο σημαντικές πτυχές της καλλιέργειας που θα επιφέρουν βραχυπρόθεσμα την επιθυμητή ποιότητα και παραγωγή και μακροπρόθεσμα τη μακροβιότητα του ελαιώνα. Η λίπανση είναι σημαντικό να προσαρμόζεται στις ειδικές ανάγκες και απαιτήσεις του ελαιώνα, λαμβάνοντας υπόψιν τις εδαφοκλιματικές συνθήκες και τα χαρακτηριστικά του ελαιώνα (πχ αν είναι αρδευόμενος ή μη, την ηλικία των δένδρων, την παραγωγικότητα κ.ά.).

1.7.3 Άρδευση

Αν και το ελαιόδενδρο χαρακτηρίζεται ως ανθεκτικό στην ξηρασία των μεσογειακών χωρών και παραδοσιακά στην Ελλάδα καλλιεργείται υπό ξηρικές συνθήκες, έχει αποδειχθεί η θετική επίδραση της ύπαρξης εδαφικής υγρασίας στην ανάπτυξη του δένδρου και τη βελτίωση της τελικής ποιότητας και παραγωγικότητας (Grattan et al. 2006). Η εφαρμογή ορθολογικής άρδευσης κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής χρονιάς οδηγεί σε εμπορικά αποδεκτού μεγέθους επιτραπέζιες ελιές και αυξάνει την ελαιοπεριεκτικότητα των καρπών στις ελαιοποιήσιμες ποικιλίες (Stefanoudaki et al. 2009). Επίσης, λόγω και της μείωσης της στάθμης του νερού, εφαρμογή βρίσκει και η ελλειμματική άρδευση σε ορισμένα στάδια ανάπτυξης, όπως η σκλήρυνση του πυρήνα, χωρίς να έχει αντίκτυπο στην απόδοση και την ποιότητα αλλά βελτιώνοντας και ορισμένα χαρακτηριστικά (Iniesta et al. 2009).

1.7.4 Διαχείριση των ζιζανίων

Η διαχείριση των ζιζανίων στους ελαιώνες αποσκοπεί κυρίως στη μείωση ανταγωνισμού τους με την καλλιέργεια και τη διατήρηση της βιοποικιλότητας, της δομής και της γονιμότητας του εδάφους. Πιο συγκεκριμένα, με την παρουσία τους στον αγρό υπάρχει ανταγωνισμός με την καλλιέργεια ως προς τα θρεπτικά, το νερό και το φως έχοντας αρνητική επίδραση σ' αυτή. Τα τελευταία χρόνια, πέραν της μηχανικής διαχείρισης με κοπές, ευρεία εφαρμογή για τη διαχείριση των ζιζανίων έχει βρει η σπορά φυτών εδαφοκάλυψης που ανταγωνίζονται τα ζιζάνια και βελτιώνουν παράλληλα με την ενσωμάτωσή τους τη δομή του εδάφους (Michail et al. 2025). Τέλος, η χημική καταπολέμηση προορίζεται μόνο για τοπική χρήση δύσκολων στην εξόντωση ζιζανίων, καθώς η χρήση των ζιζανιοκτόνων επιφέρει αρνητικά αποτελέσματα για το περιβάλλον.

1.7.5 Διαχείριση των εχθρών

Ο Δάκος της ελιάς αποτελεί τον πιο σημαντικό εχθρό της καλλιέργειας, αφού οδηγεί σε ποσοτική και ποιοτική υποβάθμιση των ελαιόκαρπων. Τα επίπεδα προσβολής διαφέρουν από ποικιλία σε ποικιλία, ενώ τα θηλυκά φαίνεται να προτιμούν τους μεγαλύτερους καρπούς για ωοτοκία. Έτσι, για τη διαχείριση της προσβολής από

τον Δάκο, προτιμάται η χρήση των ευπαθών ποικιλιών για την πρόωμη ανίχνευσή του, η μαζική παγίδευση με την προσέλκυση των ενήλικων εντόμων, η εξαπόλυση φυσικών εχθρών και δευτερευόντως η χημική φυτοπροστασία (Gerantonakis et al. 2016).

1.7.6 Διαχείριση των ασθενειών

Η διαχείριση των ασθενειών αποσκοπεί στην υγεία των δένδρων μεμονωμένα αλλά και του ελαιώνα γενικά. Ο πιο κοινός παθογόνος μύκητας στην καλλιέργεια της ελιάς είναι ο *Verticillium dahliae*, που οδηγεί στη μερική ή ολική ξήρανση του δένδρου καθώς φράσσει τα αγγεία του ξύλου. Για τον περιορισμό του συνίσταται η χρήση ανθεκτικών ποικιλιών, η ενίσχυση του μικροβιώματος του εδάφους κοντά στη ριζόσφαιρα για φυσική αντίσταση και η ηλιοαπολύμανση (Ostos et al. 2020). Επιπλέον, κοινή είναι η καρκίνωση που προκαλείται από το βακτήριο *Pseudomonas savastanoi* pv. *savastanoi*. Ως διαχείριση προτείνεται ο ψεκασμός με χαλκούχα σκευάσματα και η αποφυγή των τραυματισμών (Quesada et al. 2012). Τα τελευταία χρόνια, επίσης, στην ευρωπαϊκή ήπειρο, μεγάλη απειλή των ελαιώνων αποτελεί η ραγδαία εξάπλωση του βακτηρίου *Xylella fastidiosa*. Κύριος τρόπος μετάδοσής του είναι το μολυσμένο πολλαπλασιαστικό υλικό και τα έντομα-φορείς επί το πλείστο της οικογένειας Cicadellidae. Έτσι, η διαχείριση του βακτηρίου εστιάζει στο υγιές φυτικό υλικό και στην καταπολέμηση των εντόμων-φορέων του βακτηρίου (EFSA 2019).

1.8 Θρέψη της ελιάς

Η θρέψη των ελαιόδενδρων είναι κομβικής σημασίας για τη μακροβιότητα του ελαιώνα, για τη διατήρηση της παραγωγικότητας και της υψηλής ποιότητας των καρπών αλλά και για την ανταπόκρισή τους σε συνθήκες βιοτικού και αβιοτικού στρες.

Τα κύρια θρεπτικά στοιχεία που είναι αναγκαία για την καλλιέργεια είναι το άζωτο (N), ο φώσφορος (P), το κάλιο (K) και το βόριο (B) και δευτερευόντως το ασβέστιο (Ca), το μαγνήσιο (Mg), ο σίδηρος (Fe) και ο ψευδάργυρος (Zn). Το N είναι το στοιχείο που υποστηρίζει τη βλαστική ανάπτυξη, τη διαφοροποίηση και διαμόρφωση των ανθοφόρων οφθαλμών, την παραγωγή τέλειων ανθέων και τον περιορισμό της παρενιαυτοφορίας (Θεριός 2015). Ο P είναι σημαντικός κυρίως στα νεαρά δέντρα για την ανάπτυξη ισχυρού ριζικού συστήματος. Το K έχει θετική

επίδραση στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών και το B στην ανθοφορία και την καρπόδεση.

Έτσι, τα ανόργανα λιπάσματα είναι η πιο κοινή εισροή σε έναν ελαιώνα. Εισροές, όμως, είναι και πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν και τα θρεπτικά που περιέχονται στο αρδευτικό νερό, η ενσωμάτωση κοπριάς, κομπόστ και φυτών εδαφοκάλυψης, ο μικροτεμαχισμός με ή χωρίς ενσωμάτωση των κλαδευτικών και η φυσιολογική πτώση των 3 ετών φύλλων. Οι εκροές ενός ελαιώνα, είναι οι καρποί που απομακρύνονται με τη συγκομιδή μαζί με φύλλα, η καύση των κλαδευτικών καθώς και απώλειες στοιχείων μέσω της απορροής, της έκπλυσης και της αεριοποίησης (Kavvadias et al. 2018). Όταν δεν πραγματοποιείται καύση των κλαδευτικών αλλά επιστροφή τους στο έδαφος, τότε αποτελούν εισροή θρεπτικών στοιχείων στον ελαιώνα και βοηθούν στη διατήρηση της καλής θρεπτικής κατάστασης των ελαιόδενδρων. Ετησίως φαίνεται να απομακρύνονται με τη συγκομιδή και το κλάδεμα από έναν ελαιώνα έκτασης 1 στρέμματος: 5,5 kg N, 0,7 kg P, 4,5 kg K και 5,8 kg Ca (Fernández-Escobar et al. 2015).

Παρόλο που η ελιά στην Ελλάδα καλλιεργείται συχνά σε φτωχά εδάφη και λιτοδίαιτα, στην πραγματικότητα λόγω των μεγάλων εκροών που έχει, είναι αρκετά απαιτητική κυρίως σε N. Αυτό γιατί μεγάλη ποσότητα αζώτου απομακρύνεται με το κλάδεμα και κατά τη συγκομιδή λόγω του ενδοκαρπίου. Άλλα στοιχεία μπορούν να μην εφαρμοστούν σε ετήσια βάση, εκτός κι αν παρατηρηθεί έλλειψη ή στην περίπτωση των αμμωδών εδαφών που πρέπει να προστίθεται K κάθε χρόνο (Rodriguez et al. 2012).

Κατά τη διάρκεια μιας καλλιεργητικής χρονιάς υπάρχουν ορισμένα κρίσιμα στάδια της καλλιέργειας για επάρκεια των στοιχείων N, K και B. Κατά το τέλος του χειμώνα με αρχές της άνοιξης, όταν εκπτύσσεται η νέα βλάστηση και διαμορφώνονται οι ανθοφόροι οφθαλμοί, θα πρέπει να υπάρχει επάρκεια σε N. Πριν και κατά την άνθιση σημαντική είναι η επάρκεια σε N και B, ενώ κατά την καρπόδεση, την πρώτη φάση ανάπτυξης του ελαιόκαρπου και κατά τη διαφοροποίηση των ανθοφόρων οφθαλμών η επάρκεια σε N. Τέλος, κατά την ωρίμανση πρέπει να επαρκεί το K για την αύξηση της ελαιοπεριεκτικότητας του καρπού.

Ένα από τα στοιχεία που πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν κατά τον προγραμματισμό της λίπανσης είναι η θρεπτική κατάσταση των φύλλων. Έτσι, πρέπει

να γίνεται ανάλυση των φύλλων σε περιόδους που η συγκέντρωση των θρεπτικών είναι σταθερή, δηλαδή είτε τον Ιούλιο είτε λίγες βδομάδες μετά τη συγκομιδή λαμβάνοντας φύλλα του ίδιου έτους. Οι Fernández-Escobar και Molina-Soria (2012) σε δειγματοληψία φύλλων ελιάς τον Ιούλιο προτείνουν εκφρασμένα σε ποσοστό % ξηρής ουσίας ως όρια επάρκειας του N 1,5-2,0%, ενώ ο Fernández-Escobar (2018) για τον P 0,1-0,2%, το K 0,8-1,5% και το B 20-100 ppm.

1.9 Η επίδραση της θρέψης στην παραγωγικότητα των ελαιώνων και στην ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων

Η θρέψη αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για τη μακροχρόνια διατήρηση της παραγωγικότητας του ελαιώνα, την παραγωγή υψηλής ποιότητας προϊόντων και την επιτυχή διαχείριση στρεσογόνων για το δένδρο παραγόντων. Έτσι, ο ισορροπημένος εφοδιασμός με τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία στο κατάλληλο στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας διασφαλίζει την ευρωστία του δένδρου και των καρπών.

Για την καλλιέργεια της ελιάς, το N θεωρείται το πιο σημαντικό θρεπτικό στοιχείο, καθώς η έλλειψή του οδηγεί σε περιορισμένη βλαστική ανάπτυξη και μειωμένη ανθοφορία και καρπόδεση. Υπερλίπανση με N δε συνεισφέρει επιπλέον θετικά στην καλλιέργεια, παρά αυξάνει υπερβολικά τη ζωνρότητα των δένδρων και τον ανταγωνισμό βλάστησης-ανθοφορίας και υποβαθμίζει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του παραγόμενου ελαιόλαδου, καθώς καθυστερεί και την ωρίμανση των καρπών (Fernández-Escobar et al. 2006). Συγκεκριμένα, μειώνει τη συγκέντρωση των φαινολών και αυξάνει τον ρυθμό της οξείδωσης, επηρεάζοντας τον οργανοληπτικό χαρακτήρα και τον χρόνο συντήρησης-αποθήκευσης του ελαιόλαδου (Pascual et al. 2019).

Το K είναι σημαντικό στοιχείο καθώς η έλλειψή του συνδέεται με μειωμένη συσσώρευση ελαιόλαδου και ποιοτικά υποβαθμισμένους καρπούς, ενώ πιο σοβαρή έλλειψη μπορεί να οδηγήσει σε φυλλόπτωση και σε σημαντική μείωση της απόδοσης αν για πάνω από 3 χρόνια δε συμπεριληφθεί στο πρόγραμμα λίπανσης (Haberman et al. 2019).

Από τα ιχνοστοιχεία, μεγάλη είναι η σημαντικότητα του B, καθώς με την έλλειψή του παρατηρείται μείωση της καρπόδεσης και της διαφοροποίησης των

ανθοφόρων οφθαλμών το καλοκαίρι, καρπόπτωση και παραμόρφωση των καρπών (Θεριός 2015).

1.10 Ορθολογική λίπανση της ελιάς

Με την ορθολογική λίπανση ενός ελαιώνα επιτυγχάνεται η υψηλή απόδοση και η βιωσιμότητά του χωρίς να επιβαρύνονται το περιβάλλον και ο παραγωγός με τις περιττές εισροές. Ως βάση έχει την παροχή των απαραίτητων για την καλλιέργεια θρεπτικών στοιχείων στο κατάλληλο στάδιο, με την κατάλληλη μέθοδο, μορφή και ποσότητα. Ο σχεδιασμός της, δηλαδή, βασίζεται στις πραγματικές ανάγκες της καλλιέργειας σε θρεπτικά στοιχεία, στην εξισορρόπηση των εισροών-εκροών του αγρού λαμβάνοντας υπόψιν τις αναλύσεις εδάφους, φύλλων και του αρδευτικού νερού, την απομάκρυνση καρπών και φύλλων κατά τη συγκομιδή, την επιστροφή ή μη των κλαδευτικών, τη μακροσκοπική παρατήρηση και τη φυσιολογική φυλλόπτωση των 3 ετών φύλλων.

Πέραν της ανόργανης λίπανσης με την οποία προστίθενται στοχευμένα τα κύρια θρεπτικά στοιχεία N, P, K και B που είναι αναγκαία για την ελαιοκαλλιέργεια, στην ορθολογική λίπανση συμμετέχουν και άλλες οργανικής προέλευσης μέθοδοι προσθήκης θρεπτικών που έχουν θετική επίδραση ταυτόχρονα στο έδαφος και τα δένδρα. Συχνά απαντώνται τα φυτά εδαφοκάλυψης τα οποία με την ενσωμάτωσή τους στο έδαφος παρέχουν κυρίως N στην καλλιέργεια και αυξάνουν το μικροβίωμα του εδάφους. Επιπλέον, με την προσθήκη κοπριάς ή κομπόστ αυξάνεται η οργανική ουσία του εδάφους και βελτιώνεται η δομή του, παρέχοντας τα θρεπτικά και το νερό πιο αποδοτικά στο ελαιόδενδρο (Kavvadias and Koubouris 2019).

Πιο συγκεκριμένα, αφού η ελαιοκαλλιέργεια εντοπίζεται και ως ξηρική και ως αρδευόμενη, θα πρέπει η ύπαρξη ή μη άρδευσης να συμπεριλαμβάνεται ως παράμετρος κατά τον προγραμματισμό της λίπανσης. Αυτό γιατί οι συγκεντρώσεις ορισμένων θρεπτικών στοιχείων στα φύλλα όπως το K και ο P φαίνεται να έχουν θετική συσχέτιση με τα επίπεδα άρδευσης, ενώ η συγκέντρωση στοιχείων όπως το N αρνητική συσχέτιση (Zipori et al. 2015). Έτσι, ορθά προτιμάται η διαφυλλική εφαρμογή K στους ξηρικούς ελαιώνες για την άμεση πρόσληψη μέσω του φυλλώματος, καθώς με την προσθήκη του από το έδαφος, λόγω την έλλειψης υγρασίας, η δυνατότητα αφομοίωσης είναι μικρή και ο ρυθμός απώλειας του λιπάσματος μεγάλη (Restrepo-Díaz et al. 2008).

Πέραν αυτών, η ορθολογική λίπανση στοχεύει και στην περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση και τη μείωση των επιπτώσεων στους φυσικούς οργανισμούς από την αγροτική εκμετάλλευση. Γι' αυτό η προσθήκη N προτείνεται σε περίπτωση ανεπάρκειας, ύστερα από ανάλυση της θρεπτικής κατάστασης των φύλλων, για να αποφεύγεται η ρύπανση του εδάφους και του υδροφόρου ορίζοντα από την έκλυση των νιτρικών και η εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου (FAO 2019).

1.11 Οφέλη της οργανικής λίπανσης για τις καλλιέργειες και την ελιά

Μετά την πολυετή χρήση αλόγιστων ποσοτήτων ανόργανων λιπασμάτων και τις επιπτώσεις που έχει επιφέρει τόσο στο περιβάλλον όσο και στην υγεία των καταναλωτών, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει στραφεί στην προσέγγιση μιας πιο φιλοπεριβαλλοντικής πρακτικής προάγοντας τη βιολογική γεωργία. Συγκεκριμένα, έχει θεσπίσει ως στόχο μέχρι το 2030, η έκταση των βιολογικών αγροτεμαχίων της ηπείρου να προσεγγίσει το 25% των συνολικών καλλιεργούμενων εκτάσεων (European Court of Auditors 2024). Βασικές αρχές για την επίτευξη του στόχου είναι ταυτόχρονα η υγεία του εδάφους και η ανακύκλωση των θρεπτικών μέσω της χρήσης οργανικών λιπασμάτων.

Σύμφωνα με τον κανονισμό 2019/2009 της Ε.Ε., τα οργανικά λιπάσματα είναι φυτικής ή ζωικής προέλευσης υλικά, τα οποία ύστερα από τη διάσπασή τους από μικροοργανισμούς του εδάφους παρέχουν θρεπτικά απαραίτητα για την ανάπτυξη της καλλιέργειας. Το οργανικό λίπασμα δρα επίσης ως βελτιωτικό της δομής του εδάφους. Αυτό γιατί ανακυκλώνοντας τα διαθέσιμα οργανικά υλικά ενός ελαιώνα, ιδιαίτερα ενόψει της κλιματικής κρίσης, όπως για παράδειγμα τα υπολείμματα του κλαδέματος, βοηθά στην αποθήκευση άνθρακα στο έδαφος, βελτιώνοντας τη γονιμότητά του (Michalopoulos et al. 2020). Επιπλέον, επωφελείται η μικροβιακή δραστηριότητα και η συγκράτηση και διάθεση στην καλλιέργεια των θρεπτικών και του νερού, αλλά και προλαμβάνεται η διάβρωση του εδάφους στις επικλινείς εκτάσεις.

Εγκεκριμένα σκευάσματα για χρήση ως βιολογικά βελτιωτικά και λιπάσματα, με βάση τον κανονισμό 2018/848 της Ε.Ε., είναι ενδεικτικά: α) η κομποστοποιημένη κοπριά υπό κατάλληλες συνθήκες υγιεινής, β) το κομπόστ, γ) τα οστεάλευρα, δ) τα χουμικά και φουλβικά οξέα, ε) τα εκχυλίσματα φυκιών και στ) οι μικροοργανισμοί

εδάφους. Τα παραπάνω επιτρέπονται όταν προέρχονται από πιστοποιημένες βιολογικές φάρμες και εγκεκριμένες διεργασίες.

Η κοπριά διάφορων ζώων είναι η πιο κοινή προσθήκη οργανικής ουσίας στους ελληνικούς ελαιώνες. Η χρήση της βελτιώνει το εδαφικό pH στην περίπτωση των αλκαλικών εδαφών, το πορώδες του εδάφους, τη συγκράτηση της εδαφικής υγρασίας και τη μικροβιακή δραστηριότητα (Chatzistathis et al. 2021). Πέραν της κοπριάς, ευρεία είναι και η χρήση κομπόστ, φυτικής και ζωικής προέλευσης ή ανάμιξης αυτών, ή ακόμα και από οικιακά και βιομηχανικά απόβλητα. Έτσι, προωθείται η κυκλική οικονομία και η ‘zero waste’ νοοτροπία, προσθέτοντας ταυτόχρονα θρεπτικά στην καλλιέργεια και εμπλουτίζοντας την οργανική ύλη του εδάφους. Σύμφωνα με τους Lozano de Sosa et al. (2023), η χρήση κομπόστ σε εντατικούς ελαιώνες υπέρπυκνης φύτευσης είναι ένα εργαλείο που κάνει αποτελεσματικό το καθεστώς της ελλειμματικής άρδευσης, προσαρμόζοντας την καλλιέργεια στις συνθήκες των μειωμένων υδάτινων πόρων λόγω της κλιματικής αλλαγής, μειώνοντας ταυτόχρονα την ανάγκη χρήσης ανόργανων λιπασμάτων.

1.12 Η χρήση των υπολειμμάτων εκτροφής εντόμων στη λίπανση των καλλιεργειών

Η προσέγγιση της Ε.Ε. για τη γεωργία όσο αφορά την εναλλακτική θρέψη των καλλιεργειών σε συνδυασμό με την αξιοποίηση αποβλήτων οργανικής προέλευσης, οδήγησε στην εξεύρεση πηγών μεγάλης θρεπτικής αξίας για τα φυτά. Ένα από αυτά τα πολύ υποσχόμενα υλικά είναι τα υπολείμματα εκτροφής εντόμων (insect frass ή frass), τα οποία αποτελούνται από τα αποχωρήματα των εντόμων, τα υπολείμματα του υποστρώματος εκτροφής τους, τους εξωσκελετούς από την έκδυση των προνυμφών και τις νεκρές προνύμφες (European Commission 2021).

Αποτελεί ένα οργανικό λίπασμα και βελτιωτικό του εδάφους που προάγει την υγεία του εδάφους και την ανάπτυξη και παραγωγικότητα των καλλιεργειών. Επιπλέον, λόγω της χιτίνης από την οποία αποτελούνται οι εξωσκελετοί και περιέχεται στο frass, επάγεται η άμυνα των φυτών έναντι βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων καταπόνησης (Rumbos et al. 2025).

Αρχικά το frass θεωρούνταν παραπροϊόν από την παραγωγή ζωοτροφών το οποίο δεν αξιοποιούνταν. Ύστερα, με την προώθηση της βιωσιμότητας, μελετήθηκε και βρέθηκε ότι είναι πλούσιο σε οργανική ουσία και ότι θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό στη γεωργία και θεωρήθηκε υποπροϊόν της βιομηχανίας. Σήμερα το frass εξάγεται ως κύριο προϊόν από τη βιομηχανία λόγω της αύξησης της βιολογικής γεωργίας και της ευαισθητοποίησης προς το περιβάλλον. Η μαζική εκτροφή των εντόμων γίνεται καθετοποιημένα, πλήρως ελεγχόμενα και χωρίς την απαίτηση αρχικά μεγάλου κόστους εγκατάστασης. Επίσης, στην εκτροφή τους μπορούν να ενταχθούν βιομηχανικά υποπροϊόντα φυτικής προέλευσης ενισχύοντας την κυκλική οικονομία, μειώνοντας τα απόβλητα και ανακυκλώνοντας θρεπτικά (Ayompe et al. 2025). Κατά την παραγωγή του frass δεν καταναλώνονται σημαντικές ποσότητες νερού και ενέργειας για την ανάπτυξη των εντόμων, ενώ ταυτόχρονα εκπέμπονται μειωμένες ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου (Muñoz-Seijas et al. 2025).

Ως λίπασμα συνεισφέρει σημαντικές ποσότητες θρεπτικών στην καλλιέργεια και συνεπώς μπορεί να αντικαταστήσει το N σε βιολογικές καλλιέργειες και μη ανανεώσιμα στοιχεία, όπως ο P, που εμπεριέχονται στα ανόργανα λιπάσματα. Έτσι, μειώνεται η χρήση τους και οι αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις που επιφέρουν και προωθείται η χρήση πιο ουδέτερων προς το περιβάλλον μορφών παροχής θρεπτικών.

1.13 Σκοπός της εργασίας

Σκοπός αυτής της πτυχιακής εργασίας ήταν η εναλλακτική διαχείριση της λίπανσης σε δύο ποικιλίες ελιάς, την Καλαμών εντατικής φύτευσης και την Κορωνέικη i-38 υπέρπυκνης φύτευσης. Απώτερος σκοπός ήταν η ισορροπημένη θρέψη της ελιάς, η ενίσχυση της αντοχής των ελαιόδενδρων στη θερμική και υδατική καταπόνηση κατά τους θερινούς μήνες και η βελτίωση της παραγωγικότητάς τους. Για τον σκοπό αυτό, εφαρμόστηκαν δύο προγράμματα λίπανσης: α) ένας συνδυασμός επιφανειακής λίπανσης με το εδαφοβελτιωτικό υπολειμμάτων εκτροφής του εντόμου *Alphitobius diaperinus*, θεικού καλίου, βόρακα και διαφυλλικής εφαρμογής βορίου και βιοδιεγερτών, και β) ένας συνδυασμός επιφανειακής ανόργανης λίπανσης με άζωτο, θεικό κάλιο, βόρακα και διαφυλλικής εφαρμογής βορίου και βιοδιεγερτών. Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν περιλάμβαναν τον συνολικό αριθμό ανθέων και

τον αριθμό τέλειων ανθέων ανά ταξιανθία, την καρπόδεση, τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά των φύλλων, την ποιότητα του ελαιόκαρπου, την ελαιοπεριεκτικότητα και την παραγωγή των ελαιόδενδρων.

2. Υλικά και Μέθοδοι

2.1 Περιγραφή πειραματικού ελαιώνα

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στον Ελαιώνα της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Φυτόκο Μαγνησίας (Εικ. 2.1). Στον ελαιώνα βρίσκονται εγκατεστημένες πέντε διαφορετικές ποικιλίες ελιάς και για την εκπόνηση του πειράματος επιλέχθηκαν οι ποικιλίες Καλαμών και Κορωνέικη i-38. Τα ελαιόδενδρα της ποικιλίας Καλαμών ήταν ηλικίας 4 ετών, εμβολιασμένα σε υποκείμενο αγριελιάς, διαμορφωμένα σε κυπελλοειδές σχήμα και σε αποστάσεις φύτευσης 5 m x 5 m (Εικ. 2.2). Τα ελαιόδενδρα της ποικιλίας Κορωνέικη του κλώνου i-38 που επιλέχθηκαν ήταν 4 ετών, αυτόρριζα, διαμορφωμένα ως μονόκλωνα, υπέρπυκνης φύτευσης με αποστάσεις 1,2 m επί της γραμμής (Εικ. 2.3). Τα δένδρα ήταν αρδευόμενα με δύο σταλάκτες παροχής 40 L h⁻¹ ανά δένδρο. Η άρδευση γινόταν μία φορά την εβδομάδα για δύο ώρες από τον Μάιο έως τον Σεπτέμβριο, εκτός από ένα διάστημα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες λόγω μιας βλάβης που προέκυψε στο δίκτυο άρδευσης. Η διαχείριση των ζιζανίων γινόταν μηχανικά με κοπές από τον Μάιο έως τον Ιούλιο. Επίσης, και στις δύο ποικιλίες πραγματοποιήθηκε ελαφρύ κλάδεμα διαμόρφωσης με μικρές επεμβάσεις για τη διατήρηση του κυπελλοειδούς και μονόκλωνα σχήματος αντίστοιχα και κλάδεμα καρποφορίας.

Όσον αφορά τις κλιματικές συνθήκες στην περιοχή του Βόλου, το 2024 χαρακτηρίστηκε από άνυδρο χειμώνα και τον θερμότερο του ελλαδικού χώρου, καθώς από τον Φεβρουάριο ως ακόμα και τον Απρίλιο καταγράφηκαν ασυνήθιστα υψηλές θερμοκρασίες για την εποχή. Επίσης, το καλοκαίρι ήταν πολύ θερμό με δύο παρατεταμένους καύσωνες τον Ιούνιο και τον Ιούλιο, ενώ έως και τη συγκομιδή τον Νοέμβριο οι θερμοκρασίες παρέμειναν υψηλές και δεν προηγήθηκε βροχόπτωση της συγκομιδής. Η μέση ετήσια θερμοκρασία ήταν 18 °C και γενικά επικράτησαν ξηροθερμικές συνθήκες στο μεγαλύτερο μέρος του έτους (EMY 2024).



Εικόνα 2.1. Ελαιώνας της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (λήψη από drone).



Εικόνα 2.2. Ποικιλία Καλαμών εντατικής φύτευσης.



Εικόνα 2.3. Ποικιλία Κορωνέικη i-38 υπέρπυκνης φύτευσης.

2.2 Μεταχειρίσεις του πειράματος

Το πείραμα περιλάμβανε τρεις μεταχειρίσεις ανά ποικιλία: 1) τον μάρτυρα, 2) τη λίπανση με frass σε συνδυασμό με θειικό κάλιο και βόρακα από το έδαφος και διαφυλλική εφαρμογή βιοδιεγερτών και βορίου και 3) την ανόργανη λίπανση με ουρία σε συνδυασμό με θειικό κάλιο και βόρακα από το έδαφος και διαφυλλική εφαρμογή βιοδιεγερτών και βορίου. Η κάθε μεταχείριση αποτελούνταν από πέντε δένδρα-επαναλήψεις. Συγκεκριμένα οι εφαρμογές που πραγματοποιήθηκαν ανά μεταχείριση ήταν οι εξής:

1. **Μάρτυρας:** δεν έγινε καμία εφαρμογή λίπανσης με άζωτο στο έδαφος ή διαφυλλικά, εκτός από την εφαρμογή στο έδαφος θειικού καλίου (200 g ανά δένδρο, δηλαδή 100 g K_2O ανά δένδρο) και βόρακα (100 g ανά δένδρο, δηλαδή 11 g B ανά δένδρο) στις 17 Φεβρουαρίου 2024 και στα μέσα Αυγούστου στο έδαφος εφαρμογή θειικού καλίου στο σημείο άρδευσης σε δύο δόσεις (200 g ανά δένδρο, δηλαδή 100 g K_2O ανά δένδρο.).
2. **Frass:** εφαρμογή frass του εντόμου *Alphitobius diaperinus*, θειικού καλίου και βόρακα στο έδαφος και βορίου και μίγματος βιοδιεγερτών (φύκη, αμινοξέα, Ca+Si) διαφυλλικά.

Το frass που χρησιμοποιήθηκε ήταν από την εκτροφή του εντόμου *Alphitobius diaperinus* σε εγκαταστάσεις του Εργαστηρίου Εντομολογίας του Τμήματος

Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (Εικ. 2.4). Ήταν για ερευνητικούς σκοπούς, καθετοποιημένη παραγωγή βιομηχανικής κλίμακας και η χημική του σύσταση ήταν όπως φαίνεται στον πίνακα παρακάτω:

Υγρασία (%)	N ολικό (%)	Διαθ. K (ppm)	Ολικό K (ppm)	Διαθ. P (ppm)	Ολικός P (ppm)
5	4,69	13685	14725	5819	11386



Εικόνα 2.4. Καθετοποιημένη εκτροφή εντόμων από το Εργαστήριο Εντομολογίας του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Το frass πριν προστεθεί στον αγρό στις 17 Ιανουαρίου 2024 δεν υπέστη κάποια θερμική επεξεργασία, σε αντίθεση με αυτό που προβλεπόταν από την Ε.Ε. Για την ενσωμάτωση του frass ανοίχθηκε αυλάκι στο έδαφος κοντά στη ζώνη άρδευσης (Εικ. 2.5) και για την προσθήκη του στον αγρό χρησιμοποιήθηκε ζυγαριά ακριβείας ώστε να προστεθούν ακριβώς 3 kg frass/δένδρο (Εικ. 2.6).

Το πρόγραμμα λίπανσης που εφαρμόστηκε στη μεταχείριση Frass είχε ως εξής:

Ημερομηνία	Εφαρμογή
-------------------	-----------------

17 Ιανουαρίου 2024	Στο έδαφος 3 kg frass ανά δένδρο στην Καλαμών, οπότε προστέθηκαν 0,15 kg N/δένδρο, και 2 kg frass ανά δένδρο στην Κορωνέικη, οπότε προστέθηκαν 0,10 kg N/δένδρο
17 Φεβρουαρίου 2024	Διαφυλλική εφαρμογή με αμινοξέα Amino 16
17 Φεβρουαρίου 2024	Στο έδαφος θειικό κάλιο (200 g ανά δένδρο, δηλαδή 100 g K ₂ O ανά δένδρο) και βόρακα (100 g ανά δένδρο, δηλαδή 11 g B ανά δένδρο)
20 ημέρες πριν την άνθιση	Διαφυλλική εφαρμογή με αμινοξέα Amino 16 και B με Boramide + Mo
Τέλος Απριλίου πριν την άνθιση (στο κρόκιασμα)	Διαφυλλική εφαρμογή με αμινοξέα Amino 16
Τέλη Μαΐου στο νεαρό καρπίδιο	Διαφυλλική εφαρμογή με αμινοξέα Amino 16, φύκη, Gravitall Force
Μέσα Ιουνίου	Διαφυλλική εφαρμογή με φύκη, Gravitall Force
Μέσα Αυγούστου	Στο έδαφος θειικό κάλιο στο σημείο άρδευσης σε δύο δόσεις (200 g ανά δένδρο, δηλαδή 100 g K ₂ O ανά δένδρο)



Εικόνα 2.5. Προετοιμασία εδάφους για την ενσωμάτωση του frass. **Εικόνα 2.6.** Χρήση ζυγαριάς ακριβείας και κουβά για την προσθήκη frass.

3. **Ανόργανη λίπανση:** εφαρμογή ουρίας, θειικού καλίου και βόρακα στο έδαφος και βορίου και μίγματος βιοδιεγερτών (φύκη, αμινοξέα, Ca+Si) διαφυλλικά.

Το πρόγραμμα λίπανσης που εφαρμόστηκε στη μεταχείριση Ανόργανη λίπανση είχε ως εξής:

Ημερομηνία	Εφαρμογή
17 Φεβρουαρίου 2024	Διαφυλλική εφαρμογή με αμινοξέα Amino 16
17 Φεβρουαρίου 2024	Στο έδαφος θειικό κάλιο (200 g ανά δένδρο, δηλαδή 100 g K ₂ O ανά δένδρο) και βόρακα (100 g ανά δένδρο, δηλαδή 11 g B ανά δένδρο)
12 Μαρτίου 2024	Στο έδαφος ουρία (330 g ουρίας ανά δένδρο, δηλαδή 150 g N ανά δένδρο)
20 ημέρες πριν την άνθιση	Διαφυλλική εφαρμογή με αμινοξέα Amino 16 και B με Boramide + Mo
Τέλος Απριλίου πριν την άνθιση (στο κρόκισμα)	Διαφυλλική εφαρμογή με αμινοξέα Amino 16
Τέλη Μαΐου στο νεαρό καρπίδιο	Διαφυλλική εφαρμογή με αμινοξέα Amino 16, φύκη, Gravitall Force
Μέσα Ιουνίου	Διαφυλλική εφαρμογή με φύκη, Gravitall Force
Μέσα Αυγούστου	Στο έδαφος θειικό κάλιο στο σημείο άρδευσης σε δύο δόσεις (200 g ανά δένδρο, δηλαδή 100 g K ₂ O ανά δένδρο)

Οι διαφυλλικές εφαρμογές των μεταχειρίσεων Frass και Ανόργανης λίπανσης περιλάμβαναν τον ψεκασμό των δένδρων μέχρι απορροής με το σκεύασμα Gravitall Force SC [35% w/v Διοξείδιο του Πυριτίου (SiO₂): 35% w/v Οξείδιο του Ασβεστίου (CaO)] σε δοσολογία 2% v/v, με σκεύασμα φυκών σε δοσολογία 0,4% v/v (100% από το στέλεχος *Ascophyllum nodosum*) και με το σκεύασμα αμινοξέων Amino 16 (33% οργανική ουσία, 3% ολικό άζωτο και 11,3% ελεύθερα L-αμινοξέα) σε δοσολογία 0,6% v/v. Η διαφυλλική εφαρμογή B έγινε με το σκεύασμα Boramide + Mo (B 11% w/w, Mo 0,03 % w/w) σε δοσολογία 0,2% v/v.

2.3 Μετρήσεις στον αγρό

2.3.1 Αναπτυξιακές μετρήσεις φετινής βλάστησης

Στις 18/04/2024 επισημάνθηκαν με κορδέλες από δύο εύρωστοι, καλά φωτιζόμενοι βλαστοί νότιας κατεύθυνσης ανά δένδρο σε κάθε μεταχείριση των δύο ποικιλιών, με σκοπό τη μέτρηση της νεοεκπυσσόμενης βλάστησης (Εικ. 2.7). Οι μετρήσεις έλαβαν χώρα με τη χρήση ενός χάρακα στις 25/04/2024, στη 01/07/2024 και στις 18/12/2024.



(α)



(β)



(γ)



(δ)



(ε)



(στ)

Εικόνα 2.7. Επισήμανση βλαστών της ποικιλίας Καλαμών (α) με μπλε του Μάρτυρα, (β) με μαύρο του Frass, (γ) με κόκκινο της Ανόργανης λίπανσης, και της ποικιλίας Κορωνέικη i-38 (δ) με μπλε του Μάρτυρα, (ε) με μαύρο του Frass, (στ) με κόκκινο της Ανόργανης λίπανσης.

2.3.2 Μέτρηση πυκνότητας ανθοφορίας και καρπώδεσης

Στις 18/04/2024 μετρήθηκαν στους δύο επισημασμένους βλαστούς ανά δένδρο της κάθε μεταχείρισης των δύο ποικιλιών, ο αριθμός των ταξιανθιών και ο αριθμός των ανθέων σε τρεις ταξιανθίες ανά βλαστό. Αργότερα στη 01/07/2024 μετρήθηκε ο αριθμός των καρπιδίων ανά ταξικαρπία, σε τρεις ταξικαρπίες στους δύο επισημασμένους βλαστούς (Εικ. 2.8).



(α)



(β)



(γ)



(δ)



(ε)



(στ)

Εικόνα 2.8. Μέτρηση των καρπιδίων της ποικιλίας Καλαμών της μεταχείρισης (α) του Μάρτυρα, (β) του Frass (γ) της Ανόργανης λίπανσης, και της ποικιλίας Κορωνέικη i-38 της μεταχείρισης (δ) του Μάρτυρα, (ε) του Frass, (στ) της Ανόργανης λίπανσης.

2.3.3 Μέτρηση της παραγωγής ανά δένδρο

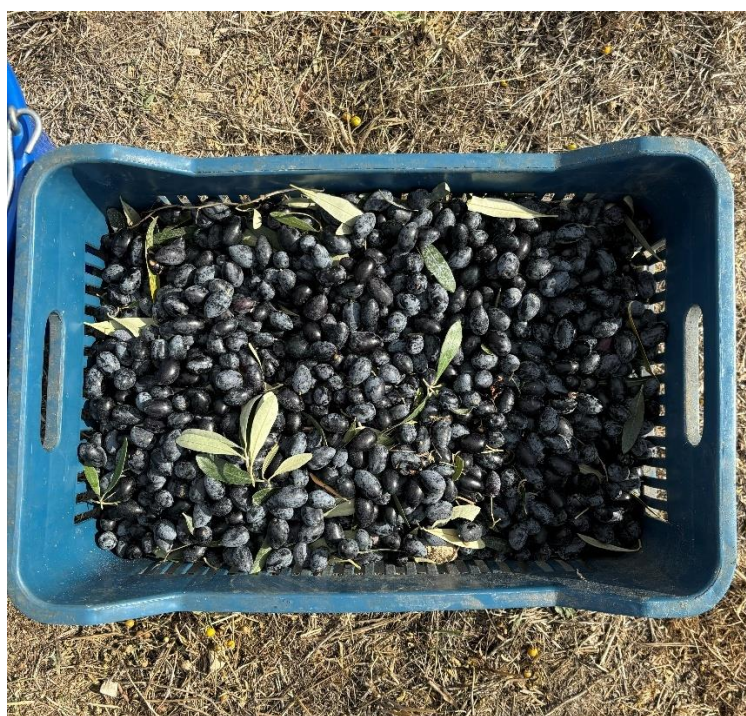
Στις 07/11/2024 έγινε η συγκομιδή των ελαιόκαρπων και με τη χρήση μιας ηλεκτρονικής ζυγαριάς και ενός κουβά μετρήθηκε η παραγωγή σε kg ανά δένδρο (Εικ. 2.9). Η συγκομιδή έγινε με τη βοήθεια χτενιών και ειδικών πανιών που απλώνονταν κάτω από την κόμη των δένδρων (Εικ. 2.10), ενώ ύστερα οι ελαιόκαρποι αποθηκεύονταν σε σακιά ή σε πλαστικά κιβώτια ώστε να μεταφερθούν στο ελαιουργείο (Εικ. 2.11).



Εικόνα 2.9. Μέτρηση της παραγωγής ανά δένδρο κατά τη συγκομιδή.



Εικόνα 2.10. Καρποί στο ελαιόπανο κατά τη συγκομιδή των καρπών ποικιλίας Κορωνέικη i-38.



Εικόνα 2.11. Κατά τη συγκομιδή των καρπών ποικιλίας Καλαμών.

2.4 Μετρήσεις στο εργαστήριο

2.4.1 Μετρήσεις φυσιολογικών χαρακτηριστικών των φύλλων

Από το μέσο των ετήσιων βλαστών περιμετρικά της κόμης του κάθε δένδρου συλλέχθηκαν ξεχωριστά σε σακουλάκια 12 φύλλα ανά επανάληψη κάθε μεταχείρισης των δυο ποικιλιών και μεταφέρθηκαν στο Εργαστήριο Δενδροκομίας, ώστε να πραγματοποιηθούν οι ακόλουθες μετρήσεις:

Αρχικά, μετρήθηκε η συγκέντρωση των φωτοσυνθετικών χρωστικών των φύλλων. Για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των φύλλων σε χλωροφύλλη α (χλωρ. α), χλωροφύλλη β (χλωρ. β), ολική χλωροφύλλη (ολική χλωρ.) και ολικά καροτενοειδή, εφαρμόστηκε η φασματοφωτομετρική μέθοδος εξαγωγής με αιθανόλη 95%, όπως περιγράφεται από τον Lichtenthaler (1987). Από τα έξι φύλλα ανά επανάληψη κάθε μεταχείρισης, λήφθηκαν με διακορευτή έξι δίσκοι διαμέτρου 6 mm από το έλασμα του φύλλου, τα οποία ζυγίστηκαν σε ζυγό ακριβείας 4 δεκαδικών και αφού τεμαχίστηκαν, τοποθετήθηκαν σε δοκιμαστικό σωλήνα που περιείχε 15 mL 95% αιθανόλης (Εικ. 2.12, Εικ. 2.13). Ύστερα, μεταφέρθηκαν στο υδατόλουτρο για 1 ώρα στους 80 °C έως ότου αποχρωματιστούν και έχοντας προηγηθεί ανακίνηση σε vortex, και μετά σε σκοτεινό χώρο για να φθάσουν σε θερμοκρασία δωματίου. Έπειτα, για την ομογενοποίηση των εκχυλισμάτων επαναλήφθηκε η ανακίνηση σε vortex και ακολούθησε η μέτρηση της απορρόφησης των εκχυλισμάτων φασματοφωτομετρικά σε φασματοφωτόμετρο OPTIZEN POP (UV/VIS Spectrophotometer, Mecasys Co., Ltd) στα μήκη κύματος 665, 649 και 470 nm με τη βοήθεια κρυσταλλικής κυψελίδας (Εικ. 2.14, Εικ. 2.15). Τα μήκη κύματος 665 nm και 649 nm αντιστοιχούν στις απορροφήσεις της χλωροφύλλης α και της χλωροφύλλης β σε αιθανόλη, ενώ η απορρόφηση του εκχυλίσματος στα 470 nm προέρχεται από τα καροτενοειδή.

Για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης του εκχυλίσματος σε χλωροφύλλη α, β και ολική χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω εξισώσεις:

$$\text{Χλωροφύλλη } \alpha = 13,36 \times A_{665} - 5,19 \times A_{649}$$

$$\text{Χλωροφύλλη } \beta = 27,43 \times A_{649} - 8,12 \times A_{665}$$

$$\text{Ολική χλωροφύλλη} = 5,24 \times A_{665} + 22,24 \times A_{649}$$

$$\text{Ολικά καροτενοειδή} = (1000 \times A_{470} - 2,13 \times Ca - 97,64 \times Cb) / 209$$

Η συγκέντρωση των φωτοσυνθετικών χρωστικών χλωροφύλλη α, χλωροφύλλη β, ολική χλωροφύλλη και ολικά καροτενοειδή εκφράστηκε σε $\mu\text{g mL}^{-1}$ αιθανόλης και έπειτα υπολογίστηκε σε mg g^{-1} ξηρού βάρους και σε mg ανά m^2 φύλλου. Στη συνέχεια, υπολογίστηκε και ο λόγος χλωροφύλλης α προς χλωροφύλλη β (χλωρ. α/χλωρ. β).



Εικόνα 2.12. Προετοιμασία των δειγμάτων της ποικιλίας Καλαμών.



Εικόνα 2.13. Προετοιμασία των δειγμάτων της ποικιλίας Κορωνέικη i-38.



Εικόνα 2.14. Τα εκχυλίσματα πριν τη μέτρηση στο φασματοφωτόμετρο.



Εικόνα 2.15. Κατά τη χρήση του φασματοφωτόμετρου.

Ύστερα, μετρήθηκε το ποσοστό % της ξηράς ουσίας του φύλλου (% ΞΟ) και το ειδικό βάρος φύλλου (ΕΒΦ). Για τη μέτρηση του ποσοστού % της ξηράς ουσίας του φύλλου λήφθηκαν με διακορευτή από τα 12 φύλλα της κάθε επανάληψης ανά μεταχείριση των δύο ποικιλιών 12 δίσκοι διαμέτρου 6 mm, από τους οποίους λήφθηκε το νωπό τους βάρος σε ζυγό ακριβείας 4 δεκαδικών (Εικ. 2.16). Στη συνέχεια, αποξηράθηκαν σε φούρνο στους 80 °C και λήφθηκε το ξηρό τους βάρος. Έπειτα, ο υπολογισμός του ποσοστού % ΞΟ του φύλλου έγινε με τον τύπο $\% \Xi\text{Ο} = [(\Xi\text{Β})/(\text{ΝΒ})] \times 100$. Το ειδικό βάρος φύλλου υπολογίστηκε από τον τύπο $\text{ΕΒ}\Phi = (\Xi\text{Β})/(\text{επιφάνεια 12 δίσκων})$ και εκφράστηκε σε g cm^{-2} .



Εικόνα 2.16. Οι 12 δίσκοι ανά επανάληψη ανά μεταχείριση των ποικιλιών Καλαμών και Κορωνέικη i-38.

Αυτές οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στις 16/02/2024 πριν τη λίπανση, στις 04/04/2024 (πριν την άνθιση), στις 24/05/2024 (μετά την άνθιση), στις 23/07/2024 και στις 26/08/2024.

2.4.2 Μέτρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών

Η μέτρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών πραγματοποιήθηκε την 1^η Νοεμβρίου 2024 σε πέντε επαναλήψεις των 10 καρπών ανά μεταχείριση στις δύο ποικιλίες ελιάς και περιλάμβαναν το βάρος καρπού, το βάρος πυρήνα, τον λόγο σάρκας/πυρήνα, τις διαστάσεις καρπού, το σχήμα, το χρώμα φλοιού και το ποσοστό % ξηράς ουσίας περικαρπίου και πυρήνα.

2.4.2.1 Βάρος καρπού και λόγος σάρκας/πυρήνα

Το βάρος καρπού λήφθηκε με τη ζύγιση σε ηλεκτρονική ζυγαριά Kern με δύο δεκαδικά ψηφία (model EW 600-ZM, Balingen, Germany) των 10 καρπών ανά επανάληψη και διαιρώντας με τον αριθμό των καρπών της επανάληψης. Μετά τη ζύγιση των 10 καρπών, αφαιρέθηκαν οι πυρήνες και ζυγίστηκαν. Στη συνέχεια, υπολογίστηκε ο λόγος σάρκας/πυρήνα με τη διαίρεση του βάρους του περικαρπίου προς το βάρος του πυρήνα.

2.4.2.2 Διαστάσεις και σχήμα καρπού

Με το παχύμετρο μετρήθηκαν το μήκος και το πλάτος των καρπών. Υπολογίστηκε ο λόγος μήκος/πλάτος καρπού και ύστερα περιεγράφηκε το σχήμα των καρπών.

2.4.2.3 Χρώμα φλοιού

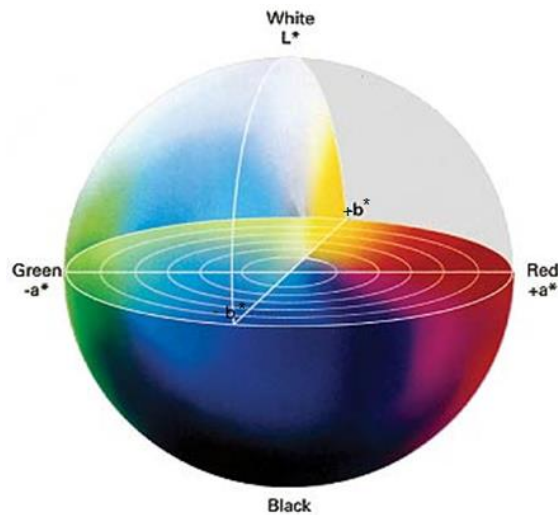
Το χρώμα του φλοιού μετρήθηκε με το χρωματόμετρο Minolta (Model CR-400, Minolta Ltd, Osaka, Ιαπωνία). Οι μετρήσεις χρώματος έγιναν σύμφωνα με το σύστημα μέτρησης CIELAB (CIE 1976, L^* , a^* , b^*) (Σχήμα 2.1). Λαμβανόταν μία μέτρηση ανά καρπό και καταγραφόταν ο μέσος όρος των 10 καρπών ανά επανάληψη. Η μέτρηση του χρώματος αφορούσε τον δείκτη φωτεινότητας L^* και τις παραμέτρους a^* και b^* . Στη συνέχεια, υπολογίζονταν οι παράμετροι καθαρότητας C^* (Chroma) και της απόχρωσης Hue° του χρώματος.

Οι παράμετροι C^* και Hue συνδυάζονται για να προσδιοριστεί το πραγματικό χρώμα σε έγχρωμους καρπούς. Οι παράμετροι υπολογίζονται ως εξής:

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

$$Hue = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

Το C^* είναι μία παράμετρος ανάλογη με την ένταση του χρώματος από το γκρι μέχρι το έγχρωμο. Όσο υψηλότερο είναι το C^* , τόσο πιο έντονο καθαρό χρώμα έχει ο καρπός. Η γωνία Hue° αντιπροσωπεύει την απόχρωση ($Hue^\circ = 0^\circ$ εκφράζει το κόκκινο-μωβ, $Hue^\circ = 90^\circ$ εκφράζει το κίτρινο, $Hue^\circ = 180^\circ$ το μπλε-πράσινο και $Hue^\circ = 270^\circ$ το μπλε) (McGuire 1992).



Σχήμα 2.1. Ο τρισδιάστατος ομοιόμορφος χρωματικός κύκλος CIELAB.

2.4.2.4 Ποσοστό % ξηράς ουσίας περικαρπίου και πυρήνα

Για τη μέτρηση του ποσοστού % ξηράς ουσίας του περικαρπίου του καρπού, ζυγίστηκε το νωπό βάρος 10 τεμαχίων καρπών από τους 10 καρπούς της κάθε επανάληψης. Ακολούθησε η ξήρανση αυτών στον φούρνο στους 80 °C και έπειτα η ζύγιση του ξηρού τους βάρους. Έτσι, υπολογίστηκε το ποσοστό % ξηράς ουσίας του περικαρπίου του καρπού. Ομοίως, για τη μέτρηση του ποσοστού % ξηράς ουσίας του πυρήνα, ζυγίστηκε το νωπό βάρος των 10 πυρήνων από τους 10 καρπούς της κάθε επανάληψης, ακολούθησε η ξήρανση αυτών στον φούρνο στους 80 °C, έπειτα η ζύγιση του ξηρού τους βάρους και τέλος ο υπολογισμός του ποσοστού % ξηράς ουσίας του πυρήνα (Εικ. 2.17).



(α)



(β)



(γ)

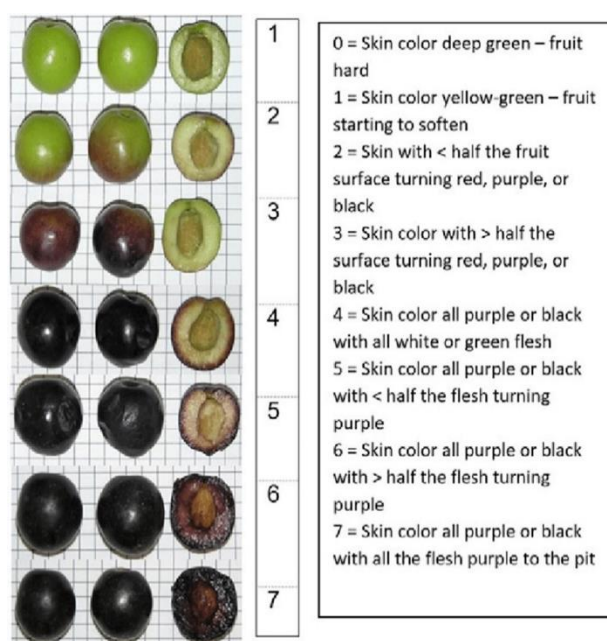


(δ)

Εικόνα 2.17. Μέτρηση του νωπού βάρους περικαρπίου και πυρήνα των καρπών των μεταχειρίσεων των ποικιλιών (α) Κορωνέικη i-38 και (β) Καλαμών και μέτρηση του ξηρού βάρους πυρήνα και περικαρπίου των καρπών των μεταχειρίσεων των ποικιλιών (γ) Κορωνέικη i-38 και (δ) Καλαμών.

2.4.3 Δείκτης ωριμότητας καρπών

Οι ελιές διακρίνονται σε οχτώ κατηγορίες ανάλογα με το χρώμα τους. Για την κατηγοριοποίηση αυτή, συλλέχθηκε δείγμα καρπών συνολικής ποσότητας 2 κιλών από το μέσο της κόμης των δένδρων, αναμείχθηκαν και λήφθηκαν τυχαία 50 καρποί που ταξινομήθηκαν σε 8 κατηγορίες από το 0 έως το 7, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 2.2).

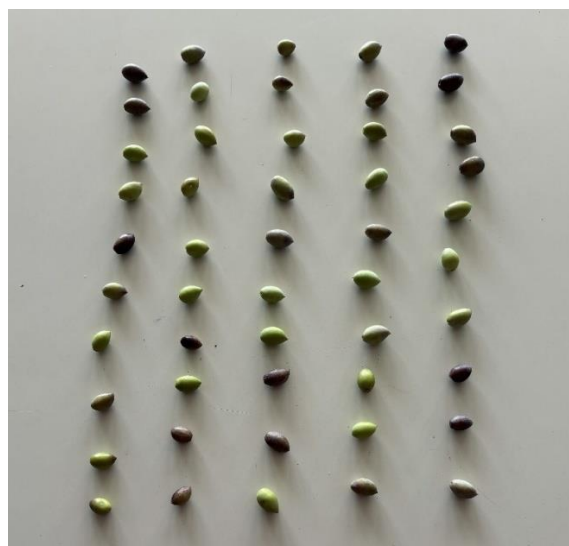


Σχήμα 2.2. Δείκτης ωριμότητας των καρπών με βάση τον χρωματισμό τους.

Ο δείκτης ωριμότητας (maturity index, MI) λαμβάνεται πολλαπλασιάζοντας τον αριθμό των καρπών ανά κατηγορία χρώματος με τον αριθμό της αντίστοιχης ωριμότητας, προσθέτοντας όλους τους αριθμούς μαζί και διαιρώντας κατά 50.



(α)



(β)



(γ)



(δ)



(ε)



(στ)

Εικόνα 2.18. 50 καρποί της ποικιλίας Κορωνέικη i-38 (α) του Μάρτυρα, (β) του Frass, (γ) της Ανόργανης λίπανσης, και της ποικιλίας Καλαμών (δ) του Μάρτυρα, (ε) του Frass, (στ) της Ανόργανης λίπανσης.

2.4.4 Μέτρηση της περιεκτικότητας των καρπών σε ολικά φαινολικά συστατικά

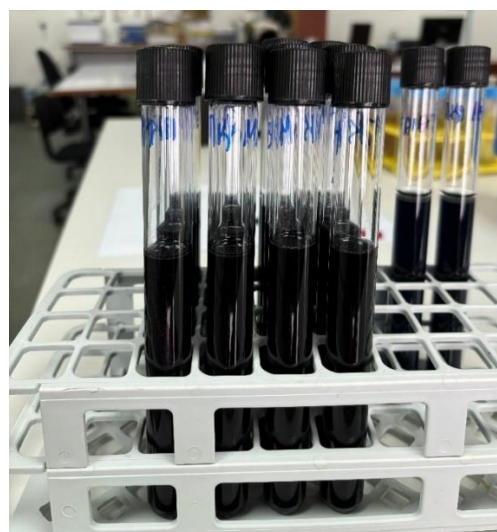
Ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης των ολικών φαινολικών συστατικών στους καρπούς (σάρκα και φλοιός), εκφρασμένα σε mg γαλλικού οξέος ανά g νωπού βάρους καρπού, πραγματοποιήθηκε στις 12 Νοεμβρίου 2024 σύμφωνα με τη μέθοδο των Swain and Hillis (1959) μετά από κάποιες τροποποιήσεις. Αρχικά, για την εκχύλιση των ολικών διαλυτών φαινολικών συστατικών χρησιμοποιήθηκαν 2 g λειοτριβημένου δείγματος φλοιού και σάρκας καρπού ελιάς που ομογενοποιήθηκαν με

20 mL μεθανόλης σε συσκευή Polytron (Kinematika GmbH, Luzern, CH). Στη συνέχεια, προστέθηκαν επιπλέον 20 mL μεθανόλης και το δείγμα παρέμεινε στο σκοτάδι για περίπου 3 ώρες με συνεχή ανάδευση. Ύστερα, το δείγμα φυγοκεντρήθηκε στις 5000g για 10 λεπτά. Το υπερκείμενο υγρό πλύθηκε με 20 mL εξάνιο και στη συνέχεια ακολούθησε η διαδικασία μέτρησης των ολικών διαλυτών φαινολικών συστατικών.

Έτσι, σε δοκιμαστικό σωλήνα προστέθηκαν 2 mL εκχυλίσματος, 2 mL απιονισμένου νερού και 10 mL διαλύματος Folin-Ciocalteu συγκέντρωσης 2 N (αραιωμένο με νερό 1:10). Ακολούθησε ανακίνηση με vortex για μερικά δευτερόλεπτα, στη συνέχεια προστέθηκαν 8 mL διαλύματος 1 N Na_2CO_3 , έγινε ξανά ανακίνηση με vortex και τα δείγματα παρέμειναν για μία ώρα στο σκοτάδι. Έπειτα, έγινε η μέτρηση της απορρόφησης στα 760 nm σε φασματοφωτόμετρο OPTIZEN POP (UV/VIS Spectrophotometer, Mecasys Co., Ltd). Για την κατασκευή της πρότυπης καμπύλης αναφοράς, έγινε μέτρηση της απορρόφησης διαλυμάτων γνωστής συγκέντρωσης γαλλικού οξέος μετά από αραιώσεις πυκνού διαλύματος γαλλικού οξέος (5 mg mL^{-1}) (Εικ. 2.19).



(α)



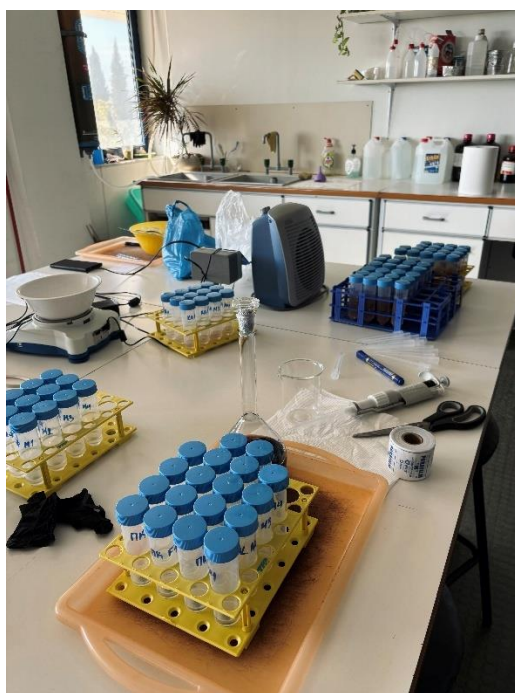
(β)

Εικόνα 2.19. (α) Προετοιμασία για την κατασκευή της πρότυπης καμπύλης, (β) τα δείγματα πριν τη μέτρηση σε φασματοφωτόμετρο.

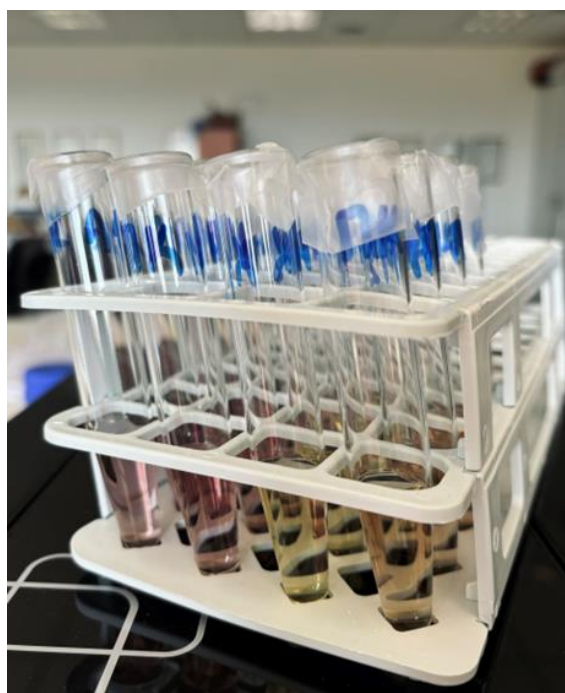
2.4.5 Μέτρηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας των καρπών

Η μέτρηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας της σάρκας και του φλοιού των καρπών έγινε στις 20 Νοεμβρίου 2024 με τη μέθοδο της ελεύθερης ρίζας DPPH (2,2-

diphenyl-1-picrylhydrazyl). Η συνολική αντιοξειδωτική ικανότητα που προσδιορίζεται με τη μέθοδο της ελεύθερης ρίζας DPPH βασίζεται στη μέθοδο των Brand-Williams et al. (1995) μετά από κάποιες τροποποιήσεις. Για τη μέτρηση, προστέθηκαν σε δοκιμαστικό σωλήνα 100 μL από το μεθανολικό εκχύλισμα και 2900 μL DPPH συγκέντρωσης 100 μM . Ακολούθησε ανακίνηση των δειγμάτων με vortex και τοποθετήθηκαν στο σκοτάδι για 30 min, ενώ αμέσως μετά μετρήθηκε η απορρόφησή τους στα 517 nm με το φασματοφωτόμετρο OPTIZEN POP (UV/VIS Spectrophotometer, Mecasys Co., Ltd) έναντι μάρτυρα (100 μL μεθανόλη και 2900 μL DPPH) (Εικ. 2.20). Η αντιοξειδωτική ικανότητα του εκχυλίσματος προσδιορίστηκε με βάση την πρότυπη καμπύλη αναφοράς του L-ασκορβικού οξέος και εκφράστηκε ως ισοδύναμα μmol L-ασκορβικού οξέος ανά g νωπού βάρους καρπού.



(α)



(β)

Εικόνα 2.20. (α) Προετοιμασία των δειγμάτων, (β) τα δείγματα της ποικιλίας Κορωνέικη i-38 πριν τη μέτρηση στο φασματοφωτόμετρο.

2.4.6 Μέτρηση ελαιοπεριεκτικότητας

Ο προσδιορισμός της ελαιοπεριεκτικότητας πραγματοποιήθηκε με εκχύλιση κατά Soxhlet (Ρούσσης και Μπαδέκα 2020) (Εικ. 2.21). Για τον σκοπό αυτό, χρησιμοποιήθηκε ξηρό δείγμα ελαιομάζας ποσότητας περίπου 5-10 g ανά μεταχείριση των δύο ποικιλιών και για την εκχύλιση χρησιμοποιήθηκαν 200 mL εξανίου. Η

ελαιοπεριεκτικότητα εκφράστηκε ως ποσοστό % ελαιόλαδου επί του νωπού βάρους του μεσοκαρπίου.



Εικόνα 2.21. Εκχύλιση κατά Soxhlet των δειγμάτων της ελαιόμαζας.



Εικόνα 2.22. Παραλαβή του ελαιόλαδου μετά την απομάκρυνση του εξανίου με τη χρήση περιστροφικού εξατμιστήρα.



Εικόνα 2.23. Παραλαβή του ελαιόλαδου μετά την εξάτμιση του εξανίου.

2.5 Στατιστική επεξεργασία

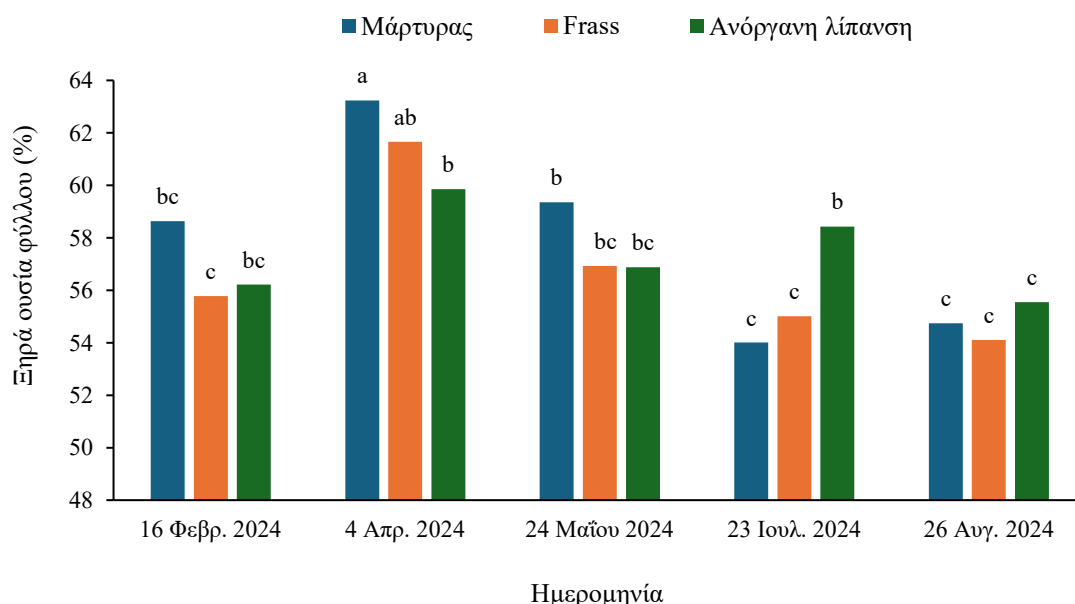
Για τη στατιστική επεξεργασία και την ανάλυση της παραλλακτικότητας των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS (SPSS Statistics for Windows, Version 29.0, IBM Corp., Armonk, NY, USA). Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές με βάση το κριτήριο Tukey ή την Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.

3. Αποτελέσματα

3.1 Ποικιλία Καλαμών

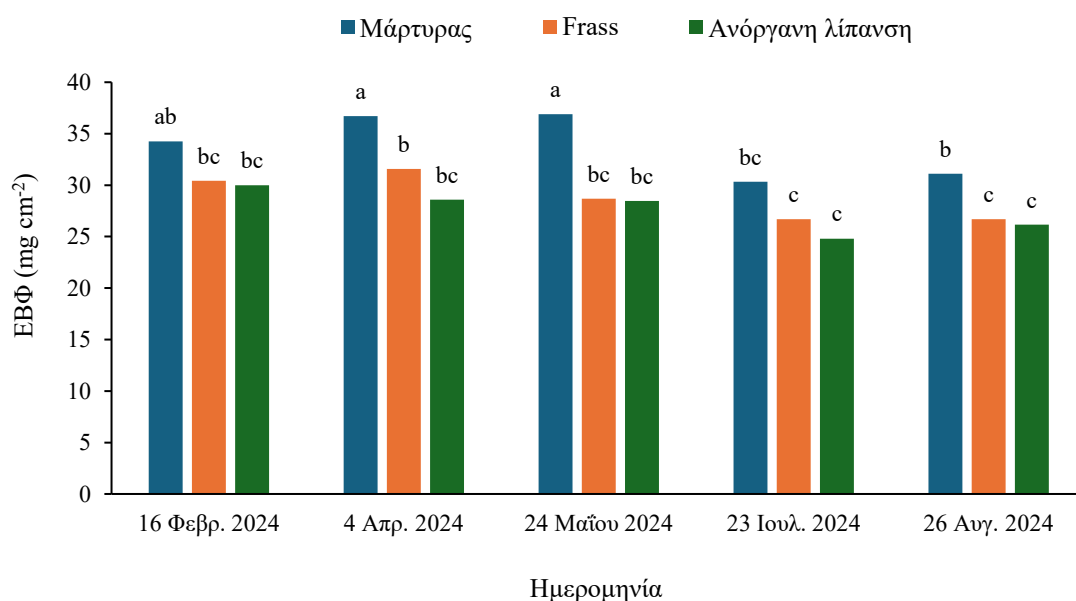
3.1.1 Επίδραση της λίπανσης στα φυσιολογικά χαρακτηριστικά φύλλων ελιάς ποικιλίας Καλαμών

Το ποσοστό % της ξηράς ουσίας των φύλλων των μεταχειρίσεων του Μάρτυρα και του Frass αυξήθηκε από τον Φεβρουάριο ως τον Απρίλιο, μειώθηκε σταδιακά ως τα τέλη Ιουλίου και παρέμεινε σχετικά αμετάβλητο έως τα τέλη Αυγούστου. Στη μεταχείριση της Ανόργανης λίπανσης το ποσοστό % της ξηράς ουσίας των φύλλων δεν παρουσίασε αξιοσημείωτες μεταβολές με την εποχή μέτρησης, ωστόσο στις αρχές Απριλίου παρουσίασε την υψηλότερη τιμή, όπως και οι άλλες μεταχειρίσεις (Διάγραμμα 3.1.1). Όσον αφορά τη σύγκριση μεταξύ των μεταχειρίσεων, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, με εξαίρεση τις αρχές Απριλίου, που η μεταχείριση της Ανόργανης λίπανσης είχε μικρότερο ποσοστό % ξηράς ουσίας φύλλων από τον Μάρτυρα και παρόμοιο με τη μεταχείριση του Frass, και τα τέλη Ιουλίου που η μεταχείριση της Ανόργανης λίπανσης παρουσίασε το υψηλότερο ποσοστό % ξηράς ουσίας φύλλων συγκριτικά με τις άλλες μεταχειρίσεις.



Διάγραμμα 3.1.1. Ποσοστό % ξηράς ουσίας φύλλων των δένδρων ελιάς ποικιλίας Καλαμών των μεταχειρίσεων του Μάρτυρα, του Frass και της Ανόργανης λίπανσης. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν τον μέσο όρο πέντε επαναλήψεων. Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σύμφωνα με το κριτήριο Tukey ($p \leq 0,05$).

Το ΕΒΦ του Frass και της Ανόργανης λίπανσης παρέμεινε παρόμοιο από τον Φεβρουάριο ως τον Αύγουστο. Αντίθετα, το ΕΒΦ του Μάρτυρα παρέμεινε σταθερό από τον Φεβρουάριο ως τον Μάιο και ύστερα ως τον Ιούλιο μειώθηκε και παρέμεινε σταθερό ως τον Αύγουστο. Γενικά, του Μάρτυρα παρέμεινε πιο υψηλό από τις δύο άλλες μεταχειρίσεις σε όλη την πειραματική περίοδο με τη διαφορά να είναι στατιστικά σημαντική τον Απρίλιο, τον Μάιο και τον Αύγουστο (Διάγραμμα 3.1.2).

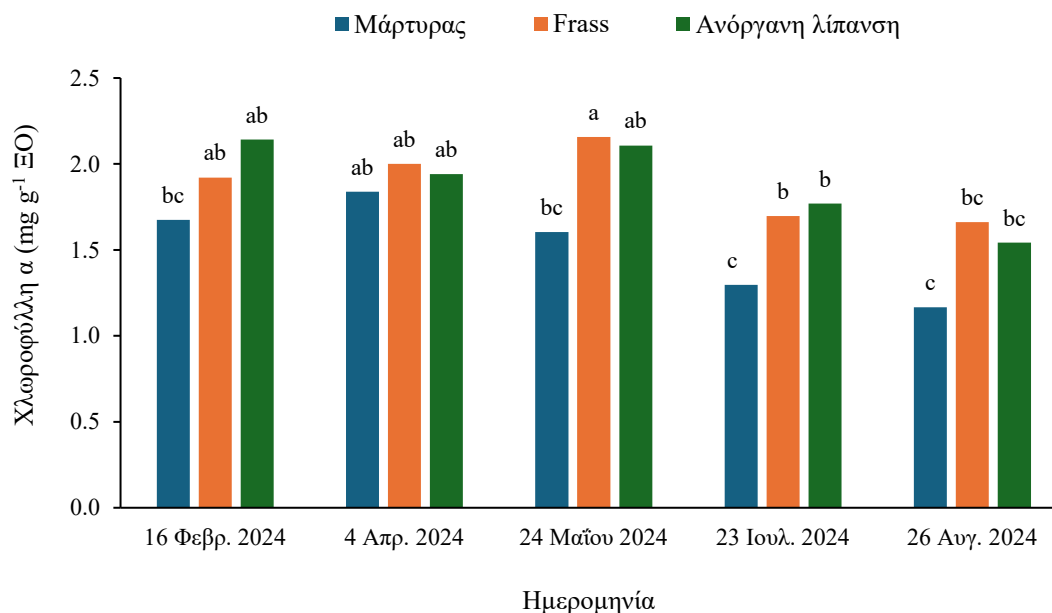


Διάγραμμα 3.1.2. Ειδικό βάρος φύλλων (ΕΒΦ) των δένδρων ελιάς ποικιλίας Καλαμών των μεταχειρίσεων του Μάρτυρα, του Frass και της Ανόργανης λίπανσης. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν τον μέσο όρο πέντε επαναλήψεων. Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σύμφωνα με το κριτήριο Tukey ($p \leq 0,05$).

3.1.2 Επίδραση της λίπανσης στη συγκέντρωση φωτοσυνθετικών χρωστικών σε φύλλα ελιάς ποικιλίας Καλαμών

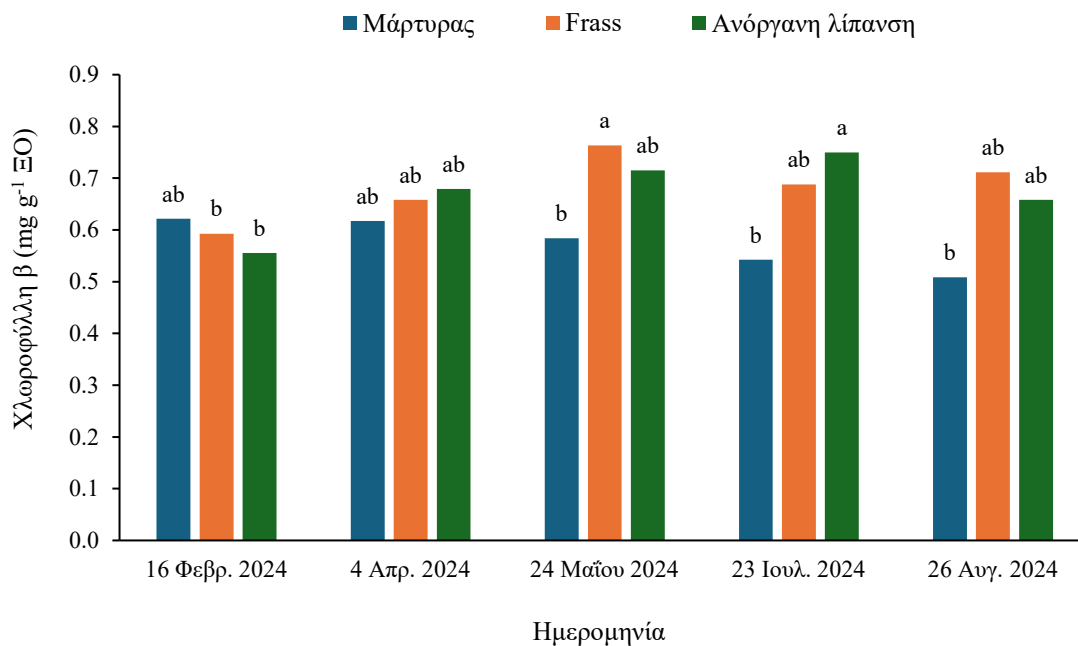
Η συγκέντρωση χλωροφύλλης α στα φύλλα του Μάρτυρα και της Ανόργανης λίπανσης παρέμεινε σταθερή από τον Φεβρουάριο ως τον Μάιο και έπειτα μειώθηκε ελαφρώς ως τον Αύγουστο. Στα φύλλα του Frass η συγκέντρωση χλωροφύλλης α παρέμεινε σταθερή από τον Φεβρουάριο ως τον Μάιο, ύστερα μειώθηκε σημαντικά ως τον Ιούλιο και παρέμεινε σταθερή ως τον Αύγουστο. Κατά τη σύγκριση των μεταχειρίσεων διαπιστώθηκε ότι από τα τέλη Μαΐου και έπειτα, τα φύλλα του Frass και της Ανόργανης λίπανσης είχαν παρόμοια μεταξύ τους αλλά υψηλότερη

συγκέντρωση χλωροφύλλης α από αυτά του Μάρτυρα, ενώ τους υπόλοιπους μήνες όλες οι μεταχειρίσεις είχαν παρόμοιες συγκεντρώσεις μεταξύ τους (Διάγραμμα 3.1.3).



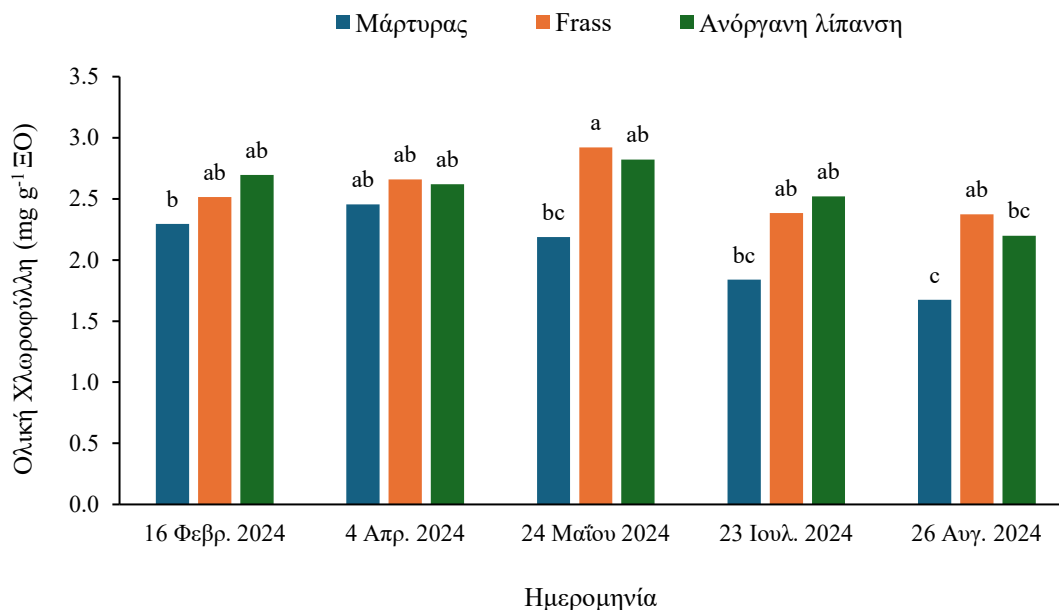
Διάγραμμα 3.1.3. Συγκέντρωση σε χλωροφύλλη α εκφρασμένη σε mg g⁻¹ ΕΟ των φύλλων των δένδρων ελιάς ποικιλίας Καλαμών των μεταχειρίσεων του Μάρτυρα, του Frass και της Ανόργανης λίπανσης. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν τον μέσο όρο πέντε επαναλήψεων. Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σύμφωνα με το κριτήριο Tukey ($p \leq 0,05$).

Η συγκέντρωση χλωροφύλλης β στα φύλλα του Μάρτυρα παρέμεινε σχετικά σταθερή έως τον Απρίλιο και έπειτα μειώθηκε ελαφρώς έως τα τέλη Αυγούστου. Αντίθετα, στις μεταχειρίσεις του Frass και της Ανόργανης λίπανσης η συγκέντρωση χλωροφύλλης β αυξήθηκε σταδιακά έως τα τέλη Μαΐου χωρίς επιπλέον αξιοσημείωτες μεταβολές ως τα τέλη Αυγούστου. Η σύγκριση των μεταχειρίσεων κατέδειξε ότι από τα τέλη Μαΐου και έπειτα τα φύλλα του Frass και της Ανόργανης λίπανσης είχαν παρόμοια μεταξύ τους και υψηλότερη συγκέντρωση χλωροφύλλης β από αυτά του Μάρτυρα, ενώ τους υπόλοιπους μήνες όλες οι μεταχειρίσεις είχαν παρόμοιες συγκεντρώσεις μεταξύ τους (Διάγραμμα 3.1.4).



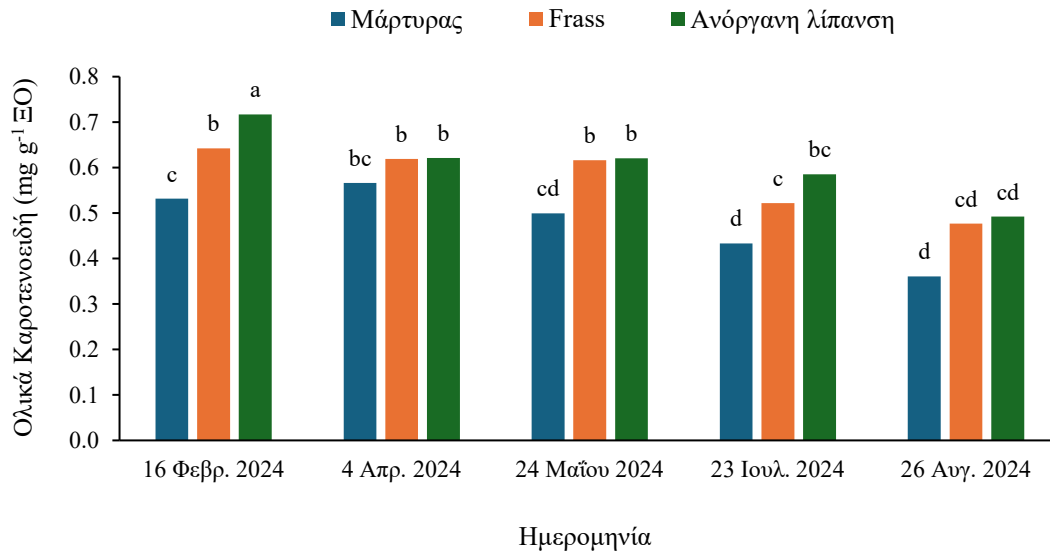
Διάγραμμα 3.1.4. Συγκέντρωση σε χλωροφύλλη β εκφρασμένη σε mg g^{-1} ΞΟ των φύλλων των δένδρων ελιάς ποικιλίας Καλαμών των μεταχειρίσεων του Μάρτυρα, του Frass και της Ανόργανης λίπανσης. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν τον μέσο όρο πέντε επαναλήψεων. Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σύμφωνα με το κριτήριο Tukey ($p \leq 0,05$).

Η συγκέντρωση της ολικής χλωροφύλλης στα φύλλα και των τριών μεταχειρίσεων παρέμεινε σχετικά σταθερή από τον Φεβρουάριο ως τον Μάιο, και έπειτα μειώθηκε μερικώς ως τον Αύγουστο. Κατά τη σύγκριση των μεταχειρίσεων διαπιστώθηκε ότι από τα τέλη Μαΐου και έπειτα τα φύλλα του Frass και της Ανόργανης λίπανσης είχαν παρόμοια μεταξύ τους και υψηλότερη συγκέντρωση ολικής χλωροφύλλης από αυτά του Μάρτυρα (Διάγραμμα 3.1.5).



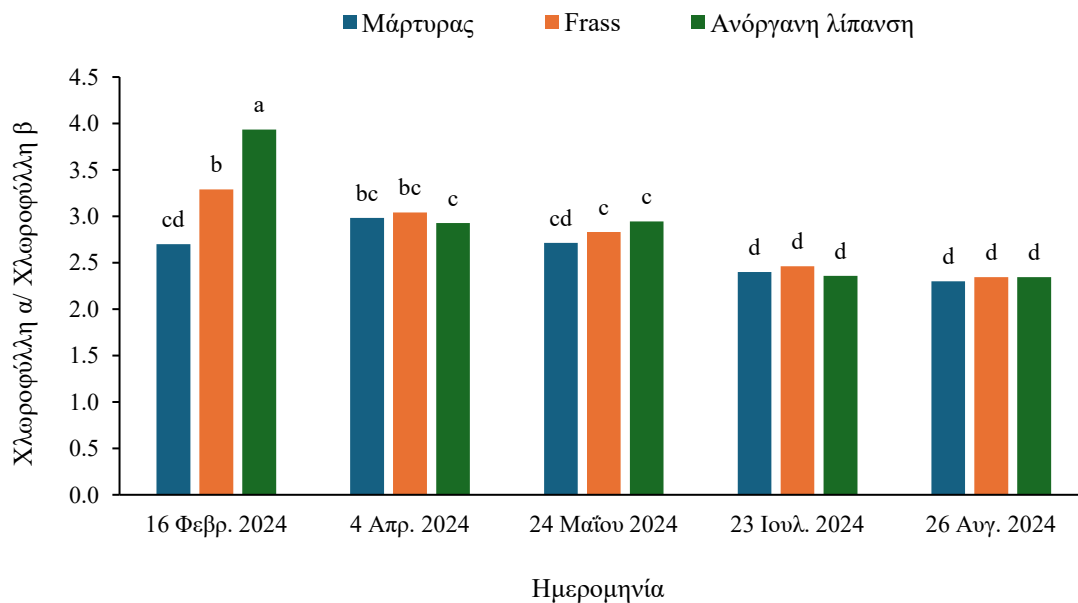
Διάγραμμα 3.1.5. Συγκέντρωση σε ολική χλωροφύλλη εκφρασμένη σε mg g⁻¹ ΕΟ των φύλλων των δένδρων ελιάς ποικιλίας Καλαμών των μεταχειρίσεων του Μάρτυρα, του Frass και της Ανόργανης λίπανσης. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν τον μέσο όρο πέντε επαναλήψεων. Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σύμφωνα με το κριτήριο Tukey ($p \leq 0,05$).

Η συγκέντρωση των ολικών καροτενοειδών των φύλλων της Ανόργανης λίπανσης ήταν η πιο υψηλή τον Φεβρουάριο, μειώθηκε τον Απρίλιο και παρέμεινε σχετικά σταθερή ως τον Ιούλιο, ενώ μειώθηκε περαιτέρω έως τα τέλη Αυγούστου. Στο Frass η συγκέντρωση των ολικών καροτενοειδών παρέμεινε σταθερή από τον Φεβρουάριο ως και τον Μάιο και έπειτα μειώθηκε σταδιακά έως τον Αύγουστο. Στον Μάρτυρα η συγκέντρωση παρέμεινε σχετικά αμετάβλητη έως τα τέλη Μαΐου και έπειτα μειώθηκε ως τα τέλη Αυγούστου (Διάγραμμα 3.1.6). Κατά τη σύγκριση των μεταχειρίσεων παρατηρήθηκε ότι τα φύλλα των μεταχειρίσεων του Frass και της Ανόργανης λίπανσης είχαν υψηλότερη συγκέντρωση σε ολικά καροτενοειδή από αυτά του Μάρτυρα, κυρίως τους μήνες Μάιο και Ιούλιο (Διάγραμμα 3.1.6).



Διάγραμμα 3.1.6. Συγκέντρωση σε ολικά καροτενοειδή εκφρασμένη σε mg g^{-1} ΕΟ των φύλλων των δένδρων ελιάς ποικιλίας Καλαμών των μεταχειρίσεων του Μάρτυρα, του Frass και της Ανόργανης λίπανσης. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν τον μέσο όρο πέντε επαναλήψεων. Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σύμφωνα με το κριτήριο Tukey ($p \leq 0,05$).

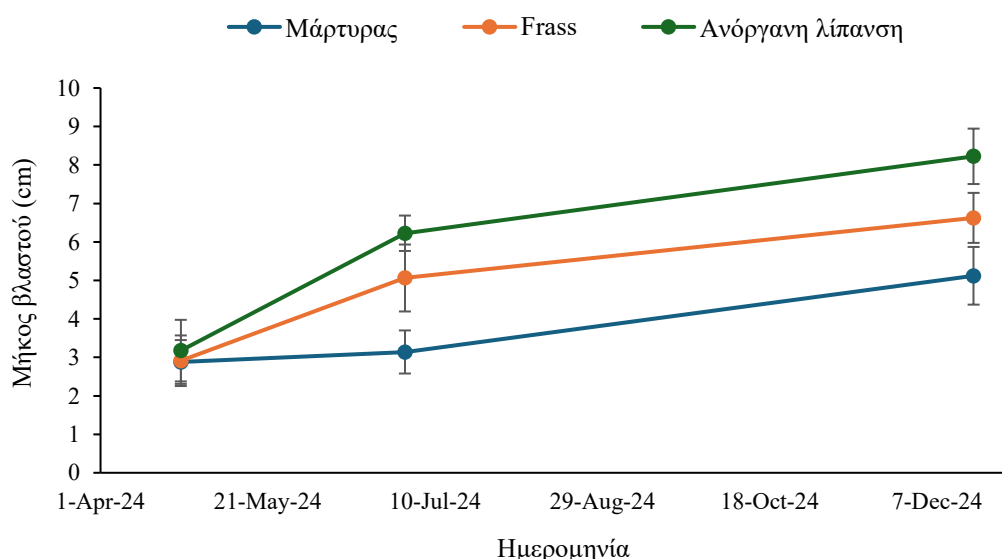
Ο λόγος χλωροφύλλης α/χλωροφύλλη β παρουσίασε μία πτωτική πορεία στα φύλλα όλων των μεταχειρίσεων από τα τέλη του χειμώνα έως τα τέλη του καλοκαιριού (Διάγραμμα 3.1.7). Δεν παρατηρήθηκαν αξιοσημείωτες διαφορές του λόγου χλωροφύλλης α/χλωροφύλλη β μεταξύ των μεταχειρίσεων, με εξαίρεση την έναρξη της πειραματικής περιόδου που τον χαμηλότερο λόγο παρουσίασε ο Μάρτυρας και τον υψηλότερο η Ανόργανη λίπανση (Διάγραμμα 3.1.7).



Διάγραμμα 3.1.7. Λόγος χλωροφύλλη α/χλωροφύλλη β των φύλλων των δένδρων ελιάς ποικιλίας Καλαμών των μεταχειρίσεων του Μάρτυρα, του Frass και της Ανόργανης λίπανσης. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν τον μέσο όρο πέντε επαναλήψεων. Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σύμφωνα με το κριτήριο Tukey ($p \leq 0,05$).

3.1.3 Επίδραση της λίπανσης στο μήκος της φετινής βλάστησης των δένδρων ελιάς ποικιλίας Καλαμών

Έως τις αρχές καλοκαιριού οι φετινοί βλαστοί των μεταχειρίσεων του Frass και της Ανόργανης λίπανσης είχαν ήδη μεγαλύτερο μήκος σε σχέση με τον Μάρτυρα και η διαφορά αυτή συνεχίστηκε έως το τέλος της πειραματικής περιόδου. Τελικώς, τη μεγαλύτερη ανάπτυξη παρουσίασαν οι φετινοί βλαστοί της Ανόργανης λίπανσης, ακολούθησαν αυτοί του Frass, ενώ τη μικρότερη ανάπτυξη παρουσίασαν οι βλαστοί του Μάρτυρα (Διάγραμμα 3.1.7).



Διάγραμμα 3.1.7. Μήκος φετινής βλάστησης των δένδρων ελιάς ποικιλίας Καλαμών των μεταχειρίσεων του Μάρτυρα, του Frass και της Ανόργανης λίπανσης. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν τον μέσο όρο πέντε επαναλήψεων και οι μπάρες την τυπική απόκλιση του μέσου όρου.

3.1.4 Επίδραση της λίπανσης στην πυκνότητα ανθοφορίας και την καρπόδεση σε δένδρα ελιάς ποικιλίας Καλαμών

Οι βλαστοί που επιλέχθηκαν για τη μελέτη της επίδρασης της λίπανσης στην πυκνότητα ανθοφορίας και την καρπόδεση ήταν παρόμοιου μήκους για τις τρεις μεταχειρίσεις (Πίν. 3.1.1). Η διαφορετική μεταχείριση της λίπανσης δεν επηρέασε ουσιαστικά τον αριθμό ταξιανθιών ανά βλαστό και ανά cm βλαστού, ούτε τον αριθμό

καρπιδίων ανά ταξικαρπία και ανά cm βλαστού. Ωστόσο, το ποσοστό % καρπόδεσης ήταν υψηλότερο στην Ανόργανη λίπανση συγκριτικά με τον Μάρτυρα και το Frass, που είχαν παρόμοιο (Πίν. 3.1.1).

Πίνακας 3.1.1. Μήκος ενός έτους βλαστού, αριθμός ταξιανθιών ανά βλαστό και ανά cm βλαστού, αριθμός καρπιδίων ανά ταξικαρπία και ανά cm βλαστού, και ποσοστό % καρπόδεσης των δένδρων ελιάς ποικιλίας Καλαμών των μεταχειρίσεων του Μάρτυρα, του Frass και της Ανόργανης λίπανσης.

Μεταχείριση	Μήκος ενός έτους βλαστού (cm)	Αριθμ. ταξιανθ. ανά βλαστό	Αριθμ. ταξιανθ./ cm	Αριθμ. ανθέων/ ταξιανθία	Αριθμ. ανθέων/ cm	Αριθμ. καρπιδίων/ ταξικαρπία	Αριθμ. καρπιδίων/ cm	Καρπόδεση (%)
Μάρτυρας	19,3	11,0	0,58	17,2	10,6	0,97	0,68	4,65b
Frass	22,9	15,4	0,68	21,3	14,4	1,25	0,76	5,35b
Ανόργανη Λίπανση	21,1	10,4	0,49	17,0	8,62	1,71	0,87	10,4a
Σημαντ.								
Μεταχείριση	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*

Η σύγκριση των μέσων όρων πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο Tukey test ($p \leq 0,05$).

Σημαντικότητα: NS μη σημαντική διαφορά, * επίπεδο σημαντικότητας 0,05.

3.1.5 Επίδραση της λίπανσης στην παραγωγή ανά δένδρο ελιάς ποικιλίας Καλαμών

Η παραγωγή ανά δένδρο δε διαφοροποιήθηκε μεταξύ των μεταχειρίσεων του Μάρτυρα, του Frass και της Ανόργανης λίπανσης (Πίν. 3.1.2).

Πίνακας 3.1.2. Παραγωγή ανά δένδρο των δένδρων ελιάς ποικιλίας Καλαμών των μεταχειρίσεων του Μάρτυρα, του Frass και της Ανόργανης λίπανσης.

Μεταχείριση	Παραγωγή ανά δένδρο (kg)
Μάρτυρας	4,25
Frass	3,72
Ανόργανη Λίπανση	2,63
Σημαντικότητα	
Μεταχείριση	NS

Σημαντικότητα: NS μη σημαντική διαφορά.

3.1.6 Επίδραση της λίπανσης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών

Οι παράμετροι του χρώματος L^* , C^* και Hue των ελαιόκαρπων ποικιλίας Καλαμών δεν επηρεάστηκαν από τις διαφορετικές μεταχειρίσεις του Μάρτυρα, του Frass και της Ανόργανης λίπανσης (Πίν. 3.1.3).

Πίνακας 3.1.3. Χρώμα L^* , C^* και Hue των καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών των μεταχειρίσεων του Μάρτυρα, του Frass και της Ανόργανης λίπανσης.

Μεταχείριση	L^*	C^*	Hue
Μάρτυρας	33,3	2,13	-35,6
Frass	31,1	2,05	-24,3
Ανόργανη Λίπανση	33,3	2,21	-41,3
Σημαντικότητα			
Μεταχείριση	NS	NS	NS

Η σύγκριση των μέσων όρων πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο Tukey test ($p \leq 0,05$).
Σημαντικότητα: NS μη σημαντική διαφορά.

Αναφορικά με το μέγεθος των καρπών, οι καρποί της μεταχείρισης του Frass είχαν το υψηλότερο βάρος, ενώ οι καρποί του Μάρτυρα είχαν το χαμηλότερο. Ενδιάμεση τιμή παρουσίασαν οι καρποί της Ανόργανης λίπανσης χωρίς να διαφέρουν σημαντικά από τις άλλες δύο μεταχειρίσεις. Επιπλέον, ο πυρήνας της μεταχείρισης Ανόργανη λίπανση ήταν μεγαλύτερου βάρους από του Μάρτυρα και παρόμοιου βάρους με του Frass. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα, ο λόγος σάρκας/πυρήνα να παρουσιάζει υψηλότερη τιμή στο Frass σε σύγκριση με της Ανόργανης λίπανσης και παρόμοια με του Μάρτυρα (Πίν. 3.1.4). Το μήκος, το πλάτος και ο λόγος μήκος/πλάτος των καρπών δε διαφοροποιήθηκαν ουσιαστικά μεταξύ των μεταχειρίσεων (Πίν. 3.1.4).

Πίνακας 3.1.4. Βάρος, μήκος, πλάτος, λόγος μήκος/πλάτος καρπού και βάρος πυρήνα των καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών των μεταχειρίσεων του Μάρτυρα, του Frass και της Ανόργανης λίπανσης.

Μεταχείριση	Βάρος καρπού (g)	Βάρος πυρήνα (g)	Λόγος σάρκας/πυρήνα	Μήκος (mm)	Πλάτος (mm)	Λόγος μήκος/πλάτος
Μάρτυρας	2,56b	0,45b	4,75ab	21,9	14,3	1,54

Frass	3,84a	0,58ab	5,75a	24,4	16,0	1,53
Ανόργανη Λίπανση	3,13ab	0,62a	4,00b	21,7	13,9	1,56
Σημαντικότητα						
Μεταχείριση	*	*	**	NS	NS	NS

Διαφορετικά γράμματα εντός της ίδιας στήλης δείχνουν στατιστικές σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σύμφωνα με το κριτήριο Tukey test ($p \leq 0,05$).

NS μη σημαντική διαφορά, * επίπεδο σημαντικότητας 0,05 και ** επίπεδο σημαντικότητας 0,01.

Ο Μάρτυρας και το Frass είχαν παρόμοιο ποσοστό ξηρού βάρους περικαρπίου και μικρότερο από αυτό της Ανόργανης λίπανσης. Ακόμα, το μεγαλύτερο ποσοστό ξηρού βάρους πυρήνα εμφάνισε ο Μάρτυρας, παρόμοιο με αυτό του Frass, ενώ αντίθετα, το μικρότερο η Ανόργανη λίπανση (Πίν. 3.1.5).

Πίνακας 3.1.5. Ποσοστό % ξηράς ουσίας περικαρπίου και ποσοστό % ξηράς ουσίας πυρήνα των καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών των μεταχειρίσεων του Μάρτυρα, του Frass και της Ανόργανης λίπανσης.

Μεταχείριση	Ποσοστό ξηρού βάρους περικαρπίου (%)	Ποσοστό ξηρού βάρους πυρήνα (%)
Μάρτυρας	38,3b	72,4a
Frass	36,4b	71,6ab
Ανόργανη Λίπανση	41,8a	69,6b
Σημαντικότητα		
Μεταχείριση	***	*

Διαφορετικά γράμματα εντός της ίδιας στήλης δείχνουν στατιστικές σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σύμφωνα με το κριτήριο Tukey test ($p \leq 0,05$).

Σημαντικότητα: NS μη σημαντική διαφορά και * επίπεδο σημαντικότητας 0,05.

3.1.7 Επίδραση της λίπανσης στα αντιοξειδωτικά χαρακτηριστικά καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών

Η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών συστατικών ήταν παρόμοια μεταξύ των μεταχειρίσεων (Πίν. 3.1.6). Όσον αφορά την αντιοξειδωτική ικανότητα, οι καρποί της μεταχείρισης της Ανόργανης λίπανσης είχαν υψηλότερη τιμή σε σχέση με τις μεταχειρίσεις του Μάρτυρα και του Frass, οι οποίες είχαν παρόμοια μεταξύ τους (Πίν. 3.1.6).

Πίνακας 3.1.6. Συγκέντρωση ολικών φαινολικών συστατικών και αντιοξειδωτική ικανότητα DPPH των καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών των μεταχειρίσεων του Μάρτυρα, του Frass και της Ανόργανης λίπανσης.

Μεταχείριση	Ολικά φαινολικά (ισοδύναμα γαλλικού οξέος mg/g ν.β.)	Αντιοξειδωτική ικανότητα DPPH (ισοδύναμα ασκορβικού οξέος μmol/g ν.β.)
Μάρτυρας	9,62	60,4b
Frass	8,69	52,2b
Ανόργανη Λίπανση	9,48	72,0a
Σημαντικότητα		
Μεταχείριση	NS	***

Σημαντικότητα: NS μη σημαντική διαφορά και *** επίπεδο σημαντικότητας 0,001.

3.1.8 Επίδραση της λίπανσης στον δείκτη ωριμότητας καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών

Οι ελαιόκαρποι του Μάρτυρα και της Ανόργανης λίπανσης παρουσίασαν όμοιο δείκτη ωριμότητας και μικρότερο συγκριτικά με αυτούς του Frass που εμφανίστηκαν ελαφρώς πιο ώριμοι (Πίν. 3.1.7).

Πίνακας 3.1.7. Δείκτης ωριμότητας των καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών των μεταχειρίσεων του Μάρτυρα, του Frass και της Ανόργανης λίπανσης την 01/11/2024.

Μεταχείριση	Δείκτης ωριμότητας
Μάρτυρας	4,74
Frass	4,92
Ανόργανη Λίπανση	4,68

3.1.9 Επίδραση της λίπανσης στην ελαιοπεριεκτικότητα καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών

Η ελαιοπεριεκτικότητα τόσο εκφρασμένη ως ποσοστό % ξηρού βάρους όσο και ως ποσοστό % νωπού βάρους σημείωσε την υψηλότερη τιμή στη μεταχείριση του Frass και ακολούθως στον Μάρτυρα, ενώ στην Ανόργανη λίπανση βρέθηκε σε αξιοσημείωτα πιο χαμηλά ποσοστά (Πίν. 3.1.8).

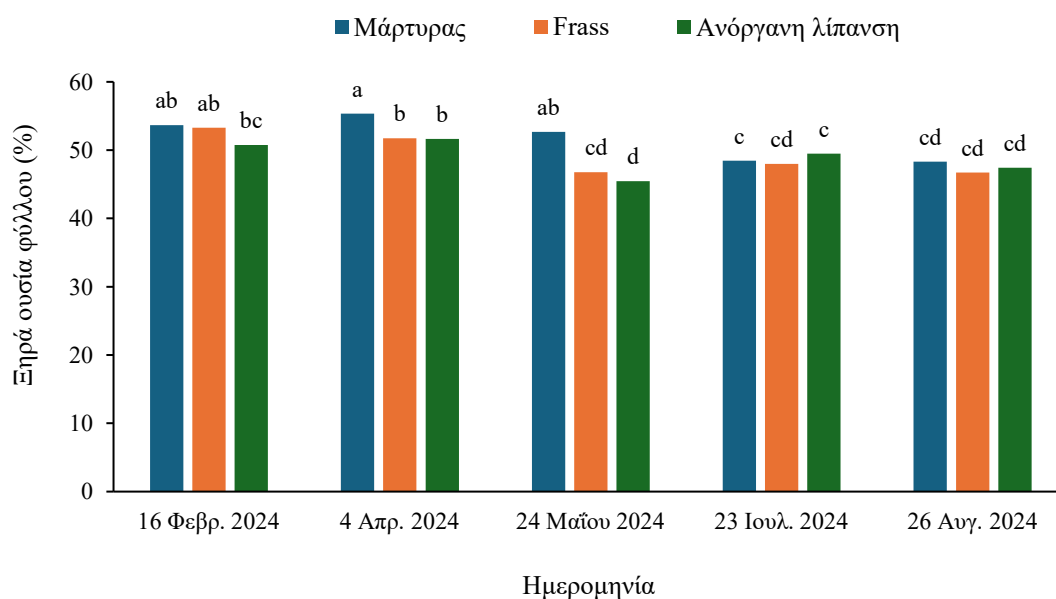
Πίνακας 3.1.8. Ελαιοπεριεκτικότητα ως ποσοστό % ξηρού και νωπού βάρους μεσοκαρπίου των καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών των μεταχειρίσεων του Μάρτυρα, του Frass και της Ανόργανης λίπανσης.

Μεταχείριση	Ελαιοπεριεκτικότητα % ξηρού βάρους	Ελαιοπεριεκτικότητα % νωπού βάρους
Μάρτυρας	22,02	8,47
Frass	24,38	9,87
Ανόργανη Λίπανση	16,57	7,21

3.2 Ποικιλία Κορωνέικη, κλώνος i-38

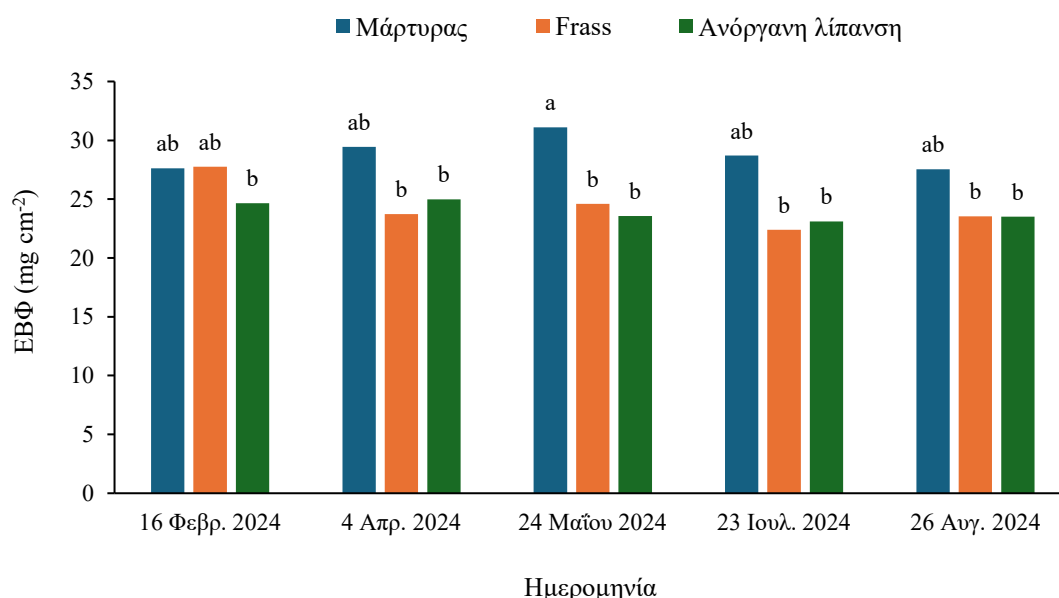
3.2.1 Επίδραση της λίπανσης στα φυσιολογικά χαρακτηριστικά φύλλων ελιάς ποικιλίας Κορωνέικη i-38

Τα ποσοστά ξηράς ουσίας των φύλλων των μεταχειρίσεων του Frass και της Ανόργανης λίπανσης είχαν την ίδια πορεία, καθώς παρέμειναν σταθερά από τον Φεβρουάριο ως τον Απρίλιο, ύστερα τον Μάιο μειώθηκαν και παρέμειναν σταθερά ως τον Αύγουστο. Στον Μάρτυρα παρατηρήθηκε σταθερότητα από τον Φεβρουάριο ως τον Μάιο, έπειτα μειώθηκε τον Ιούλιο και διατηρήθηκε παρόμοιο και τον Αύγουστο (Διάγραμμα 3.2.1). Το ποσοστό % της ξηράς ουσίας των φύλλων ήταν παρόμοιο για όλες τις μεταχειρίσεις τον Φεβρουάριο, τον Ιούλιο και τον Αύγουστο. Τον Απρίλιο και τον Μάιο, ο Μάρτυρας παρουσίασε υψηλότερο ποσοστό ξηράς ουσίας από το Frass και την Ανόργανη λίπανση.



Διάγραμμα 3.2.1. Ποσοστό % ξηράς ουσίας φύλλων των δένδρων ελιάς ποικιλίας Κορωνέικη i-38 των μεταχειρίσεων του Μάρτυρα, του Frass και της Ανόργανης λίπανσης. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν τον μέσο όρο πέντε επαναλήψεων. Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικές σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σύμφωνα με το κριτήριο Tukey ($p \leq 0,05$).

Το ΕΒΦ παρέμεινε σταθερό για όλες τις μεταχειρίσεις από τον Φεβρουάριο ως τον Αύγουστο. Πέραν του μήνα Μαΐου που ο Μάρτυρας βρέθηκε με μεγαλύτερο ΕΒΦ από τις άλλες δύο μεταχειρίσεις, τους υπόλοιπους μήνες οι μεταχειρίσεις μεταξύ τους είχαν παρόμοιο ΕΒΦ (Διάγραμμα 3.2.2).

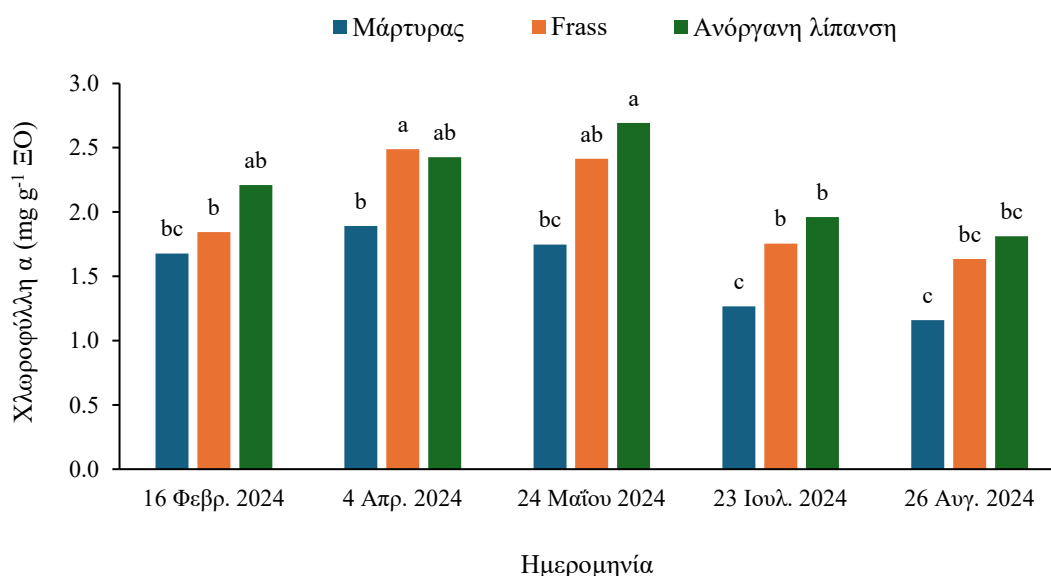


Διάγραμμα 3.2.2. Ειδικό βάρος φύλλων (ΕΒΦ) των δένδρων ελιάς ποικιλίας Κορωνέικη i-38 των μεταχειρίσεων του Μάρτυρα, του Frass και της Ανόργανης λίπανσης. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν τον μέσο όρο πέντε επαναλήψεων. Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικές σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σύμφωνα με το κριτήριο Tukey ($p \leq 0,05$).

3.2.2 Επίδραση της λίπανσης στη συγκέντρωση φωτοσυνθετικών χρωστικών σε φύλλα ελιάς ποικιλίας Κορωνέικη i-38

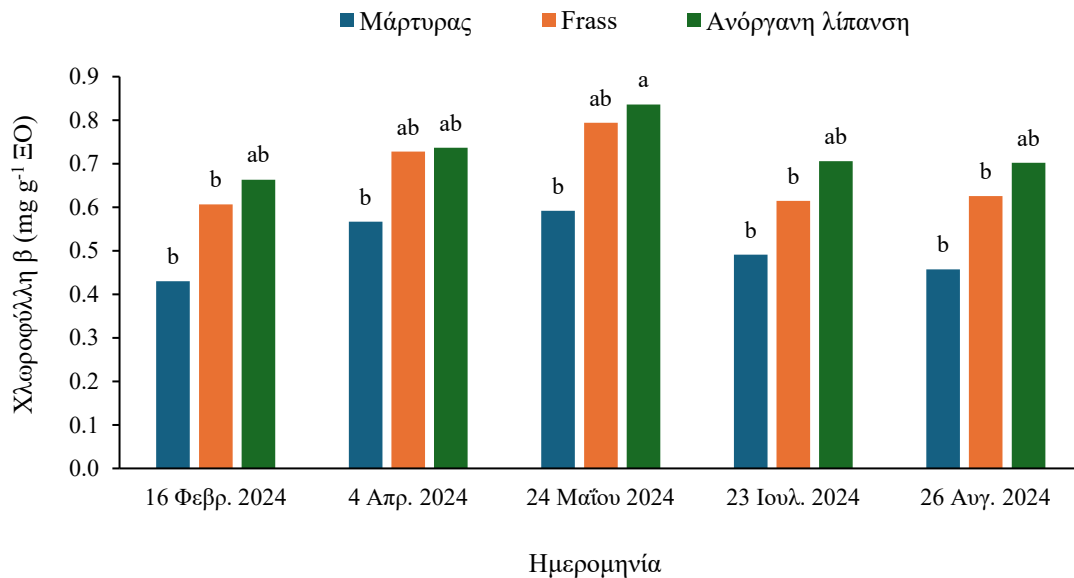
Η συγκέντρωση των φύλλων σε χλωροφύλλη α, εκφρασμένη σε mg ανά g ξηρού βάρους του Μάρτυρα παρέμεινε παρόμοια από τον Φεβρουάριο ως τον Μάιο και έπειτα μειώθηκε μερικώς έως τον Αύγουστο. Στην περίπτωση του Frass και της Ανόργανης λίπανσης, η συγκέντρωση χλωροφύλλης α αυξήθηκε από τον Φεβρουάριο έως τον Απρίλιο, παρέμεινε σε παρόμοια επίπεδα έως τον Μάιο και στη συνέχεια μειώθηκε και παρέμεινε όμοια ως τον Αύγουστο (Διάγραμμα 3.2.3). Επιπλέον, τα φύλλα των μεταχειρίσεων του Frass και της Ανόργανης λίπανσης παρουσίασαν σχετικά

υψηλότερη συγκέντρωση χλωροφύλλης α συγκριτικά με τον Μάρτυρα (Διάγραμμα 3.2.3).



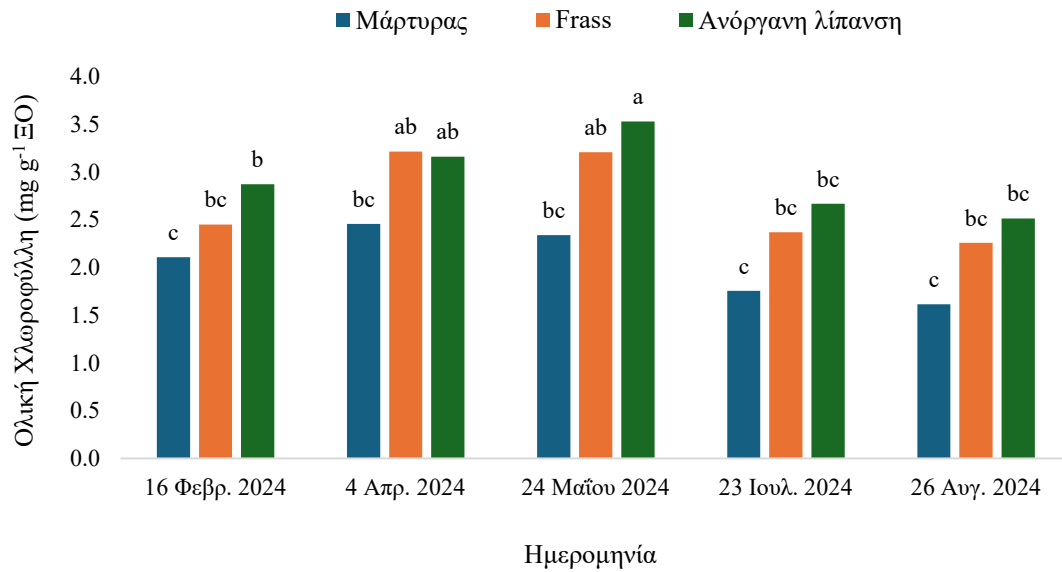
Διάγραμμα 3.2.3. Συγκέντρωση σε χλωροφύλλη α εκφρασμένη σε mg g⁻¹ ΕΟ των φύλλων των δένδρων ελιάς ποικιλίας Κορωνέικη i-38 των μεταχειρίσεων του Μάρτυρα, του Frass και της Ανόργανης λίπανσης. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν τον μέσο όρο πέντε επαναλήψεων. Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σύμφωνα με το κριτήριο Tukey ($p \leq 0,05$).

Η συγκέντρωση των φύλλων σε χλωροφύλλη β, εκφρασμένη σε mg ανά g ξηρού βάρους, δεν παρουσίασε αξιόλογες μεταβολές για τον Μάρτυρα, όμως αυξήθηκε στις μεταχειρίσεις του Frass και της Ανόργανης λίπανσης από τα μέσα Φεβρουαρίου έως τα τέλη Μαΐου και έπειτα μειώθηκε έως τα τέλη Αυγούστου (Διάγραμμα 3.2.4). Γενικά, τα φύλλα των μεταχειρίσεων του Frass και της Ανόργανης λίπανσης εμφάνισαν σχετικά υψηλότερη συγκέντρωση χλωροφύλλης β από τον Μάρτυρα (Διάγραμμα 3.2.4).



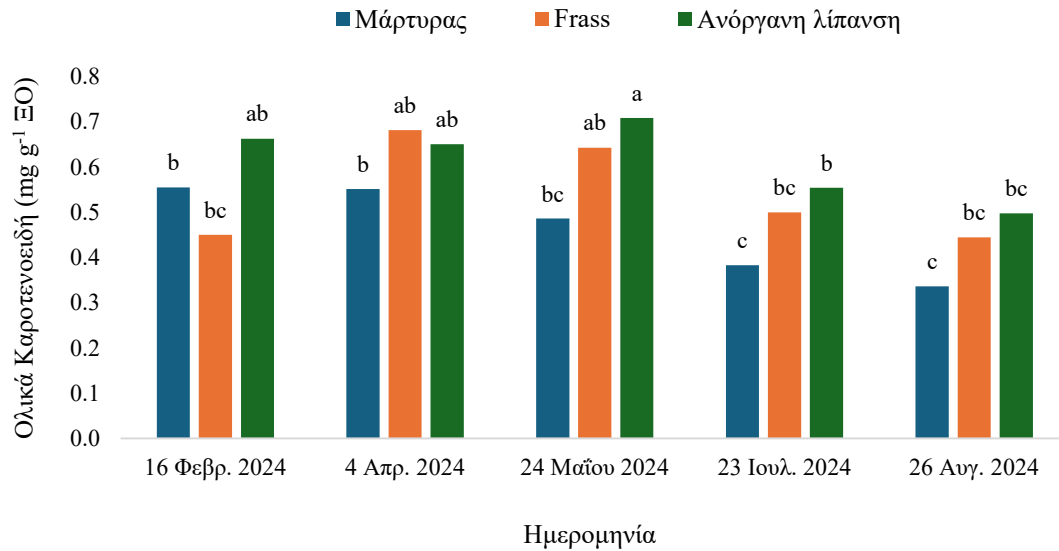
Διάγραμμα 3.2.4. Συγκέντρωση σε χλωροφύλλη β εκφρασμένη σε mg g⁻¹ ΕΟ των φύλλων των δένδρων ελιάς ποικιλίας Κορωνέικη i-38 των μεταχειρίσεων του Μάρτυρα, του Frass και της Ανόργανης λίπανσης. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν τον μέσο όρο πέντε επαναλήψεων. Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σύμφωνα με το κριτήριο Tukey ($p \leq 0,05$).

Η συγκέντρωση της ολικής χλωροφύλλης, εκφρασμένη σε mg ανά g ξηρού βάρους, δεν παρουσίασε αξιόλογες μεταβολές για τον Μάρτυρα, όμως αυξήθηκε στις μεταχειρίσεις του Frass και της Ανόργανης λίπανσης από τα μέσα Φεβρουαρίου έως τα τέλη Μαΐου και έπειτα μειώθηκε έως τα τέλη Αυγούστου (Διάγραμμα 3.2.5). Γενικά, τα φύλλα των μεταχειρίσεων του Frass και της Ανόργανης λίπανσης εμφάνισαν σχετικά υψηλότερη συγκέντρωση ολικής χλωροφύλλης από τον Μάρτυρα (Διάγραμμα 3.2.5).



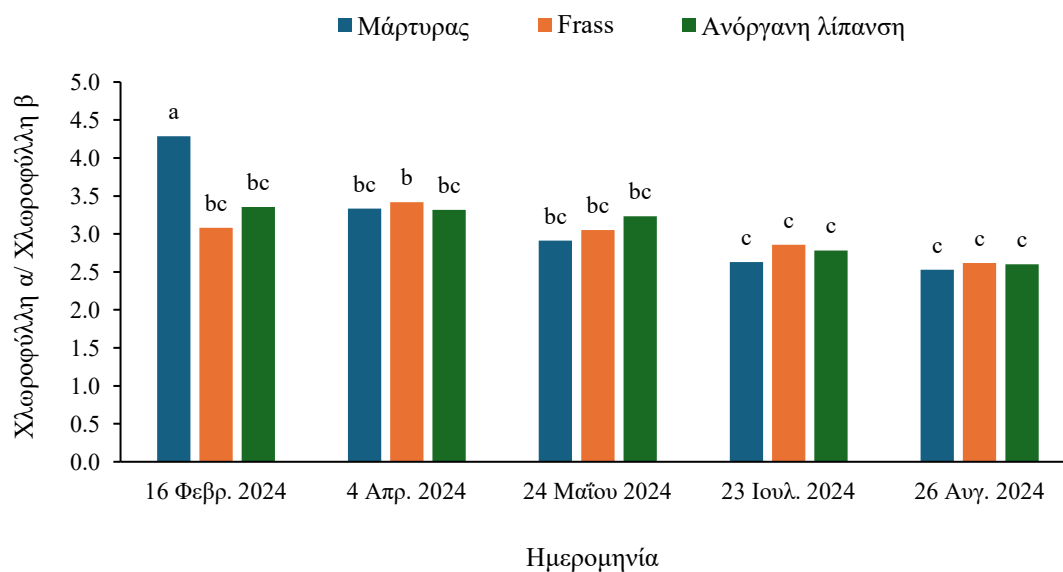
Διάγραμμα 3.2.5. Συγκέντρωση σε ολική χλωροφύλλη εκφρασμένη σε mg g^{-1} ΞΟ των φύλλων των δένδρων ελιάς ποικιλίας Κορωνέικη i-38 των μεταχειρίσεων του Μάρτυρα, του Frass και της Ανόργανης λίπανσης. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν τον μέσο όρο πέντε επαναλήψεων. Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σύμφωνα με το κριτήριο Tukey ($p \leq 0,05$).

Η συγκέντρωση των ολικών καροτενοειδών στα φύλλα, εκφρασμένη σε mg ανά g ξηρού βάρους, του Μάρτυρα και του Frass παρέμεινε παρόμοια έως τα τέλη Μαΐου και έπειτα μειώθηκε μερικώς έως τον Αύγουστο. Της Ανόργανης λίπανσης, όμως, ενώ ήταν σταθερή ως τον Μάιο, σημείωσε μια μείωση τον Ιούλιο που παρέμεινε ύστερα παρόμοια ως τον Αύγουστο (Διάγραμμα 3.2.6). Γενικά, τα φύλλα των μεταχειρίσεων του Frass και της Ανόργανης λίπανσης εμφάνισαν υψηλότερη συγκέντρωση ολικών καροτενοειδών από τον Μάρτυρα (Διάγραμμα 3.2.6).



Διάγραμμα 3.2.6. Συγκέντρωση σε ολικά καροτενοειδή εκφρασμένη σε mg g^{-1} ΞΟ των φύλλων των δένδρων ελιάς ποικιλίας Κορωνέικη i-38 των μεταχειρίσεων του Μάρτυρα, του Frass και της Ανόργανης λίπανσης. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν τον μέσο όρο πέντε επαναλήψεων. Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σύμφωνα με το κριτήριο Tukey ($p \leq 0,05$).

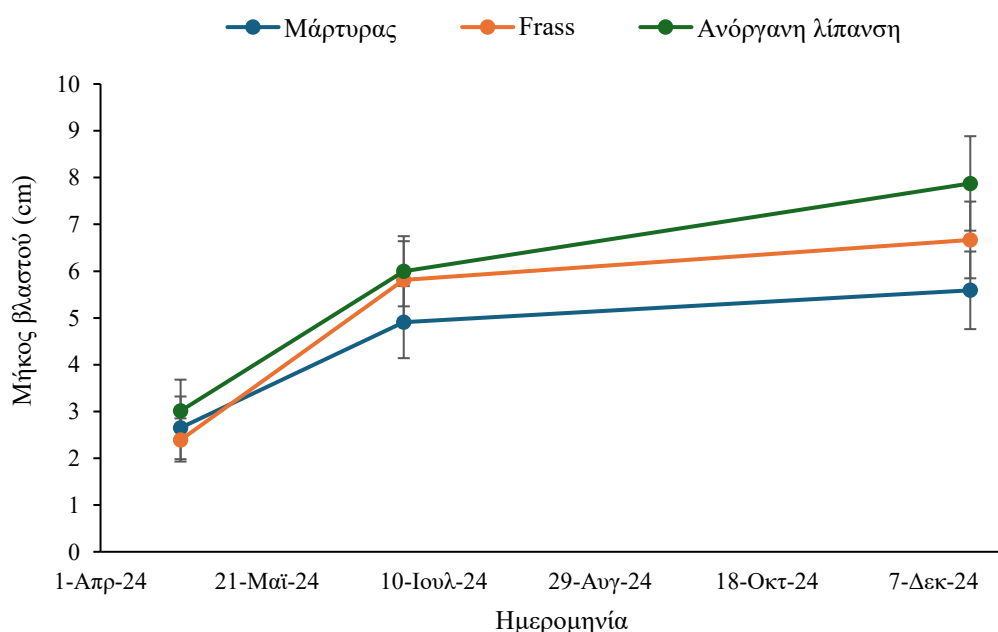
Ο λόγος χλωροφύλλης α/χλωροφύλλη β των φύλλων του Μάρτυρα ήταν τον Φεβρουάριο υψηλότερος από αυτόν του Frass και της Ανόργανης λίπανσης, ο οποίος τον Απρίλιο μειώθηκε και στη συνέχεια παρέμεινε παρόμοιος ως τον Αύγουστο (Διάγραμμα 3.2.7). Οι μεταχειρίσεις του Frass και της Ανόργανης λίπανσης είχαν παρόμοιο λόγο όλες τις ημερομηνίες και μεταξύ τους, ενώ από τον Απρίλιο και οι τρεις μεταχειρίσεις είχαν όμοιο λόγο χλωροφύλλης α/χλωροφύλλη β (Διάγραμμα 3.2.7).



Διάγραμμα 3.2.7. Λόγος χλωροφύλλη α/χλωροφύλλη β των φύλλων των δένδρων ελιάς ποικιλίας Κορωνέικη i-38 των μεταχειρίσεων του Μάρτυρα, του Frass και της Ανόργανης λίπανσης. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν τον μέσο όρο πέντε επαναλήψεων. Διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σύμφωνα με το κριτήριο Tukey ($p \leq 0,05$).

3.2.3 Επίδραση της λίπανσης στο μήκος της φετινής βλάστησης των δένδρων ελιάς ποικιλίας Κορωνέικη i-38

Το μήκος της νέας βλάστησης όλων των μεταχειρίσεων αυξήθηκε σημαντικά από τον Απρίλιο ως τον Ιούλιο, κυρίως για τις μεταχειρίσεις του Frass και της Ανόργανης λίπανσης, χωρίς περαιτέρω σημαντική αύξηση έως τον Δεκέμβριο (Διάγραμμα 3.2.8). Γενικά, το υψηλότερο μήκος φετινής βλάστησης σημείωσε η Ανόργανη λίπανση και το χαμηλότερο ο Μάρτυρας, με το Frass να εμφανίζει ενδιάμεσες τιμές (Διάγραμμα 3.2.8).



Διάγραμμα 3.2.8. Μήκος φετινής βλάστησης των δένδρων ελιάς ποικιλίας Κορωνέικη i-38 των μεταχειρίσεων του Μάρτυρα, του Frass και της Ανόργανης λίπανσης. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν τον μέσο όρο πέντε επαναλήψεων και οι μπάρες την τυπική απόκλιση του μέσου όρου.

3.2.4 Επίδραση της λίπανσης στην πυκνότητα ανθοφορίας και την καρπόδεση σε δένδρα ελιάς ποικιλίας Κορωνέικη i-38

Οι βλαστοί που επιλέχθηκαν για τη μελέτη της επίδρασης της λίπανσης στην πυκνότητα ανθοφορίας και την καρπόδεση ήταν παρόμοιου μήκους για τις τρεις

μεταχειρίσεις (Πίν. 3.2.1). Επιπλέον, ο αριθμός ταξιανθιών ανά βλαστό και ανά cm βλαστού, καθώς και ο αριθμός ανθέων ανά ταξιανθία και ανά cm βλαστού δε διέφεραν μεταξύ των μεταχειρίσεων του Μάρτυρα, του Frass και της Ανόργανης λίπανσης. Όσον αφορά, όμως, τον αριθμό καρπιδίων ανά ταξικαρπία και ανά cm βλαστού και την καρπόδεση, το Frass και η Ανόργανη λίπανση σημείωσαν ίδιες τιμές μεταξύ τους και σημαντικά υψηλότερες από αυτές του Μάρτυρα (Πίν. 3.2.1).

Πίνακας 3.2.1. Μήκος ετήσιου βλαστού, αριθμός ταξιανθιών ανά βλαστό και ανά cm βλαστού, αριθμός καρπιδίων ανά ταξικαρπία και ανά cm βλαστού, και ποσοστό % καρπόδεσης των δένδρων ελιάς ποικιλίας Κορωνέικη i-38 των μεταχειρίσεων του Μάρτυρα, του Frass και της Ανόργανης λίπανσης.

Μεταχείριση	Μήκος ετήσιου βλαστού (cm)	Αριθμ. ταξιανθ. ανά βλαστό	Αριθμ. ταξιανθ./ cm	Αριθμ. ανθέων/ ταξιανθία	Αριθμ. ανθέων/ cm	Αριθμ. καρπιδίων/ ταξικαρπία	Αριθμ. καρπιδίων/ cm	Καρπόδεση (%)
Μάρτυρας	22,7	15,9	0,69	12,0	8,0	0,81b	0,7b	6,1b
Frass	26,0	21,7	0,87	12,8	11,7	2,1a	2,0a	15,7a
Ανόργανη Λίπανση	28,8	21,5	0,75	15,3	11,0	2,9a	2,2a	17,4a
Σημαντ.								
Μεταχείριση	NS	NS	NS	NS	NS	*	*	*

Η σύγκριση των μέσων όρων πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο Tukey test ($p \leq 0,05$).
Σημαντικότητα: NS μη σημαντική διαφορά και * επίπεδο σημαντικότητας 0,05.

3.2.5 Επίδραση της λίπανσης στην παραγωγή ανά δένδρο ελιάς ποικιλίας Κορωνέικη i-38

Η μεταχείριση του Frass και της Ανόργανης λίπανσης είχαν παρόμοια παραγωγή μεταξύ τους και αυξημένη ανά δένδρο σε σύγκριση με τον Μάρτυρα (Πίν 3.2.2).

Πίνακας 3.2.2. Παραγωγή ανά δένδρο των δένδρων ελιάς ποικιλίας Κορωνέικη i-38 των μεταχειρίσεων του Μάρτυρα, του Frass και της Ανόργανης λίπανσης.

Μεταχείριση	Παραγωγή ανά δένδρο (kg)
Μάρτυρας	2,33b
Frass	4,71ab
Ανόργανη Λίπανση	7,91a
Σημαντικότητα	

Μεταχείριση	*
--------------------	---

Η σύγκριση των μέσων όρων πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο Tukey test ($p \leq 0,05$).

Σημαντικότητα: * επίπεδο σημαντικότητας 0,05.

3.2.6 Επίδραση της λίπανσης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών ελιάς ποικιλίας Κορωνέικη i-38

Οι παράμετροι του χρώματος L^* και Hue των ελαιόκαρπων δεν επηρεάστηκαν από τις διαφορετικές μεταχειρίσεις. Η παράμετρος του χρώματος C^* , όμως, ήταν υψηλότερη στη μεταχείριση του Frass, καθιστώντας έτσι τους καρπούς αυτούς με πιο έντονο καθαρό χρώμα από αυτούς της Ανόργανης λίπανσης και παρόμοιους με του Μάρτυρα (Πίν. 3.2.3).

Πίνακας 3.2.3. Χρώμα L^* , C^* και Hue των καρπών ελιάς ποικιλίας Κορωνέικη i-38 των μεταχειρίσεων του Μάρτυρα, του Frass και της Ανόργανης λίπανσης.

Μεταχείριση	L^*	C^*	Hue
Μάρτυρας	44,18	18,13ab	72,1
Frass	48,91	24,62a	74,3
Ανόργανη Λίπανση	41,78	13,27b	65,9
Σημαντικότητα			
Μεταχείριση	NS	*	NS

Η σύγκριση των μέσων όρων πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο Tukey test ($p \leq 0,05$).

Σημαντικότητα: NS μη σημαντική διαφορά, * επίπεδο σημαντικότητας 0,05.

Οι διαφορετικές μεταχειρίσεις δεν είχαν επίδραση στα ποιοτικά χαρακτηριστικά που αφορούν το βάρος, το μήκος και το πλάτος του καρπού, τον λόγο μήκος/πλάτος καρπού και το βάρος του πυρήνα (Πίν. 3.2.4).

Πίνακας 3.2.4. Βάρος, μήκος, πλάτος, λόγος μήκος/πλάτος καρπού και βάρος πυρήνα των καρπών ελιάς ποικιλίας Κορωνέικη i-38 των μεταχειρίσεων του Μάρτυρα, του Frass και της Ανόργανης λίπανσης.

Μεταχείριση	Βάρος καρπού (g)	Βάρος πυρήνα (g)	Λόγος σάρκας/πυρήνα	Μήκος (mm)	Πλάτος (mm)	Λόγος μήκος/πλάτος
Μάρτυρας	0,88	0,22	2,98	15,82	9,74	1,62
Frass	0,90	0,21	3,28	15,56	9,79	1,59
Ανόργανη Λίπανση	0,85	0,21	3,01	15,31	9,66	1,58

Σημαντικότητα						
Μεταχείριση	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Διαφορετικά γράμματα εντός της ίδιας στήλης δείχνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σύμφωνα με το κριτήριο Tukey test ($p \leq 0,05$).
Σημαντικότητα: NS μη σημαντική διαφορά.

Το ποσοστό ξηράς ουσίας του περικαρπίου ήταν όμοιο για τον Μάρτυρα και το Frass και χαμηλότερο από αυτό της Ανόργανης λίπανσης. Εν αντιθέσει, το ποσοστό ξηράς ουσίας του πυρήνα ήταν όμοιο για όλες τις μεταχειρίσεις (Πίν. 3.2.5).

Πίνακας 3.2.5. Ποσοστό % ξηράς ουσίας περικαρπίου και ποσοστό % ξηράς ουσίας πυρήνα των καρπών ελιάς ποικιλίας Κορωνέικη i-38 των μεταχειρίσεων του Μάρτυρα, του Frass και της Ανόργανης λίπανσης.

Μεταχείριση	Ποσοστό ξηρού βάρους περικαρπίου (%)	Ποσοστό ξηρού βάρους πυρήνα (%)
Μάρτυρας	38,5b	73,7
Frass	40,5b	74,0
Ανόργανη Λίπανση	43,5a	74,1
Σημαντικότητα		
Μεταχείριση	**	NS

Διαφορετικά γράμματα εντός της ίδιας στήλης δείχνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σύμφωνα με το κριτήριο Tukey test ($p \leq 0,05$).
Σημαντικότητα: NS μη σημαντική διαφορά και ** επίπεδο σημαντικότητας 0,01.

3.2.7 Επίδραση της λίπανσης στα αντιοξειδωτικά χαρακτηριστικά καρπών ελιάς ποικιλίας Κορωνέικη i-38

Η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών συστατικών των καρπών του Frass ήταν ίση με αυτή των καρπών της μεταχείρισης του Μάρτυρα και υψηλότερη από της Ανόργανης λίπανσης (Πίν. 3.2.6). Αναφορικά με την αντιοξειδωτική ικανότητα, τη μέγιστη τιμή εμφάνισαν οι ελαιόκαρποι του Μάρτυρα, ακολούθησαν αυτοί του Frass και τη χαμηλότερη παρουσίασαν αυτοί της Ανόργανης λίπανσης (Πίν. 3.2.6).

Πίνακας 3.2.6. Συγκέντρωση ολικών φαινολικών συστατικών και αντιοξειδωτική ικανότητα DPPH των καρπών ελιάς ποικιλίας Κορωνέικη i-38 των μεταχειρίσεων του Μάρτυρα, του Frass και της Ανόργανης λίπανσης.

Μεταχείριση	Ολικά φαινολικά (ισοδύναμα γαλλικού οξέος mg/g v.β.)	Αντιοξειδωτική ικανότητα DPPH (ισοδύναμα ασκορβικού οξέος μmol/g v.β.)
Μάρτυρας	7,65a	51,5a
Frass	7,34a	44,7b
Ανόργανη Λίπανση	5,85b	24,6c
Σημαντικότητα		
Μεταχείριση	***	***

Η σύγκριση των μέσων όρων πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο Tukey test ($p \leq 0,05$).

Σημαντικότητα: *** επίπεδο σημαντικότητας 0,001.

3.2.8 Επίδραση της λίπανσης στον δείκτη ωριμότητας καρπών ελιάς ποικιλίας Κορωνέικη i-38

Ο δείκτης ωριμότητας έδειξε ομοιότητα μεταξύ των καρπών του Μάρτυρα και της Ανόργανης λίπανσης και βρέθηκε πιο υψηλός συγκριτικά με αυτόν των ελαιόκαρπων του Frass (Πίν. 3.2.7).

Πίνακας 3.2.7. Δείκτης ωριμότητας των καρπών ελιάς ποικιλίας Κορωνέικη i-38 των μεταχειρίσεων του Μάρτυρα, του Frass και της Ανόργανης λίπανσης την 01/11/2024.

Μεταχείριση	Δείκτης ωριμότητας
Μάρτυρας	2,7
Frass	2,0
Ανόργανη Λίπανση	2,6

3.2.9 Επίδραση της λίπανσης στην ελαιοπεριεκτικότητα καρπών ελιάς ποικιλίας Κορωνέικη i-38

Στη μεταχείριση του Μάρτυρα σημειώθηκε η υψηλότερη ελαιοπεριεκτικότητα εκφρασμένη % του νωπού και ξηρού βάρους με σημαντική διαφορά από τις άλλες δύο μεταχειρίσεις. Το Frass και η Ανόργανη λίπανση έτειναν σε παρόμοια χαμηλά ποσοστά μεταξύ τους, με της Ανόργανης λίπανσης ελαφρώς πιο αυξημένα (Πίν. 3.2.8).

Πίνακας 3.2.8. Ελαιοπεριεκτικότητα ως ποσοστό % ξηρού και νωπού βάρους μεσοκαρπίου των καρπών ελιάς ποικιλίας Κορωνέικη i-38 των μεταχειρίσεων του Μάρτυρα, του Frass και της Ανόργανης λίπανσης.

Μεταχείριση	Ελαιοπεριεκτικότητα % ξηρού βάρους	Ελαιοπεριεκτικότητα % νωπού βάρους
Μάρτυρας	28,7	11,0
Frass	13,1	5,29
Ανόργανη Λίπανση	15,2	6,59

4. Συζήτηση

Σε αυτήν την εργασία, για την ισορροπημένη θρέψη των ελαιόδενδρων και την ενίσχυση της αντοχής τους στη θερμική καταπόνηση του καλοκαιριού, έγινε χρήση εναλλακτικής λίπανσης οργανικής προέλευσης και συμβατικής ανόργανης λίπανσης σε δυο διαφορετικές ποικιλίες ελιάς, την Καλαμών και την Κορωνέικη i-38, και σε δύο διαφορετικά συστήματα φύτευσης, εντατικής και υπέρπυκνης φύτευσης αντίστοιχα. Ο σχεδιασμός της λίπανσης περιλάμβανε και στις δύο περιπτώσεις την εφαρμογή θειικού καλίου και βόρακα στο έδαφος και βορίου και μίγματος βιοδιεγερτών διαφυλλικά (όπως εκχύλισμα φυκών, αμινοξέα, ασβέστιο και πυρίτιο), σε αντίθεση με τον Μάρτυρα που δέχθηκε μόνο θειικό κάλιο και βόρακα στο έδαφος. Για την κάλυψη των αναγκών των δένδρων σε άζωτο, στην περίπτωση της οργανικής λίπανσης χρησιμοποιήθηκε το frass του εντόμου *Alphitobius diaperinus*, ενώ στην ανόργανη λίπανση εφαρμόστηκε ουρία. Αναφορικά με το κάλιο και το βόριο, εφαρμόστηκαν οι ίδιες ποσότητες στο έδαφος και στις τρεις μεταχειρίσεις. Η συγκριτική αξιολόγηση των μεταχειρίσεων για την απόκριση των ελαιόδενδρων στη λίπανση περιλάμβανε χαρακτηριστικά που αφορούσαν τη φυσιολογία των φύλλων, την πυκνότητα ανθοφορίας και την καρπώδεση, την ανάπτυξη της ετήσιας βλάστησης, την ποιότητα και την αντιοξειδωτική ικανότητα των καρπών, την ελαιοπεριεκτικότητά τους, καθώς και την παραγωγή ανά δένδρο.

Η εφαρμογή λίπανσης με άζωτο είναι από τις πιο κοινές εισροές σε εντατικούς ελαιώνες εμπορικής κλίμακας. Αυτό γιατί το άζωτο είναι το στοιχείο που υποστηρίζει τη βλαστική ανάπτυξη, την παραγωγικότητα των ελαιόδενδρων και τη μακροβιότητα ενός ελαιώνα. Όμως, λόγω των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων που επιφέρει η αλόγιστη χρήση αυτών των ανόργανων λιπασμάτων και μιας πιο φιλοπεριβαλλοντικής προσέγγισης στον τομέα της γεωργίας από την Ε.Ε., η οποία έχει θέσει ως στόχο να αυξηθεί η έκταση των βιολογικών καλλιεργειών, υπάρχει η τάση για εξεύρεση εναλλακτικών οργανικών πηγών προσθήκης θρεπτικών στις καλλιέργειες. Μια από αυτές είναι τα υπολείμματα της εκτροφής εντόμων (frass), με τη χρήση των οποίων προστίθενται μεν θρεπτικά στην καλλιέργεια και βελτιώνονται δε τα χαρακτηριστικά και η υγεία του εδάφους. Είναι, επίσης, κατάλληλο να χρησιμοποιηθεί στη βιολογική γεωργία για να καλυφθούν οι ανάγκες της καλλιέργειας σε άζωτο, καθώς με τη χρήση του frass υποστηρίζεται η κυκλική οικονομία και η ‘zero waste’ τακτική,

αφού είναι μια ανανεώσιμη πηγή θρεπτικών με μικρό περιβαλλοντικό αποτύπωμα (Hénault-Ethier et al. 2024).

Στην ποικιλία Καλαμών εντατικής φύτευσης, τα φύλλα των μεταχειρίσεων του Frass και της Ανόργανης λίπανσης είχαν χαμηλότερο ΕΒΦ κατά την πειραματική περίοδο και σημείωσαν υψηλότερα επίπεδα συγκέντρωσης φωτοσυνθετικών χρωστικών (χλωρ. α, χλωρ. β, ολική και ολικά καροτενοειδή) συγκριτικά με τα φύλλα του Μάρτυρα από την αρχή έως τα τέλη του καλοκαιριού. Η απόκριση των δένδρων που εφαρμόστηκε λίπανση με frass ήταν αντίστοιχη με αυτή της ανόργανης λίπανσης ως προς τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά των φύλλων. Το μεγαλύτερο μήκος της φετινής βλάστησης απέδωσαν οι βλαστοί της Ανόργανης λίπανσης, ακολουθούμενοι από αυτούς του Frass κι ύστερα του Μάρτυρα. Όσον αφορά τον αριθμό ταξιανθιών, ανθέων ανά ταξιανθία και καρπιδίων ανά ταξικαρπία δεν υπήρξε διάκριση μεταξύ των μεταχειρίσεων, υποδεικνύοντας πιθανά τον ρόλο της λίπανσης που εφαρμόστηκε στα ελαιόδενδρα την προηγούμενη καλλιεργητική περίοδο, η οποία ενδεχομένως ήταν καθοριστική για τη διαμόρφωση της βλαστικής ανάπτυξης και διαφοροποίησης των ανθοφόρων οφθαλμών. Το ποσοστό καρπόδεσης παρόλα αυτά επηρεάστηκε από τη λίπανση της τρέχουσας καλλιεργητικής περιόδου, με την ανόργανη λίπανση να εμφανίζει το υψηλότερο ποσοστό έναντι των μεταχειρίσεων του Frass και του Μάρτυρα. Να σημειωθεί ωστόσο ότι το ποσοστό καρπόδεσης ήταν υψηλό σε όλες τις μεταχειρίσεις, και ειδικά στην Ανόργανη λίπανση ξεπέρασε το 10%. Σε ποικιλίες ελιάς που προορίζονται για παραγωγή επιτραπέζιας ελιάς το υψηλό ποσοστό καρπόδεσης μπορεί να επιφέρει αρνητικά αποτελέσματα στο μέγεθος και το βάρος του καρπού, με συνέπεια τη μειωμένη εμπορική τους αξία. Όσον αφορά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών της ποικιλίας Καλαμών, το Frass επέφερε τα καλύτερα αποτελέσματα, με τους καρπούς να παρουσιάζουν το μεγαλύτερο βάρος και τον υψηλότερο λόγο σάρκας/πυρήνα, χαρακτηριστικά που προσδίδουν αύξηση της εμπορικής αξίας της επιτραπέζιας ελιάς. Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκε αύξηση της παραγωγής ανά δένδρο ως αποτέλεσμα της λίπανσης. Άλλα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών όπως το χρώμα, οι διαστάσεις και το σχήμα των καρπών δε διαφοροποιήθηκαν μεταξύ των μεταχειρίσεων, όμως στη μεταχείριση της Ανόργανης λίπανσης παρατηρήθηκε το υψηλότερο ποσοστό ξηρού βάρους περικαρπίου. Στα δένδρα που εφαρμόστηκε η λίπανση με Frass παρατηρήθηκε ο υψηλότερος δείκτης ωριμότητας των καρπών, ενώ στην Ανόργανη λίπανση ο μικρότερος. Ως εκ τούτου, η υψηλότερη

ελαιοπεριεκτικότητα τόσο ως % ξηρού βάρους όσο και ως % νωπού βάρους παρατηρήθηκε στο Frass και τον Μάρτυρα, ενώ στην Ανόργανη λίπανση η μικρότερη. Σε χαρακτηριστικά που συνδέονται με τη διατροφική αξία της επιτραπέζιας ελιάς, η Ανόργανη λίπανση οδήγησε σε καρπούς με υψηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα σε σχέση με τις μεταχειρίσεις του Frass και του Μάρτυρα, ενώ η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών συστατικών των καρπών δε μεταβλήθηκε μεταξύ των μεταχειρίσεων.

Στην ελαιοποιήσιμη ποικιλία Κορωνέικη i-38 υπέρπυκνης φύτευσης, κατά την πειραματική περίοδο, τα φύλλα των μεταχειρίσεων του Frass και της Ανόργανης λίπανσης είχαν χαμηλότερο ΕΒΦ και σημείωσαν υψηλότερα επίπεδα συγκέντρωσης φωτοσυνθετικών χρωστικών (χλωρ. α, χλωρ. β, ολική και ολικά καροτενοειδή), συγκριτικά με τα φύλλα του Μάρτυρα. Η απόκριση των δένδρων που εφαρμόστηκε λίπανση με frass ήταν αντίστοιχη με αυτή της ανόργανης λίπανσης ως προς τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά των φύλλων. Με την εφαρμογή ανόργανης λίπανσης, παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη ανάπτυξη του μήκους της νέας βλάστησης, ακολουθούμενη από αυτή του Frass και έπειτα του Μάρτυρα. Αν και ο αριθμός των ανθέων ανά ταξιανθία δε μεταβλήθηκε μεταξύ των μεταχειρίσεων, η μεταχείριση του Frass, ομοίως με την Ανόργανη λίπανση, εμφάνισε περισσότερους καρπούς ανά ταξικαρπία και ανά cm βλαστού και υψηλότερη καρπόδεση και παραγωγή ανά δένδρο συγκριτικά με τον Μάρτυρα. Στις ελαιοποιήσιμες ποικιλίες ελιάς η υψηλότερη καρπόδεση είναι επιθυμητή, ωστόσο το υψηλότερο φορτίο καρπών μπορεί να επηρεάσει τον δείκτη ωριμότητας των καρπών και την ελαιοπεριεκτικότητα (Farolfi et al. 2024). Με την εφαρμογή frass οι καρποί παρουσίασαν υψηλότερη τιμή καθαρότητας του χρώματος και είχαν πιο χαμηλό δείκτη ωριμότητας από την Ανόργανη λίπανση και τον Μάρτυρα, που είχαν όμοιο μεταξύ τους. Όσον αφορά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές ως προς το βάρος, το πλάτος και το μήκος των καρπών ανάμεσα στις μεταχειρίσεις, ενώ με την προσθήκη ανόργανης λίπανσης παρατηρήθηκε το υψηλότερο ποσοστό ξηρού βάρους περικαρπίου. Η μεταχείριση του Frass, ομοίως με την Ανόργανη λίπανση, εμφάνισε χαμηλότερη ελαιοπεριεκτικότητα σε σχέση με τον Μάρτυρα. Αναφορικά με τα αντιοξειδωτικά χαρακτηριστικά των καρπών στη συγκεκριμένη ποικιλία, οι ελαιόκαρποι της Ανόργανης λίπανσης είχαν τη χαμηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα και συγκέντρωση ολικών φαινολικών συστατικών, ενώ αυτοί του Μάρτυρα και του

Frass είχαν υψηλότερες τιμές, και ειδικά στον Μάρτυρα εντοπίστηκε η υψηλότερη συγκέντρωση ολικών φαινολικών συστατικών.

Και στις δύο ποικιλίες, οι διαφορετικές μεταχειρίσεις προσθήκης αζώτου σε συνδυασμό με τις διαφυλλικές εφαρμογές οδήγησαν σε αυξημένα επίπεδα συγκέντρωσης φωτοσυνθετικών χρωστικών στα φύλλα σε σχέση με τον Μάρτυρα, κυρίως κατά την περίοδο του καλοκαιριού. Επιπλέον, τα φύλλα των μεταχειρίσεων του Frass και της Ανόργανης λίπανσης είχαν χαμηλότερο ειδικό βάρος συγκριτικά με τον Μάρτυρα. Οι Regni and Proietti (2019) βρήκαν ότι ακόμα και η εφαρμογή N διαφυλλικά δεν επηρέασε τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα και το ειδικό βάρος των ετήσιων και φετινών φύλλων. Αυτά, όμως, έρχονται σε αντίθεση με τα αποτελέσματα των Mili et al. (2011) που κατέληξαν ότι σε κατάσταση υδατικού στρες, κάτω από την οποία βρέθηκαν τα ελαιόδενδρα κατά τη διεξαγωγή του πειράματος λόγω υδατικής καταπόνησης τους καλοκαιρινούς μήνες, στις ποικιλίες Καλαμών και Κορωνέικη δυσχεραίνεται η αφομοίωση CO₂ και επηρεάζεται η στοματική αγωγιμότητα. Καθώς το κλείσιμο των στοματίων είναι αναπόφευκτο σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης, επόμενο είναι η παρεμπόδιση της αφομοίωσης του CO₂ από την ατμόσφαιρα, άρα η δυσλειτουργία της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας. Έτσι, θα αναμενόταν να καταγραφεί μειωμένη συγκέντρωση των χλωροφυλλών α, β και των ολικών χλωροφυλλών, αύξηση των ολικών καροτενοειδών ως αντιοξειδωτική προστασία και αύξηση της ξηράς ουσίας και του ειδικού βάρους των φύλλων (Καραμπουρνιώτης και άλλοι 2012). Ο Μάρτυρας, πράγματι, την περίοδο κατά την οποία δεν υπήρχε διαθέσιμο νερό εμφάνισε πιο χαμηλά επίπεδα χλωροφύλλης α από τις δύο άλλες μεταχειρίσεις, το οποίο πιθανότατα οφείλεται στη μη προσθήκη τόσο αζώτου όσο και βιοδιεγερτών. Αντίθετα, όμως, η βελτίωση των παραπάνω χαρακτηριστικών στις μεταχειρίσεις του Frass και της Ανόργανης λίπανσης ίσως οφείλεται στην ανάπτυξη της άμυνας των φυτών έναντι του υδατικού στρες από την εφαρμογή του μίγματος βιοδιεγερτών και επιπλέον στο Frass λόγω της χιτίνης που προστίθεται και ενδεχομένως αυξάνει την αντοχή έναντι αβιοτικών παραγόντων στρες. Τέλος, οι Tsabarducas et al. (2017) υποστήριξαν σε πείραμα θερμοκηπίου σε ενός έτους δενδρύλλια ποικιλίας Καλαμών ότι η ουρία ήταν η καταλληλότερη μορφή αζώτου για την ποικιλία, ιδιαίτερα όταν λιπάνθηκαν με υψηλές δόσεις, καθώς δεν μεταβλήθηκε η φωτοσυνθετική τους δραστηριότητα, το οποίο φάνηκε και στα αποτελέσματα αυτού του πειράματος.

Η Ανόργανη λίπανση τόσο στην ποικιλία Καλαμών όσο και στην Κορωνέικη i-38 οδήγησε στο μεγαλύτερο τελικό μήκος της φετινής βλάστησης, ωστόσο η αύξηση αυτή δεν ήταν ικανοποιητική αφού σύμφωνα με τον Θεριό (2015) επιθυμητό είναι η ετήσια βλάστηση να κυμαίνεται μεταξύ 10 και 40 cm για τη διαμόρφωση ικανοποιητικής παραγωγής την επόμενη χρονιά. Στη γενική περιορισμένη ανάπτυξη της νέας βλάστησης πιθανότατα να είχε συμβάλει κυρίως η έλλειψη βροχοπτώσεων αργά τον χειμώνα και κατά τη διάρκεια της άνοιξης. Στο γεγονός, όμως, ότι η Ανόργανη λίπανση εμφάνισε μεγαλύτερο μήκος βλαστού από το Frass, ίσως ευθύνεται η πιο αργή διάθεση του οργανικού N στην καλλιέργεια, σε σύγκριση με την ουρία, καθώς η ανοργανοποίηση του N που περιέχεται στο frass πραγματοποιείται πιο αργά κι από άλλα οργανικά υλικά, όπως η κοπριά πουλερικών, λόγω του υψηλού λόγου C/N (Cardarelli et al. 2023). Η χαμηλή αυτή βλαστική ανάπτυξη θα έχει αντίκτυπο στην παραγωγή της επόμενης χρονιάς.

Θετική συσχέτιση είχε η ανόργανη λίπανση με το ποσοστό καρπόδεσης, καθώς στην Καλαμών σημειώθηκε το υψηλότερο και ομοίως στην Κορωνέικη i-38 μαζί με το Frass. Αυτό συμφωνεί με τα ευρήματα των Erel et al. (2008) που διαπίστωσαν ότι η ισορροπημένη λίπανση με N οδήγησε στη βέλτιστη καρπόδεση, σε αντίθεση με τη μεταχείριση που είτε δε δέχθηκε είτε υπερλιπάνθηκε με N. Ο αριθμός ανθέων, όμως, των δύο ποικιλιών και ο αριθμός των καρπιδίων της ποικιλίας Καλαμών δεν επηρεάστηκαν από τις μεταχειρίσεις που φανερώνει τη σημαντικότητα της παρουσίας του βορίου στη θρέψη της ελιάς. Ακόμα και η αύξηση της καρπόδεσης στις δύο ποικιλίες και η αύξηση του αριθμού των καρπιδίων της Κορωνέικης i-38 ήταν τόσο λόγω του N όσο και του B, χωρίς αυτό να οδηγήσει σε μείωση του μεγέθους των καρπών, όπως αναφέρουν και οι Perica et al. (2001). Το μέγεθος των καρπών της Κορωνέικης i-38 δε διέφερε μεταξύ των μεταχειρίσεων, ενώ της Καλαμών έδειξαν την ίδια θετική απόκριση με αύξηση του μεγέθους τους, κυρίως με το frass αλλά και με την ουρία, σε σύγκριση με τον Μάρτυρα. Παρόλα αυτά, η τελική παραγωγή κιλών ανά δένδρο επηρεάστηκε μόνο στην ποικιλία Κορωνέικη i-38, με το Frass και την Ανόργανη λίπανση να έχουν πιο υψηλή απόδοση και παρόμοια με αυτή που κατέγραψαν οι Godini et al. (2011) σε 4 ετών δένδρα ποικιλίας Κορωνέικη μονόκλωνης διαμόρφωσης σε υπερεντατικούς ελαιώνες της Ιταλίας.

Η διαφοροποίηση μεταξύ των ποικιλιών, καθώς η Καλαμών είναι μία μεγαλόκαρπη επιτραπέζια, συνήθως, ποικιλία, ενώ η Κορωνέικη i-38 μία μικρόκαρπη

ελαιοποιήσιμη ποικιλία, συνεπάγεται τη διαφοροποίηση της σύστασης των καρπών και της ανάγκης τους σε θρεπτικά. Αυτός ίσως να είναι ένας λόγος για ορισμένες αντιθέσεις μεταξύ των ποικιλιών κάτω από ίδιες μεταχειρίσεις. Πιο συγκεκριμένα, η Ανόργανη λίπανση είχε αρνητική επίδραση στα ολικά φαινολικά συστατικά και την αντιοξειδωτική ικανότητα των καρπών της Κορωνέικης i-38 και εμφάνισε υψηλότερο δείκτη ωριμότητας σ' αυτούς, ενώ αύξησε σημαντικά την αντιοξειδωτική ικανότητα και δεν επηρέασε τα φαινολικά συστατικά στους καρπούς της Καλαμών που εμφάνισαν μικρότερο δείκτη ωριμότητας. Όσον αφορά την Κορωνέικη i-38, τα ευρήματα είναι ανάλογα με αυτά των Kafkaletou et al. (2021), που αναφέρουν ότι όσο πιο ώριμοι είναι οι καρποί τόσο μειώνονται τα ολικά φαινολικά και η αντιοξειδωτική ικανότητα των καρπών. Επίσης, με την Ανόργανη λίπανση, παράλληλα με την ωρίμανση των καρπών, συνεχίστηκε με μεγαλύτερο ρυθμό η βλαστική ανάπτυξη των δένδρων της Κορωνέικης i-38 από το Frass και τον Μάρτυρα, όποτε σύμφωνα με τους Dag et al. (2018) οδηγήθηκε στη χαμηλότερη περιεκτικότητα ολικών φαινολικών και ελαιοπεριεκτικότητας, καθώς υπήρξε πιθανά ανταγωνισμός των πόρων της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας προς βλαστική ανάπτυξη και ελαιοπεριεκτικότητα - φαινολικά συστατικά. Στην υψηλή ελαιοπεριεκτικότητα και ωριμότητα των καρπών του Μάρτυρα της Κορωνέικης i-38 πιθανώς έπαιξε ρόλο και το μικρό φορτίο των δένδρων. Στην ποικιλία Καλαμών, ο μικρότερος δείκτης ωριμότητας των καρπών της Ανόργανης λίπανσης δικαιολογεί την υψηλότερη αντιοξειδωτική τους ικανότητα και τη χαμηλότερη ελαιοπεριεκτικότητα. Οι καρποί όλων των μεταχειρίσεων της ποικιλίας Καλαμών είχαν κοντινούς σχετικά δείκτες ωριμότητας κι έτσι φαίνεται ότι ο γενότυπος έχει ισχυρή επίδραση στα ολικά φαινολικά συστατικά που παρέμειναν ίδια, παρά τις διαφορετικές μεταχειρίσεις, όπως συμπεράναν και οι Petridis et al. (2012). Όσον αφορά το περικάρπιο των δύο ποικιλιών, οι Morales-Sillero et al. (2008) κατέληξαν ότι ανταγωνίζεται σε θρεπτικά και νερό τον πυρήνα στα αρχικά στάδια της ανάπτυξής του. Έτσι, με την προσθήκη ανόργανης μορφής αζώτου, τα δένδρα βρίσκονταν σε καλύτερη θρεπτική κατάσταση και σε επάρκεια αζώτου συμβάλλοντας στο αυξημένο ποσοστό ξηρού βάρους περικαρπίου.

Γενικά, η χρήση του frass δεν έχει μελετηθεί αρκετά και ειδικά σε δενδρώδεις καλλιέργειες και την ελιά. Το πιο διαδεδομένο frass είναι των εντόμων *Tenebrio molitor* (της οικογένειας Tenebrionidae όπου ανήκει και το *Alphitobius diaperinus*) και *Hermetia illucens*. Η σύνθεση του παραγόμενου frass διαφέρει θρεπτικά από έντομο

σε έντομο και ανάλογα το υπόστρωμα εκτροφής (Athanassiou and Rumbos 2025). Εφαρμογές σε φυλλώδη λαχανικά (σπανάκι, μαρούλι, λάχανο) έδειξαν ότι με την προσθήκη frass αυξήθηκε η αποτελεσματικότητα της φωτοσύνθεσης και η συνολική βιομάζα των φυτών (Antoniadis et al. 2023) και επιπλέον αυξήθηκε η ανοχή τους κάτω από συνθήκες υδατικού στρες, διατηρώντας σταθερά τα επίπεδα χλωροφυλλών (Sawinska et al. 2024).

5. Συμπεράσματα

Με βάση τα ευρήματα της παρούσας πτυχιακής διατριβής προκύπτουν ορισμένα σημαντικά συμπεράσματα για την επίδραση της χρήσης του frass στην ποικιλία Καλαμών εντατικής φύτευσης και Κορωνέικη i-38 υπέρπυκνης φύτευσης σε χαρακτηριστικά των φύλλων και καρπών και την παραγωγή τους.

- Το 2024 ήταν μια χρονιά που επικράτησαν ασυνήθιστες ξηροθερμικές συνθήκες που σίγουρα δεν ευνόησαν την ομαλή ανάπτυξη των δένδρων και καρπών, όμως έδειξαν ανοχή μέσω του frass και των βιοδιεγερτών έναντι της θερμικής και υδατικής καταπόνησης του έτους.
- Η ίδια μεταχείριση στις διαφορετικές ποικιλίες επέφερε σε αρκετά χαρακτηριστικά διαφορετικά αποτελέσματα, επισημαίνοντας τον ρόλο του γενοτύπου και των περιβαλλοντικών παραγόντων.
- Και στις δύο ποικιλίες, οι διαφορετικές μεταχειρίσεις προσθήκης οργανικού και ανόργανου αζώτου σε συνδυασμό με τις διαφυλλικές εφαρμογές των βιοδιεγερτών οδήγησαν σε πιο αυξημένη συγκέντρωση φωτοσυνθετικών χρωστικών στα φύλλα, κυρίως κατά την περίοδο του καλοκαιριού, και σε χαμηλότερο ειδικό βάρος συγκριτικά με τον Μάρτυρα.
- Και στις δύο ποικιλίες το μεγαλύτερο μήκος της φετινής βλάστησης καταγράφηκε στη μεταχείριση της Ανόργανης λίπανσης, έπειτα του Frass και το μικρότερο του Μάρτυρα.
- Στην ποικιλία Καλαμών, η Ανόργανη λίπανση σημείωσε τη μεγαλύτερη καρπόδεση, ενώ στην ποικιλία Κορωνέικη i-38, το Frass και η Ανόργανη λίπανση εμφάνισαν τον ίδιο και υψηλότερο αριθμό καρπιδίων και ποσοστό καρπόδεσης. Η πυκνότητα ανθοφορίας και στις δύο ποικιλίες δεν επηρεάστηκε από τις διαφορετικές μεταχειρίσεις, όμως στην Κορωνέικη i-38 η παραγωγή ανά δένδρο αυξήθηκε εξίσου το ίδιο για το Frass και την Ανόργανη λίπανση.
- Το Frass, στην ποικιλία Καλαμών, οδήγησε σε ίδιο βάρος καρπού με την Ανόργανη λίπανση, όμως σε μεγαλύτερο λόγο σάρκας/πυρήνα, δείκτη ωριμότητας και ελαιοπεριεκτικότητα, ενώ το υψηλότερο ποσοστό ξηρού βάρους περικαρπίου καταγράφηκε στην Ανόργανη λίπανση. Το χρώμα των καρπών ήταν ίδιο για όλες τις μεταχειρίσεις. Στην Κορωνέικη i-38, το βάρος των καρπών και ο λόγος σάρκας/πυρήνα δε διέφεραν ανά μεταχείριση, όμως το Frass εμφάνισε το υψηλότερο χρώμα C* στους καρπούς και τον μικρότερο δείκτη ωριμότητας σε

αντίθεση με την Ανόργανη λίπανση που είχε τον υψηλότερο. Τη μεγαλύτερη ελαιοπεριεκτικότητα είχαν οι καρποί του Μάρτυρα, ενώ του Frass και της Ανόργανης λίπανσης ήταν σε παρόμοια πιο χαμηλά ποσοστά.

- Στην ποικιλία Καλαμών, οι διαφορετικές μεταχειρίσεις δεν επηρέασαν τη συγκέντρωση των ολικών φαινολικών συστατικών των καρπών, σε αντίθεση με αυτή της Κορωνέικης i-38 που ήταν ίδια για τον Μάρτυρα και το Frass και υψηλότερη από της Ανόργανης λίπανσης. Η αντιοξειδωτική ικανότητα των καρπών ποικιλίας Καλαμών που δέχθηκαν ανόργανη λίπανση ήταν η πιο υψηλή, ενώ της ποικιλίας Κορωνέικη i-38 ίδιας μεταχείρισης πιο χαμηλή από του Frass και του Μάρτυρα.

Η παρούσα εργασία αποτέλεσε μια πρώτη προσέγγιση της ένταξης των υπολειμμάτων εκτροφής του εντόμου *Alphitobius diaperinus* (frass) στη λίπανση της ελιάς των ποικιλιών Καλαμών εντατικής φύτευσης και Κορωνέικη i-38 υπέρπυκνης φύτευσης. Θα είχε μεγάλο ενδιαφέρον μελλοντικά να εξεταστούν οι θετικές επιδράσεις από την εφαρμογή του σε ένα εύρος εμπορικών ποικιλιών ελιάς κάτω από διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες και καλλιεργητικές πρακτικές για περισσότερα καλλιεργητικά έτη, ώστε να γίνει μια καλύτερη προσέγγιση της απόκρισης των ελαιόδενδρων ύστερα από την προσθήκη αυτής της εναλλακτικής οργανικής λίπανσης.

6. Βιβλιογραφία

Ελληνική βιβλιογραφία

1. Εθνική Διαεπαγγελματική Οργάνωση Επιτραπέζιας Ελιάς (ΔΟΕΠΕΛ), 2023. https://doepel.gr/?page_id=15483 (Πρόσβαση στις 9 Ιουλίου 2025).
2. Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (EMY), 2024. Annual Bulletin on the Climate in Greece 2024. http://oldportal.emy.gr/emv/el/pdf/Annual_Bulletin_Climate_2024_GR.pdf (Πρόσβαση στις 25 Αυγούστου 2025).
3. Ευρωπαϊκή Ένωση, 2019. Κανονισμός (ΕΕ) 2019/1009 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 5ης Ιουνίου 2019 για τη θέσπιση κανόνων σχετικά με τη διάθεση προϊόντων λίπανσης της ΕΕ στην αγορά και την τροποποίηση των κανονισμών (ΕΚ) αριθ. 1069/2009 και (ΕΚ) αριθ. 1107/2009 και για την κατάργηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 2003/2003. Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, L 170, σσ. 1–114. https://www.minagric.gr/images/stories/docs/agrotis/Lipasmata/Koinotiki_Nomothesia/kan2019_1009_050619.PDF (Πρόσβαση στις 31 Ιουλίου 2025).
4. Θεριός Ι. Ν., 2015. Ελαιοκομία. Εκδόσεις Γαργατάνη, Θεσσαλονίκη.
5. Καραμπουρνιώτης Γ., Λιακόπουλος Γ. και Νικολόπουλος Δ., 2012. Φυσιολογία Καταπονήσεων των Φυτών, Εκδόσεις ΕΜΒΡΥΟ, Αιγάλεω.
6. Κουμπούρης Γ., 2021. Πρακτικές οδηγίες για την καλλιέργεια της ελιάς. Ινστιτούτο Ελιάς, Υποτροπικών & Αμπέλου Χανίων, Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός «ΔΗΜΗΤΡΑ», Χανιά. https://elgo.iosv.gr/wp-content/uploads/2021/04/support_fylladia_%CE%9A%CE%B1%CE%BB%CE%BB.%CE%B5%CE%BB%CE%B9%CE%AC%CF%82Koubouris_v27.pdf (Πρόσβαση στις 16 Ιουλίου 2025).
7. Νάνος Γ., 2019. ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΕΙΔΙΚΗ ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΑ. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος. https://agr.uth.gr/wp-content/uploads/sites/4/2023/11/simioseis_eidikis_4594233145.pdf (Πρόσβαση στις 15 Ιουλίου 2025).

8. Ρούσσης Ι. και Μπαδέκα Α., 2020. Σημειώσεις Εργαστηρίου Ανάλυσης και Τεχνολογίας Τροφίμων. Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
9. Ρούσσος Π., 2021. Ελιά. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
<https://www.aua.gr/roussos/Roussos/pdf/Printing%20Lessons/Olive.pdf>
(Πρόσβαση στις 16 Ιουλίου 2025).
10. Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος. Τμήμα Γεωργίας, 2022 Η καλλιέργεια της ελιάς.
<https://www.moi.gov.cy/moa/da/da.nsf/> (Πρόσβαση στις 10 Ιουλίου 2025).
11. Φιλίππου Ε., 2005. Ανατομικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά του φωτοσυνθετικού ιστού του βλαστού της ελιάς (*Olea europaea* L.). Διδακτορική διατριβή. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.

Ξένη βιβλιογραφία

1. Antoniadis V., Molla A., Grammenou A., Apostolidis V., Athanassiou C. G., Rumbos C. I. and Levizou E., 2023. Insect Frass as a Novel Organic Soil Fertilizer for the Cultivation of Spinach (*Spinacia oleracea*): Effects on Soil Properties, Plant Physiological Parameters, and Nutrient Status. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 23:5935-5944.
2. Athanassiou C. G. and Rumbos C. I., 2025. Frass and Furious: Unfolding the Potential of Insect Frass as Soil Fertilizer. *Agrochemicals*, 4(1):1.
3. Ayompe L. M., Masso C., Epie W. N., Crook E. D. and Egoh B. N., 2025. Insect-based organic waste management: a sustainable pathway to enhanced ecosystem services and food security. *Frontiers in Sustainability*, 6.
4. Baiano A., Gambacorta G., Terracone C., Previtali M. A. and La Notte E., 2009. Characteristics of drupes, phenolic content and antioxidant capacity of Italian olive fruits. *Journal of Food Lipids*, 16(3):209-226.
5. Brand-Williams W., Cuvelier M.E., Berset C. 1995. Use of a radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie*, 28:25-30.

6. Burin T., Grohar M. C., Jakopic J., Veberic R. and Hudina M., 2025. Impact of storage period and conditions on mechanically harvested olives (*Olea europaea* L.). *Scientia Horticulturae*, 343:114071.
7. Cardarelli M., El Chami A., Iovieno P., Rouphael Y., Bonini P. and Colla G., 2023. Organic Fertilizer Sources Distinctively Modulate Productivity, Quality, Mineral Composition, and Soil Enzyme Activity of Greenhouse Lettuce Grown in Degraded Soil. *Agronomy*, 13(1):194.
8. Chatzistathis T., Kavvadias V., Sotiropoulos T. and Papadakis I. E., 2021. Organic Fertilization and Tree Orchards. *Agriculture*, 11(8):692.
9. Chrysant S.G. and Chrysant G.S., 2024. Olive Oil Consumption and Cardiovascular Protection: Mechanism of Action. *Cardiology in Review*, 32(1):57-61.
10. Dag A., Erel R., Kerem Z., Ben-Gal A., Stern N., Bustan A., Zipori I. and Yermiyahu U., 2018. Effect of nitrogen availability on olive oil quality. *Acta Horticulturae*, 1199:465-469.
11. Emmanouilidou M. G., Koukourikou-Petridou M., Gerasopoulos D. and Kyriacou M.C., 2020. Evolution of physicochemical constitution and cultivar-differential maturity configuration in olive (*Olea europaea* L.) fruit. *Scientia Horticulturae*, 272:109516.
12. Erel R., Dag A., Ben-Gal A. and Schwartz A., 2008. Flowering and Fruit Set of Olive Trees in Response to Nitrogen, Phosphorus, and Potassium. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 133(5):639-647.
13. European Commission, 2021. COMMISSION REGULATION (EU) 2021/1925 of 5 November 2021 amending certain Annexes to Regulation (EU) No 142/2011 as regards the requirements for placing on the market of certain insect products and the adaptation of a containment method. *Official Journal of the European Union*, L 393, pp. 1-5.
14. European Commission, Directorate-General for Agriculture and Rural Development, 2020. Olive oil in the EU.

https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/olive-oil_el (Πρόσβαση στις 19 Ιουλίου 2025).

15. European Court of Auditors, 2024. Special Report 19/2024: Organic farming in the EU- Gaps and inconsistencies hamper the success of the policy. Luxemburg, Publications Office of the European Union. https://www.eca.europa.eu/ECAPublications/SR-2024-19/SR-2024-19_EN.pdf (Πρόσβαση στις 31 Ιουλίου 2025).
16. European Food Safety Authority (EFSA), 2019. Update of the Scientific Opinion on the risks to plant health posed by *Xylella fastidiosa* in the EU territory. EFSA Journal, 17(5):5665.
17. Fernández-Escobar R., 2018. Trends in olive nutrition (a review). Acta Horticulturae, 1199:215-223.
18. Fernández-Escobar R., Beltrán G., Sánchez-Zamora M. A., Garcia-Novelo J., Aguilera M. P. and Uceda M., 2006. Olive Oil Quality Decreases with Nitrogen Over-fertilization. HortScience, 41(1):215-219.
19. Fernández-Escobar R., Sánchez-Zamora M. A., García-Novelo J. M. and Molina-Soria C., 2015. Nutrient Removal from Olive Trees by Fruit Yield and Pruning. HortScience, 50(3):474-478.
20. Fernández J.E., Moreno F., Cabrera F. and Arrue J.L., 1991. Drip irrigation, soil characteristics and the root distribution and root activity of olive trees. Plant and Soil, 133(2):239-251.
21. Farolfi C., Tombesi S., Lucini L., Capri E. and García-Pérez P., 2024. Influence of Fruit Load and Water Deficit on Olive Fruit Phenolic Profiling and Yield. International Journal of Plant Biology, 15(3):895-913.
22. Ferrari M., Muto A., Bruno L., Muzzalupo I. and Chiappetta A., 2023. Modulation of Anthocyanin Biosynthesis-Related Genes during the Ripening of *Olea europaea* L. cvs Carolea and Tondina Drupes in Relation to Environmental Factors. International Journal of Molecular Sciences, 24(10):8770.

23. Filippou M., Fasseas C. and Karabourniotis G., 2007. Photosynthetic characteristics of olive tree (*Olea europaea*) bark. *Tree Physiology*, 27:977-984.
24. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019. The international Code of Conduct for the sustainable use and management of fertilizers. Rome.
<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/a8edc4fb-1614-426b-b21c-440fff19c46b/content> (Πρόσβαση στις 31 Ιουλίου 2025).
25. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2023. FAOSTAT database. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (Πρόσβαση στις 10 Ιουλίου 2025).
26. Frangipane M. T., Garzoli S., Massantini R., Merendino N. and Costantini L., 2025. Characterizing the Antioxidant Activity, Fatty Acids, and Sensory Profile of Eight Extra Virgin Olive Oils With Protected Designation of Origin (PDO) From Lazio (Italy): A Pilot Study. *European Journal of Lipid Science and Technology*, Early View.
27. Gerantonakis N., Varikou K., Markakis E., Birouraki A., Sergeantani C., Psarras G. and Koubouris G.C., 2016. Interaction between *Bactrocera oleae* (Diptera:Tephritidae) infestation and fruit mineral element content in *Olea europaea* (Lamiales:Oleaceae) cultivars of global interest. *Applied Entomology and Zoology*, 51:257-265.
28. Godini A., Vivaldi G. A. and Camposeo S., 2011. Olive cultivars field-tested in super-high-density system in Southern Italy. *California Agriculture*, 65:39-40.
29. González-Rodríguez M., Edjoudi D. A., Cordero-Barreal A., Farrag M., Varela-García M., Torrijos-Pulpón C., Ruiz-Fernández C., Capuozzo M., Ottaiano A., Lago F., Pino J., Farrag Y. and Gualillo O., 2023. Oleocanthal, an Antioxidant Phenolic Compound in Extra Virgin Olive Oil (EVOO): A Comprehensive Systematic Review of Its Potential in Inflammation and Cancer. *Antioxidants*, 12(12):2112.
30. Grattan S. R., Berenguer M. J., Connell J. H., Polito V. S. and Vossen P. M., 2006. Olive oil production as influenced by different quantities of applied water. *Agricultural Water Management*, 85(1-2):133-140.

31. Gucci R. and Cantini C., 2016. Modern techniques for olive tree pruning. Translated by Frantzolas V. Olive Oil Seminars.
32. Haberman A., Dag A., Shtern N., Zipori I., Erel R., Ben-Gal A. and Yermiyahu U., 2019. Long-Term Impact of Potassium Fertilization on Soil and Productivity in Intensive Olive Cultivation. *Agronomy*, 9(9):525.
33. Hénault-Ethier L., Quinche M., Reid B., Hotte N., Fortin A., Normandin É., de La Rochelle Renaud G., Zadeh A. R., Deschamps M. H. and Vandenberg G., 2024. Opportunities and challenges in upcycling agri-food byproducts to generate insect manure (frass): A literature review. *Waste Management*, 176:169-191.
34. Iantomasi M., Terzo M. and Tsiani E., 2024. Anti-Diabatic Effects of Oleuropein. *Metabolites*, 14(11):581.
35. Iniesta F., Testi L., Orgaz F. and Villalobos F.J., 2009. The effects of regulated and continuous deficit irrigation on the water use, growth and yield of olive trees. *European Journal of Agronomy*, 30(4):258-265.
36. International Olive Council (IOC), 2007. Production Techniques in olive growing. International Olive Council, Madrid. https://www.internationaloliveoil.org/wp-content/uploads/2019/12/Olivicultura_eng.pdf (Πρόσβαση στις 5 Σεπτεμβρίου 2025).
37. International Olive Council (IOC), 1996. World Olive Encyclopaedia. International Olive Council, Madrid.
38. International Olive Council (IOC), 2012. https://www.internationaloliveoil.org/wp-content/uploads/2019/11/ENGLISH_POLICY_GREECE-2012_OK.pdf (Πρόσβαση στις 15 Ιουλίου 2025).
39. International Olive Council (IOC), 2025. Designations and Definitions of Olive Oils. <https://www.internationaloliveoil.org/olive-world/olive-oil/> (Πρόσβαση στις 20 Ιουλίου 2025).

40. Iovane M., Cirillo A., Izzo L. G., Di Vaio C. and Aronne G., 2022. High Temperature and Humidity Affect Pollen Viability and Longevity in *Olea europaea* L. *Agronomy*, 12(1):1.
41. Kafkaletou M., Ouzounidou G. and Tsantili E., 2021. Fruit Ripening, Antioxidants and Oil Composition in Koroneiki Olives (*Olea europea* L.) at Different Maturity Indices. *Agronomy*, 11(1):122.
42. Kavvadias V. and Koubouris G., 2019. Sustainable Soil Management Practices in Olive Groves. *Soil Fertility Management for Sustainable Development*. Springer, Singapore, pp. 167-188.
43. Kavvadias V., Papadopoulou M., Vavoulidou E., Theocharopoulos S., Koubouris G., Psarras G., Manolaraki Chr., Giakoumaki G. and Vasiliadis A., 2018. Effect of sustainable management of olive trees residues on soil fertility in irrigated and rain-fed orchards. *Journal of Water and Climate Change*, 9:764-774.
44. Koubouris G., León L. and Benlloch M., 2025. High Temperatures. In: *World Catalogue of Olive Varieties*. International Olive Council, Madrid. <https://worldolivecatalogue.internationaloliveoil.org/document/module-2-variability/high-temperatures> (Πρόσβαση στις 5 Σεπτεμβρίου 2025).
45. Lavee S., Rallo L., Rapoport H. F. and Troncoso A., 1996. The floral biology of the olive: effect of flower number, type and distribution on fruitset. *Scientia Horticulturae*, 66(3-4):149-158.
46. Lichtenthaler H.K., 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*, Academic Press, 148:350-382.
47. Lozano de Sosa L., Martin-Palomo M. J., Castro-Valdecantos P. and Madejon E., 2023. Agricultural use of compost under different irrigation strategies in a hedgerow olive grove under Mediterranean conditions – a comparison with traditional systems. *Soil*, 9(1):325-338.

48. Masmoudi-Charfi C., Masmoudi M. and Ben Mechlia N., 2013. Root distribution in young olive trees (*Olea europaea* cv. Chétoui) and agronomic application. *Advances in Horticultural Science*, 25(2):112-122.
49. McGuire R.G., 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27:1254-1255.
50. Michail I., Pantazis C., Solomos S., Michailidis M., Molassiotis A. and Gkissakis V., 2025. Cover Crops for Carbon Mitigation and Biodiversity Enhancement: A Case Study of an Olive Grove in Messinia, Greece. *Agriculture*, 15(8):898.
51. Michalopoulos G., Kasapi K. A., Koubouris G., Psarras G., Arampatzis G., Hatzigiannakis E., Kavvadias V., Xiloyannis C., Montanaro G., Malliaraki S., Angelaki A., Manolaraki C., Giakoumaki G., Reppas S., Kourgialas N. and Kokkinos G., 2020. Adaptation of Mediterranean Olive Groves to Climate Change through Sustainable Cultivation Practices. *Climate*, 8(4):54.
52. Mili E., Vemmos S. N. and Pisimisi E., 2011. The effect of water stress on CO₂ assimilation rate of 10 olive cultivars. *Acta Horticulturae*
53. Molina-Soria C. and Fernández-Escobar R., 2012. A proposal of new critical leaf nitrogen concentrations in olive. *Acta Horticulturae*, 949:283-286.
54. Morales-Sillero A., Rapoport H., Fernandez J. E. and Troncoso A., 2008. Olive fruit pulp and pit growth under differing nutrient supply. *Scientia Horticulturae*, 117(2):182-184.
55. Muñoz-Seijas N., Fernandes E., Domínguez J. M. and Salgado J. M., 2025. Recent Advances in Biorefinery of *Tenebrio molitor* Adopting Green Technologies. *Food and Bioprocess Technology*, 18:1061-1078.
56. Ostos E., Garcia-Lopez M. T., Porras R., Lopez-Escudero F. J., Trapero-Casas A., Michailides T. J. and Moral J., 2020. Effect of Cultivar Resistance and Soil Management on Spatial-Temporal Development of *Verticillium* Wilt of Olive: A Long-Term Study. *Frontiers in Plant Science*, 11.
57. Ozdemir Y., Kayahan S., Altunkanat H. and Ozturk A., 2024. Variation in Phenol and Antioxidant Bioaccessibility of Olive Oil According to Olive Maturity and Region. *Applied Fruit Science*, 66(6):2403-2413.

58. Pascual M., Villar J. M., Arbones A. and Rufat J., 2019. Nitrogen nutrition diagnosis for olive trees grown in super-intensive cropping systems. *Journal of Plant Nutrition*, 49(15):1803-1817.
59. Perica S., Brown P. H., Connell J. H. and Nyomora A., 2001. Foliar Boron Application Improves Flower Fertility and Fruit Set of Olive. *HortScience*, 36(4):714-716.
60. Petridis A., Therios I. and Samouris G., 2012. Genotypic Variation of Total Phenol and Oleuropein Concentration and Antioxidant Activity of 11 Greek Olive Cultivars (*Olea europaea* L.). *Journals*, 47(3):339-342.
61. Quesada J.M., Penyalver R. and Lopez M. M., 2012. Epidemiology and Control of Plant Diseases Caused by Phytopathogenic Bacteria: The Case of Olive Knot Disease Caused by *Pseudomonas savastanoi* pv. *savastanoi*. *Plant Pathology*, 59(3):437-452.
62. Rashvand M., 2024. Bruise damage susceptibility of table olive. In: Pathare P.B. and Opara U.L. (eds), *Mechanical Damage in Fresh Horticultural Produce: Measurement, Analysis and Control*, Springer Nature, Singapore, pp. 269-287.
63. Regni L. and Proietti P., 2019. Effects of Nitrogen Foliar Fertilization on the Vegetative and Productive Performance of the Olive Tree and on Oil Quality. *Agriculture*, 9(12):252.
64. Restrepo-Diaz H., Benlloch M., Navarro C. and Fernández-Escobar R., 2008. Potassium fertilization of rainfed olive orchards. *Scientia Horticulturae*, 116(4):399-403.
65. Rodriguez M. Â., Ferreira I. Q., Claro A. M. and Arrobas M., 2012. Fertilizer recommendations for olive based upon nutrients removed in crop and pruning. *Scientia Horticulturae*, 142:205-211.
66. Rosati A., Lodolini E. M. and Famiani F., 2023. From flower to fruit: fruit growth and development in olive (*Olea europaea* L.)- a review. *Frontiers in Plant Science*, 14:1276178.

67. Rumbos C. I., Karanastasi E. and Athanassiou C. G., 2025. Plant health promoting potential of insect frass: just a soil fertiliser or much more besides?, *Journal of Insects as Food and Feed*.
68. Sawinska Z., Radzikowska-Kujawska D., Kowalczewski P. L., Grzanka M., Sobiech L., Skrzypczak G., Drozdzyńska A., Slachcinski M. and Switek S., 2024. *Hermetia illucens* Frass Fertilization: A Novel Approach for Enhancing Lettuce Resilience and Photosynthetic Efficiency under Drought Stress Conditions. *Applied Sciences*, 14(6):2386.
69. Sofo A., Manfreda S., Fiorentino M., Dichio B. and Xiloyannis C., 2008. The olive tree: a paradigm for drought tolerance in Mediterranean climates. *Hydrology and Earth System Sciences*, 12(1):293-301.
70. Stefanoudaki E., Williams M., Chartzoulakis K. and Harwood J., 2009. Effect of irrigation on quality attributes of olive oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(15):7048-7055.
71. Swain T. and Hillis W.E., 1959. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 10:63-68.
72. Tsabarducas V., Chatzistathis T., Therios I. and Patakas A., 2017. How nitrogen form and concentration affect growth, nutrient accumulation and photosynthetic performance of *Olea europaea* L. (cv. 'Kalamon'). *Scientia Horticulturae*, 128:23-29.
73. Vossen P., 2007. Pruning Olive Trees: How to Minimize Alternate Bearing And Improve Production. First Press Newsletter of Olive Oil Production and Evaluation. University of California Cooperative Extension. Spring 2007, 2(3).
74. Zipori I., Yermiyahu U., Erel R., Presnov E., Faingold I., Ben-Gal A. and Dag A., 2015. The influence of irrigation level on olive tree nutritional status. *Irrigation Science*, 33:277-287.