



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

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**«Επίδραση της λίπανσης με κάλιο στα ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών,
τη θρεπτική κατάσταση φύλλων και
την παραγωγή δένδρων ελιάς ποικ. Καλαμών»**



Κάτσενου Αναστασία

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Περσεφόνη Μαλέτσικα

Τίτλος πτυχιακής εργασίας: ‘Επίδραση της λίπανσης με κάλιο στα ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών, τη θρεπτική κατάσταση φύλλων και την παραγωγή δένδρων ελιάς ποικ. Καλαμών’

Τίτλος στην αγγλική γλώσσα: ‘Effect of potassium fertilization on fruit quality characteristics, leaf nutrition and production of olive trees cv. Kalamon’

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

- Μαλέτσικα Περσεφόνη, Επίκουρος 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
- Αντωνιάδης Βασίλειος, Καθηγητής Εφαρμοσμένης Εδαφολογίας Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

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».

*Στην οικογένεια μου
για την αγάπη και τη στήριξη
που τόσο απλόχερα μου προσφέρει*

Ευχαριστίες

Σε αυτό το σημείο, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμότερες ευχαριστίες στην Επίκουρο Καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος κα Μαλέτσικα Περσεφόνη, επιβλέπουσα καθηγήτρια της πτυχιακής μου εργασίας, για την άψογη συνεργασία, τις πολύτιμες συμβουλές της, την άμεση ανταπόκριση σε οτιδήποτε προέκυπτε αλλά και για τη στήριξη της.

Επίσης, ευχαριστώ τον κ. Νάνο Γεώργιο, Διευθυντή του Εργαστηρίου Δενδροκομίας για τον χρόνο που διέθεσε με τις πολύτιμες συμβουλές του. Είμαι ευγνώμων για τη βοήθεια που μου προσέφεραν η κα Ευαγγελία Παναγιωτάκη, μέλος Ε.ΔΙ.Π. του Π.Θ. και η κα Νικολίτσα Τομαρά, μέλος Ε.Τ.Ε.Π. του Π.Θ. κατά την εκπόνηση των εργαστηριακών μετρήσεων στο Εργαστήριο Δενδροκομίας.

Επιπλέον, θέλω να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον κ. Τσιρόπουλο Νικόλαο, Διευθυντή του Εργαστηρίου Αναλυτικής Χημείας και Γεωργικής Φαρμακολογίας, τον κ. Αντωνιάδη Βασίλειο, Διευθυντή του Εργαστηρίου Εδαφολογίας, τον κ. Πετρόπουλο Σπυρίδωνα, Διευθυντή του Εργαστηρίου Λαχανοκομίας και τον κ. Κατσούλα Νικόλαο, Διευθυντή του Εργαστηρίου Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος για την παραχώρηση των οργάνων που χρησιμοποιήθηκαν.

Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς τους αγαπημένους μου φίλους για τη συμπαράσταση και τη βοήθεια τους.

Τέλος, νιώθω την ανάγκη να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου, για την στήριξη που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου σπουδών μου και χωρίς τη βοήθεια τους δεν θα ήταν εφικτή η υλοποίηση του πειράματος.

Περίληψη

Η συγκεκριμένη εργασία είχε ως σκοπό να βελτιώσει το μέγεθος του καρπού της ελιάς ποικιλίας Καλαμών για βελτίωση της εμπορικής της αξίας. Για τον σκοπό αυτό μελετήθηκε η επίδραση μίας εναλλακτικής λίπανσης με κάλιο σε ελαιόδεντρα ποικιλίας Καλαμών σε σύγκριση με την καθιερωμένη λίπανση του παραγωγού. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε το έτος 2022, στην περιοχή της Λακωνίας, σε αρδευόμενο ελαιώνα με ασβεστούχο έδαφος, σε δέντρα ηλικίας 50 ετών ποικιλίας Καλαμών. Το πείραμα περιλάμβανε δύο μεταχειρίσεις, τον μάρτυρα που αφορούσε τη βασική λίπανση του παραγωγού στα τέλη του χειμώνα, και την εναλλακτική λίπανση με κάλιο που αφορούσε την επιπλέον λίπανση με κάλιο στο έδαφος σε τρεις δόσεις από τα τέλη Ιουνίου έως τα τέλη Αυγούστου. Η εναλλακτική καλιούχος λίπανση στο έδαφος δεν ήταν επαρκής για να βελτιώσει τη θρεπτική κατάσταση των φύλλων σε κάλιο, το οποίο παρέμεινε σε έλλειψη. Τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά των φύλλων παρουσίασαν ενδείξεις υδατικής καταπόνησης, πιθανόν λόγω ανεπάρκειας καλίου. Η παραγωγικότητα των δέντρων δεν βελτιώθηκε με την επιπλέον εφαρμογή καλίου, και γενικά οι καρποί είχαν μεσαίο προς μικρό μέγεθος. Στις μικρότερες κατηγορίες μεγέθους του καρπού (3 και 4), με βάση τη διαλογή τους, παρατηρήθηκε αύξηση του βάρους και του μήκους καρπού ύστερα από την επιπλέον εφαρμογή καλίου. Το ποσοστό ξηρού βάρους περικαρπίου, η ελαιοπεριεκτικότητα, το βάρος ενδοκαρπίου και ο λόγος μήκος/πλάτος καρπού ήταν υψηλότερα στη μεταχείριση που προστέθηκε το επιπλέον κάλιο. Ο λόγος σάρκας προς πυρήνα ήταν μειωμένος στη μεταχείριση που δέχθηκε εναλλακτική λίπανση εξαιτίας του υψηλότερου βάρους ενδοκαρπίου στη συγκεκριμένη μεταχείριση. Το χρώμα του καρπού στη μεταχείριση της εναλλακτικής λίπανσης βελτιώθηκε μόνο στη μεγαλύτερη κατηγορία μεγέθους των καρπών σε σχέση με τους καρπούς του μάρτυρα. Η συγκέντρωση των καρπών σε κάλιο και σε ολικά φαινολικά συστατικά ήταν παρόμοια μεταξύ των μεταχειρίσεων, ενώ η εναλλακτική λίπανση με κάλιο συνέβαλε στην αύξηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας των καρπών συγκριτικά με τον μάρτυρα. Συμπερασματικά, για τη βελτίωση της ποιότητας των ελαιόκαρπων και της απόδοσης των ελαιόδεντρων, ιδιαίτερα αυτών που αναπτύσσονται σε προβληματικά εδάφη, συνιστάται η ορθολογική λίπανση που βασίζεται στη σταδιακή εφαρμογή των θρεπτικών στοιχείων σύμφωνα με τις ανάγκες των δέντρων και την αξιοποίηση της διαφυλλικής εφαρμογής θρεπτικών στοιχείων για διόρθωση τυχόν θρεπτικών ανισορροπιών.

Λέξεις κλειδιά: *Olea europaea*, βρώσιμη ελιά, θρέψη ελιάς, αντιοξειδωτική ικανότητα καρπών, ελαιοπεριεκτικότητα.

Abstract

The aim of this study was to improve the fruit size of the cultivar Kalamon to succeed a higher commercial value. For this purpose, it was studied the effect of an alternative potassium fertilization on olive trees in comparison with the standard fertilization of the producer. The experiment was carried out in 2022, in the region of Laconia, in an irrigated olive grove with calcareous soil, with 50-year-old trees of the cultivar Kalamon. The experiment included two treatments, the control which involved the producer's standard fertilization in late winter, and the alternative potassium fertilization which involved additional potassium fertilization to the soil in three doses from late June to late August. The alternative potassium fertilization in the soil was not sufficient to improve the nutrient status of the leaves in potassium, which remained deficient. The physiological characteristics of the leaves showed signs of water stress, possibly due to potassium deficiency. Tree productivity was not improved with additional potassium application, and fruit were generally medium to small in size. In the smallest fruit size categories (3 and 4), an increase in fruit weight and length was observed after the additional application of potassium. Pericarp dry weight percentage, olive oil content, endocarp weight and fruit length/width ratio were higher in the extra potassium treatment. The flesh-to-stone ratio was reduced in the alternative fertilization treatment due to the higher endocarp weight in that treatment. Alternative fertilization improved fruit color only in the larger fruit size class compared to control. Fruit content of potassium and total phenolics were similar between treatments, while alternative potassium fertilization contributed to an increase in fruit antioxidant capacity compared to the control. In conclusion, to improve the quality of olive fruits and the yield of olive trees, especially those growing in problematic soils, rational fertilization based on the gradual application of nutrients according to the needs of the trees and the utilization of foliar application of nutrients is recommended to correct any nutritional imbalances.

Key words: *Olea europaea*, table olives, olive nutrition, fruit antioxidant capacity, oil content.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	V
Περίληψη.....	VI
Abstract	VII
1. Εισαγωγή.....	1
1.1. Η ελιά (<i>Olea europaea</i>).....	1
1.2. Σημαντικότητα του κλάδου της επιτραπέζιας ελιάς και ειδικότερα της ποικιλίας Καλαμών.....	2
1.3. Θρεπτική αξία ελαιόλαδου	4
1.4. Μορφολογικά χαρακτηριστικά της ελιάς.....	4
1.5. Οικολογία και φυσιολογία της ελιάς.....	8
1.6. Ρύθμιση ισορροπίας βλάστησης - καρποφορίας στην ελιά.....	9
1.7. Ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών και διατροφική αξία βρώσιμης ελιάς	10
1.8. Μεταβολή συστατικών κατά την ανάπτυξη του καρπού.....	11
1.9. Καλλιεργητικές πρακτικές ελιάς.....	12
1.9.1. Κλάδεμα	12
1.9.2. Άρδευση	12
1.9.3. Διαχείριση ζιζανίων.....	13
1.9.4. Φυτοπροστασία	13
1.9.5. Συγκομιδή.....	14
1.10. Θρέψη και λίπανση της ελιάς.....	14
1.10.1. Άζωτο	20
1.10.2. Φώσφορος.....	21
1.10.3. Κάλιο	21
1.10.4. Βόριο.....	24
1.10.5. Λοιπά στοιχεία και ιχνοστοιχεία	25
1.11. Σκοπός εργασίας	25
2. Υλικά και μέθοδοι.....	27
2.1. Πειραματικός αγρός, φυτικό υλικό και μεταχειρίσεις.....	27
2.2. Μετρήσεις	30
2.3. Μέτρηση φυσιολογικών χαρακτηριστικών φύλλων.....	30
2.4. Μέτρηση ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών.....	32
2.5. Μέτρηση της παραγωγικότητας των δέντρων.....	34
2.6. Μέτρηση αντιοξειδωτικών χαρακτηριστικών καρπών.....	35
2.6.1. Προετοιμασία εκχυλίσματος	35
2.6.2. Μέτρηση της περιεκτικότητας των καρπών σε ολικά φαινολικά συστατικά .	36

2.6.3.	Μέτρηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας των καρπών.....	36
2.7.	Μέτρηση ελαιοπεριεκτικότητας	37
2.8.	Μέτρηση της συγκέντρωσης των φύλλων σε K και Ca και των καρπών σε K... ..	38
2.9.	Στατιστική επεξεργασία.....	39
3.	Αποτελέσματα	40
3.1.	Φυσιολογικά χαρακτηριστικά φύλλων	40
3.1.1.	Ποσοστό % ξηράς ουσίας και ειδικό βάρος φύλλων.....	40
3.1.2.	Συγκέντρωση των φύλλων σε χλωροφύλλη.....	40
3.2.	Παραγωγικότητα των δέντρων	41
3.2.1.	Ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών	43
3.3.	Αντιοξειδωτικά χαρακτηριστικά καρπών	49
3.4.	Ελαιοπεριεκτικότητα καρπών	50
3.5.	Συγκέντρωση των φύλλων ελιάς σε K και Ca	50
3.6.	Συγκέντρωση των καρπών ελιάς σε K.....	51
4.	Συζήτηση.....	52
5.	Συμπεράσματα	60
6.	Βιβλιογραφία.....	62

1. Εισαγωγή

1.1.Η ελιά (*Olea europaea*)

Η καλλιέργεια της ελιάς είναι γνωστή στη λεκάνη της Μεσογείου από την αρχαιότητα. Η εξάπλωση της σε παγκόσμιο επίπεδο σήμερα αγγίζει σχεδόν τα 11 εκατομμύρια εκτάρια (ha) και οφείλεται αφενός στην οικονομική συμβολή της στην εθνική οικονομία και αφετέρου στην παραγωγή ποιοτικού ελαιόλαδου και επιτραπέζιων ελιών, προϊόντων υψηλής θρεπτικής αξίας.

Η χώρα μας μαζί με την Ισπανία, την Ιταλία και την Πορτογαλία κατέχουν σημαντικότατο ποσοστό, ήτοι 98%, της συνολικής καλλιεργούμενης έκτασης της ελιάς στην Ευρώπη. Η συνολική έκταση ελαιώνων στην Ελλάδα το έτος 2022 ανήλθε σε 846660 ha σε σχέση με το 2021 όπου ήταν 826390 ha (Πιν. 1.1). Σύμφωνα με στατιστικά του Διεθνούς Συμβουλίου Ελαιοκομίας IOC (2024) η συνολική παραγωγή επιτραπέζιων ελιών σε παγκόσμιο επίπεδο το έτος 2022/23 ήταν 3014,5 χιλιάδες Mg, ενώ για το ελαιόλαδο ήταν 2569,5 χιλιάδες Mg. Η παραγωγή επιτραπέζιων ελιών στην Ελλάδα, η οποία το 2022/23 βρισκόταν στη 2^η θέση παραγωγής στην ΕΕ μετά την Ισπανία, άγγιζε τα 325 χιλιάδες Mg συμβάλλοντας στο 39,4% της συνολικής παραγωγής στην ΕΕ που ήταν 824,9 χιλιάδες Mg, ενώ η παραγωγή ελαιόλαδου άγγιζε τα 345,5 χιλιάδες Mg (IOC 2024).

Πίνακας 1.1 Καλλιεργήσιμη έκταση ελαιώνων σε εκτάρια των 10 πιο παραγωγικών χωρών παγκοσμίως για τα έτη 2022 και 2021 σύμφωνα με δεδομένα του FAOSTAT 2024.

Χώρα	Ισπανία	Τυνησία	Μαρόκο	Ιταλία	Τουρκία	Ελλάδα	Συρία	Αλγερία	Πορτογαλία	Λιβύη
Καλλιεργήσιμη έκταση (ha)										
2022	2635280	1799251	1201308	1076520	901126	846660	676338	457609	379570	220009
2021	2623290	1251313	1104083	1129000	889168	826390	693106	440008	380410	239480



Γράφημα 1.1 Καλλιεργήσιμη έκταση ελαιώνων εκφρασμένη ως ποσοστό % των 10 πιο παραγωγικών χωρών παγκοσμίως για το έτος 2022 σύμφωνα με δεδομένα του FAOSTAT 2024.

Η ελαιοκαλλιέργεια είναι μια καλλιέργεια που επεκτείνεται σιγά σιγά και σε περιοχές της Ελλάδας παραδοσιακά μη ελαιοκομικές. Οι ποικιλίες της ελιάς διακρίνονται σε ελαιοποιήσιμες, επιτραπέζιες και διπλής χρήσης. Οι ελαιοποιήσιμες ποικιλίες καταλαμβάνουν πολύ μεγαλύτερη έκταση σε σχέση με τις επιτραπέζιες ποικιλίες, αρκετές εκ των οποίων είναι διπλής χρήσης και μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για παραγωγή ελαιόλαδου.

1.2.Σημαντικότητα του κλάδου της επιτραπέζιας ελιάς και ειδικότερα της ποικιλίας Καλαμών

Κύριες ποικιλίες που καλλιεργούνται στη χώρα μας για την παραγωγή βρώσιμων ελιών είναι οι Καλαμών, Χονδρολιά Χαλκιδικής, Κονσερβολιά (Αμφίσσης), Μεγαρείτικη και Θρουμπολιά. Σύμφωνα με τα στοιχεία του Διεθνούς Συμβουλίου Ελαιοκομίας (IOC), οι ελληνικές εξαγωγές επιτραπέζιων ελιών το 2023 ήταν 195,5 χιλιάδες Mg και αυξήθηκαν κατά 13,1% σε σχέση με το 2022, ενώ οι ισπανικές εξαγωγές ήταν 281,6 χιλιάδες Mg και σημείωσαν μια μείωση της τάξης του 14,6% σε σχέση με το 2022 (Παϊσιάδης, 2024).

Πίνακας 1.2 Αξία και όγκος εξαγωγών εγχωρίων ελαιοκομικών προϊόντων 2020-2019 (Τσιφόρου 2021).

Ελαιοκομικά προϊόντα	2020		2019		Μεταβολή 2020/19	
	Αξία (1000€)	Ποσότητα (Τόνοι)	Αξία (1000€)	Ποσότητα (Τόνοι)	Αξία (%)	Ποσότητα (%)
Ελιές νωπές	11034	5908	9293	5521	18,7	7,0
Ελιές διατηρημένες σε ξίδι	51777	16246	59457	19888	-12,9	-18,3
Ελιές παρασκευασμένες	475180	193313	454148	173337	4,6	11,5

Πίνακας 1.3 Εξαγωγές εγχωρίων παρασκευασμένων ελιών στις 10 πρώτες χώρες προορισμού το 2020 (Τσιφόρου 2021).

Χώρες προορισμού	Αξία (1.000 €)	Ποσότητα (Τόνοι)	Μέση τιμή (€/kg)
ΗΠΑ	126999	36979	3,4
Γερμανία	51758	19680	2,6
Ιταλία	32037	19536	1,6
Ρουμανία	24014	14637	1,6
Αυστραλία	23802	9952	2,4
Ην. Βασίλειο	23679	7967	3,0
Καναδάς	22820	8221	2,8
Ολλανδία	19155	7498	2,6
Βέλγιο	18664	10012	1,9
Βουλγαρία	15708	10152	1,5

Εμπορικοί τύποι επιτραπέζιας ελιάς

- Με βάση την ωριμότητα του νωπού καρπού και το χρώμα του τελικού προϊόντος έχουν καθιερωθεί τέσσερις τύποι επιτραπέζιας ελιάς: πράσινες (green), φυσικώς μαύρες (naturally black), ξανθές (turning color) και τεχνητώς μαύρες (black oxidized ή black ripe).
- Υπάρχουν διάφοροι εμπορικοί τύποι ανάλογα με την πρώτη ύλη και τη διαδικασία εκπίκρισης που επιλέγεται. Η ελευρωπαϊνή είναι υπεύθυνη για την πικράδα του καρπού οπότε απομακρύνεται άμεσα μέσω της επεξεργασίας καρπών με καυστικό νάτριο ή με αργό ρυθμό μέσω της υδρόλυσης της αν οι καρποί τοποθετηθούν σε διάλυμα άλμης απευθείας μετά τη συγκομιδή τους.
- Σύμφωνα με το εμπορικό πρότυπο του διεθνούς ελαιοκομικού συμβουλίου για την επιτραπέζια ελιά (Trade Standard Applying to Table Olives, COI/OT/NC no.1), οι κυριότεροι εμπορικοί τύποι είναι οι ακόλουθοι: επεξεργασμένες ελιές

σε άλμη, φυσικές ελιές σε άλμη, ελιές μαυρισμένες με οξείδωση, φυσικές αφυδατωμένες ή συρρικνωμένες ή ζαρωμένες ελιές (Πανάγου, 2016).

Στην αγορά υπάρχουν συγκεκριμένα εμπορεύσιμα μεγέθη επιτραπέζιας ελιάς. Το μέγεθος της ελιάς μετριέται ανάλογα με τον αριθμό καρπών ανά κιλό. Συγκεκριμένα για την ελιά Καλαμών τα μεγέθη είναι: Super Colossal (111-120), Colossal (121-140), Giants (141-160), Extra Jumbo (161-180), Jumbo (181-200), Extra Large (201-230), Large (231-260), Superior (261-290), Brilliant (291-320), Fine (321-350), Bullets (>351) (Θεριός 2015).

Η ποικιλία Καλαμών έχει μεγάλο οικονομικό ενδιαφέρον για την παγκόσμια αγορά ως Π.Ο.Π. δημοφιλές προϊόν σε ορισμένες περιοχές με πολλές εξαγωγές και εμφανίζει το υψηλότερο ποσοστό πώλησης (Eurostat 2021). Τον Νοέμβριο 2023 ανακοινώθηκε στον Αγρότυπο η τιμή της επιτραπέζιας ελιάς Καλαμών για τα μεγάλα μεγέθη (έως 140) 2,20 €/kg, για τα μεσαία (έως 200) 1,70 €/kg και για τα μικρά (έως 340) 1 €/kg.

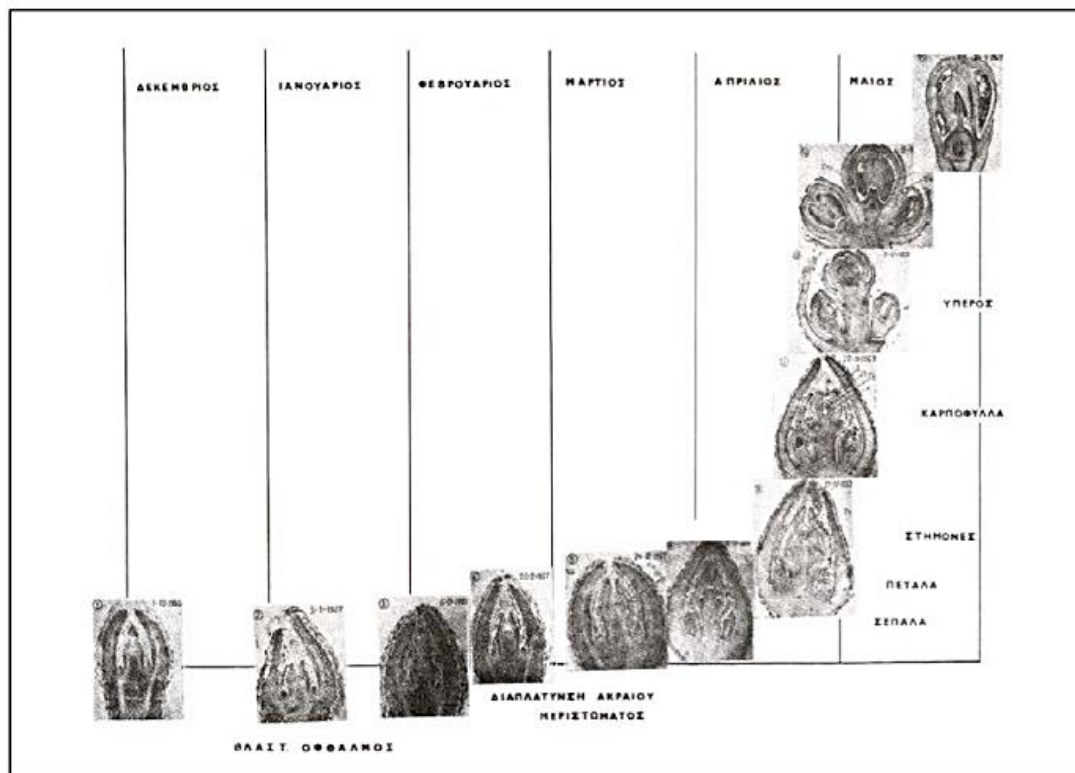
1.3.Θρεπτική αξία ελαιόλαδου

Αναμφισβήτητη είναι η διατροφική αξία του πολύτιμου ελαίου της ελιάς καθώς υπάρχει μια πολύ καλή ισορροπία μεταξύ κορεσμένων προς μονοακόρεστα λιπαρά οξέα, καλά επίπεδα α-τοκοφερόλης (βιταμίνης E) και λινελαϊκού οξέος, υψηλή συγκέντρωση φυσικών αντιοξειδωτικών, υδρογονανθράκων με κύριο συστατικό το σκουαλένιο και φαινολών (ελαιοκανθάλη, ελευρωπαΐνη, τυροσόλη) (oliveepitome). Έρευνες των Uylaser και Yildiz (2014) έχουν αποδείξει πως οι φαινόλες του ελαιολάδου είναι υπεύθυνες για αντιοξειδωτική-αντιφλεγμονώδη δράση, προστατεύουν το καρδιαγγειακό σύστημα και έχουν θετική επίδραση στο ανοσοποιητικό, κεντρικό νευρικό σύστημα και κατά του καρκίνου. Πιο πρόσφατες μελέτες του Πανεπιστημίου Auburn των ΗΠΑ υπέδειξαν την ευεργετική του επίδραση στην ήπια νοητική διαταραχή (MCI) που αποτελεί το πρόδρομο στάδιο της νόσου Alzheimer (AD) (Alkhalifa et al. 2024).

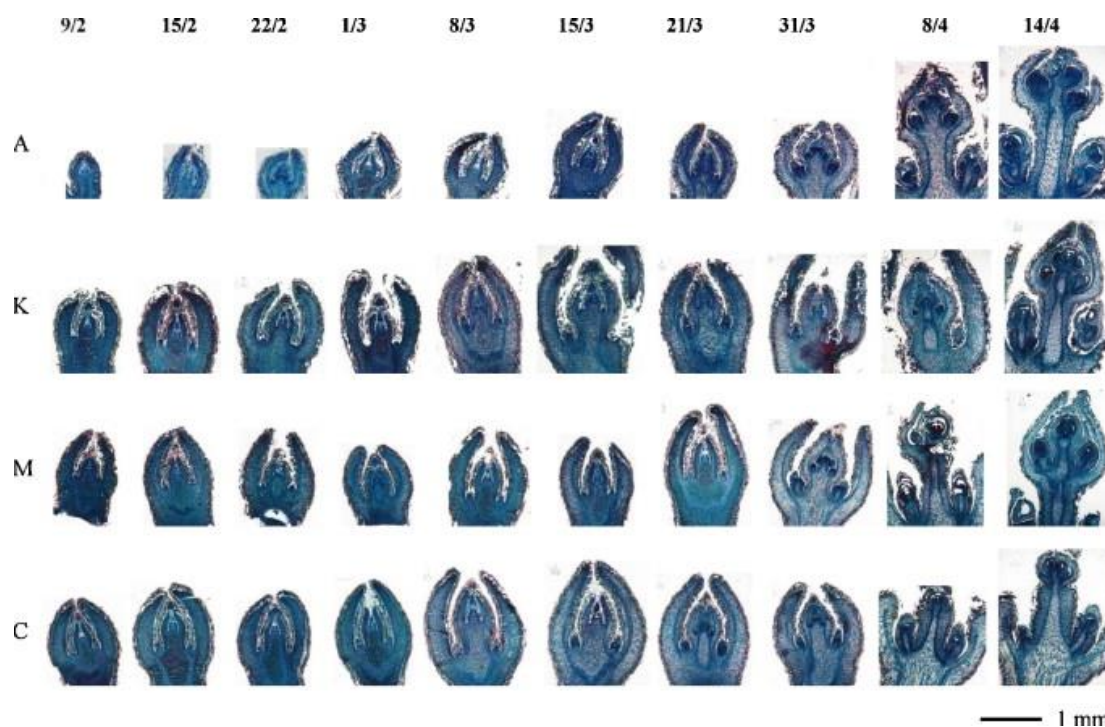
1.4.Μορφολογικά χαρακτηριστικά της ελιάς

Η ελιά (*Olea europaea* L.) είναι το μοναδικό καλλιεργούμενο είδος από τα περισσότερα των 30 ειδών που απαρτίζουν το γένος *Olea* της οικογένειας Oleaceae. Ανήκει στα αείφυλλα φυτά, είναι αιωνόβιο και χαρακτηρίζεται από δερματώδη, λογχοειδή φύλλα τα οποία έχουν παχύ κηρώδες στρώμα, με πολλές αστεροειδείς τρίχες

κυρίως στην κάτω επιφάνεια του ελάσματος και πυκνά, βυθισμένα στόματα. Η ελιά διαθέτει οφθαλμούς που διακρίνονται σε βλαστοφόρους και ανθοφόρους, αλλά η διάκριση μεταξύ τους είναι δύσκολη, με τους πρώτους να είναι μικροί και κωνικοί στο άκρο τους σε σχέση με τους δεύτερους που είναι σφαιρικοί και μεγαλύτερου μεγέθους. Η επαγωγή των οφθαλμών σε ανθοφόρους λαμβάνει χώρα 10-11 μήνες πριν την άνθιση (δηλαδή τον Ιούνιο), ενώ η διαφοροποίηση των ανθοφόρων οφθαλμών που συνοδεύεται από το σχηματισμό των ανθικών καταβολών συμβαίνει στα τέλη του χειμώνα και αυτή η διαδικασία διαρκεί 2-3 μήνες μέχρι την έναρξη της άνθισης (Νάνος 2021). Στην Εικόνα 1.1 παρουσιάζεται η διαφοροποίηση των ανθοφόρων οφθαλμών (Τσουράκη 2008), ενώ στην Εικόνα 1.2 οι μορφολογικές διαφορές στη διαφοροποίηση των ανθοφόρων οφθαλμών μεταξύ τεσσάρων ποικιλιών ελιάς (Kitsaki et al 2010).

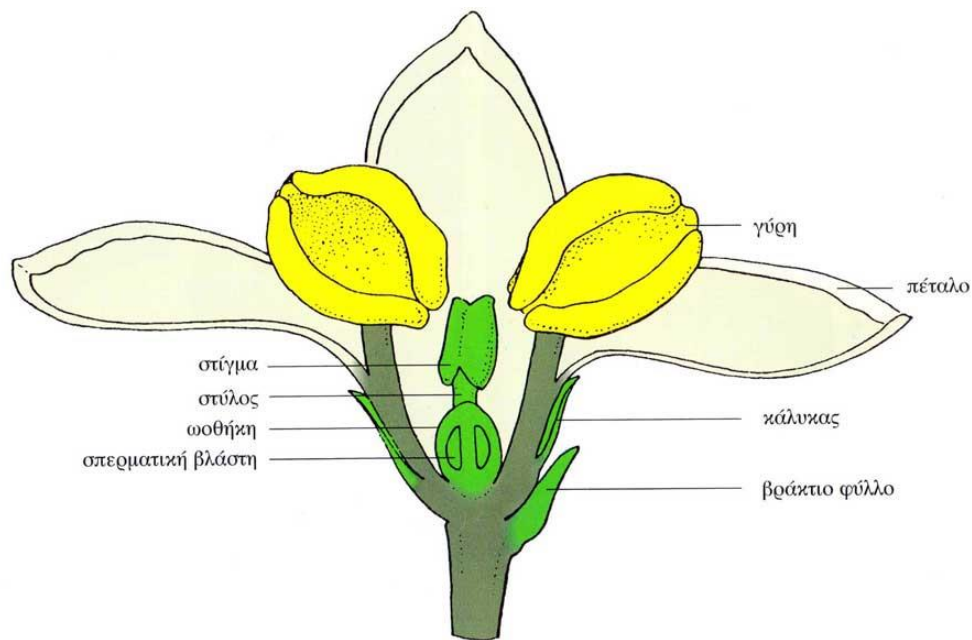


Εικόνα 1.1 Διαφοροποίηση και ανάπτυξη ανθοφόρων οφθαλμών ελιάς (Τσουράκη 2008).



Εικόνα 1.2 Σύγκριση των αναπτυξιακών μεταβολών των διαφοροποιούμενων ανθοφόρων οφθαλμών των ποικιλιών ελιάς Αμφίσσης (Α), Καλαμών (Κ), Manzanillo (Μ) και Χαλκιδικής (Γ) σε διάμεσες επιμήκεις τομές. Οι ανθοφόροι οφθαλμοί επιλέχθηκαν από τον 6^ο κόμβο των βλαστών (μετρώντας από την κορυφή του βλαστού) (Kitsaki et al 2010).

Το ελαιόδεντρο φέρει δύο τύπους ανθέων: ερμαφρόδιτα ή ατελή (αρσενικά) (Willson 1983). Είναι μικρού μεγέθους, κίτρινου χρώματος, αποτελούμενα από τέσσερα σέπαλα, τέσσερα πέταλα, δύο στήμονες και ένα κανονικό ή υποανάπτυκτο ύπερο. Είναι τοποθετημένα σε πλούσια ταξιανθία βότρυος η οποία φέρει 10-60 άνθη, ο αριθμός των οποίων είναι άμεσα συνδεδεμένος με την ποικιλία. Η επάρκεια των υδατανθράκων είναι υψίστης σημασίας προκειμένου τα αναπτυσσόμενα άνθη να εξελιχθούν και να ωριμάσουν αναπαραγωγικά (Erel et al. 2013).



Εικόνα 1.3 Μορφολογία και ανατομία άνθους ελιάς (My olive plant).

Η ελιά ανθίζει στα πλάγια βλαστών του προηγούμενου έτους, το 2^ο δεκαπενθήμερο του Απριλίου ενώ οι καρποί ωριμάζουν τον Νοέμβριο. Οι συγκεκριμένες χρονικές περίοδοι άνθισης και ωρίμανσης αφορούν την κεντρική Ελλάδα, επομένως για την βόρεια Ελλάδα το χρονικό πλαίσιο μετατοπίζεται μία εβδομάδα αργότερα τουλάχιστον, ενώ για νότια τουλάχιστον μια εβδομάδα νωρίτερα.

Η καρπόδεση θεωρείται επιτυχημένη εφόσον 4-5% των ανθέων εξελιχθούν σε καρπούς (Θεριός 2015). Ο καρπός της ελιάς είναι σφαιρική ή ελλειψοειδής δρύπη και αποτελείται από το περικάρπιο (φλοιό), το μεσοκάρπιο (σάρκα) και το ενδοκάρπιο (πυρήνα). Εντός του πυρήνα βρίσκεται το σπέρμα το οποίο θα βλαστήσει και θα δώσει ένα νέο φυτό. Η ανάπτυξη της δρύπης στην ελιά ακολουθεί μια διπλή σιγμοειδή καμπύλη. Αρχικά αναπτύσσεται κυρίως το ενδοκάρπιο και ελάχιστα η σάρκα με έντονες κυτταροδιαιρέσεις έως ότου φτάσει στο τελικό του μέγεθος (στάδιο καρπόδεσης-Ιούνιο). Στη συνέχεια ακολουθεί το δεύτερο στάδιο με τη σκλήρυνση του πυρήνα το οποίο εξελίσσεται με βραδείς ρυθμούς (Ιούλιος-Αύγουστος). Στο τρίτο στάδιο ο καρπός αναπτύσσεται ραγδαία με τη διόγκωση των κυττάρων του περικαρπίου (εδώδιμο τμήμα) (μέσα Αυγούστου έως την ωρίμανση). Κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης το χρώμα του καρπού μεταβάλλεται από πράσινο σε πράσινο-κίτρινο και καθώς προχωράει προς την ωρίμανση μεταβάλλεται σε ιώδες ως σκούρο ιώδες ανάλογα με την ποικιλία. Αυτές οι χρωματικές αλλαγές οφείλονται στις μεταβαλλόμενες συγκεντρώσεις κύριων χρωστικών: χλωροφύλλες, καροτενοειδή και

ανθοκυάνες. Συνεπώς, μη ευνοϊκές συνθήκες περιβάλλοντος ή καλλιέργειας (μειωμένη άρδευση, κ.ά.) κατά το πρώτο στάδιο (τις πρώτες βδομάδες μετά την καρπόδεση) θα επηρεάσουν κατά κύριο λόγο το τελικό μέγεθος των καρπών και κατ' επέκταση την εμπορική τους αξία, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για επιτραπέζια χρήση.

1.5.Οικολογία και φυσιολογία της ελιάς

Η ελιά είναι το κατ' εξαίρεση υποτροπικό είδος που απαιτεί ώρες χαμηλών θερμοκρασιών προκειμένου να διακοπεί ο λήθαργος και να εκπτυχθούν οι ανθοφόροι οφθαλμοί. Για αυτό το λόγο έχει κάποια μορφή σκληραγώγησης στο ψύχος εφόσον έχουν συγκομιστεί οι καρποί της. Οι απαιτήσεις σε ώρες χαμηλών θερμοκρασιών διαφέρουν μεταξύ των ποικιλιών ελιάς. Άλλες ποικιλίες έχουν υψηλές ανάγκες σε ψύχος όπως οι Χονδρολιά Χαλκιδικής, Αμφίσσης, Καλαμών οι οποίες απαιτούν 900-1000 ώρες $< 7,2^{\circ}\text{C}$, ενώ άλλες χαμηλές ανάγκες όπως η Κορωνέικη η οποία απαιτεί περίπου 60 ώρες $< 7,2^{\circ}\text{C}$ (Θεριός 2015).

Η ελιά είναι ευαίσθητη στους παγετούς με τα διάφορα φυτικά όργανα να εμφανίζουν διαφορετική αντοχή σε χαμηλές θερμοκρασίες (Saadati et al. 2019). Αν το δέντρο έχει καρπούς αυτοί μπορεί να παγώσουν σε θερμοκρασίες που αγγίζουν τους -3°C , τα φύλλα στους -3 έως -6°C , ο φλοιός στους -7°C και οι μεγαλύτερης ηλικίας βλαστοί στους -13°C (Gomez and Barranco 2005). Αν έχει συγκομιστεί ο καρπός οι ανωτέρω θερμοκρασίες μεταβάλλονται κατά 2 έως 3°C πιο χαμηλά.

Μέσες ετήσιες θερμοκρασίες $15-25^{\circ}\text{C}$ είναι ιδανικές για την ανάπτυξη καρπών ελιάς ικανοποιητικού βάρους. Ιδιαίτερα κατά την διάρκεια της άνοιξης θερμοκρασίες κάτω από 30°C είναι κρίσιμες για τα αναπτυσσόμενα άνθη και τη μετέπειτα καρπόδεσή τους (Rallo and Cuevas 2010). Πολύ υψηλές θερμοκρασίες στην άνθιση μπορεί ακόμη και να εκμηδενίσουν την παραγωγή.

Η ελιά είναι ένα δέντρο υψηλής αντοχής σε υψηλές θερμοκρασίες με τη λειτουργία της φωτοσύνθεσης να αναστέλλεται σε θερμοκρασίες υψηλότερες από 35°C . Επομένως η θερμοκρασία είναι περιοριστικός παράγοντας της συγκεκριμένης καλλιέργειας σε περιοχές γεωγραφικού πλάτους μεταξύ $30-45^{\circ}$ προκειμένου να επιβιώσει και να ολοκληρώσει τα στάδια δημιουργίας και ανάπτυξης καρπών (Θεριός 2015).

Η ύπαρξη εκτεταμένου ριζικού συστήματος ιδιαίτερα σε ξηρικούς ελαιώνες συμβάλλει στην αποτελεσματική αξιοποίηση της εδαφικής υγρασίας σε συνθήκες

ξηρασίας. Οι ρίζες με έντονη δραστηριότητα βρίσκονται στη συντριπτική τους πλειοψηφία (>70%) στα άνω 50 cm του εδάφους. Όσον αφορά το έδαφος, τα βαθιά αμμοπηλώδη που είναι επαρκώς εφοδιασμένα με θρεπτικά και νερό θεωρούνται καταλληλότερα για καλλιέργεια. Επίσης το pH τους να κυμαίνεται από 6-8 με βέλτιστο το 7, διαφορετικά αναμένονται επιπτώσεις στην θρέψη και παραγωγή φυτών. Γενικά η ποιότητα και παραγωγή της ελιάς εξαρτάται από τους εξής παράγοντες: εποχή, κλιματικές συνθήκες, άρδευση, χαρακτηριστικά εδάφους και καλλιεργητικές πρακτικές.

1.6.Ρύθμιση ισορροπίας βλάστησης - καρποφορίας στην ελιά

Παρενιαυτοφορία είναι η εναλλαγή σε ένα αγροτεμάχιο μεταξύ ετών με καρποφορία και χωρίς καρποφορία (Kour et al. 2018). Αποτελεί οικονομικό πρόβλημα τόσο για τους ελαιοπαραγωγούς όσο και για τη βιομηχανία, καθώς επηρεάζει το μέγεθος του καρπού και το οικονομικό κέρδος. Το φαινόμενο είναι έντονο στην ελιά σε σχέση με άλλα καρποφόρα δέντρα και ελέγχεται από την αλληλεπίδραση μεταξύ φορτίου καρποφορίας και βλαστικής ανάπτυξης σε ολόκληρο το δέντρο ή μεμονωμένα τμήματά του. Ανάλογα την ποικιλία εκτείνεται σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό και εμφανίζεται συνήθως όταν υπάρχει μεγάλη καρποφορία τον Ιούνιο του προηγούμενου έτους. Αυτό συμβαίνει διότι οι αναπτυσσόμενοι καρποί απορροφούν ισχυρά φωτοσυνθετικά προϊόντα (υδατάνθρακες), τα οποία δεν προορίζονται για άλλη χρήση, όπως για την ανάπτυξη των βλαστών. Έτσι το δέντρο αναγκάζεται να μην διαμορφώσει ανθοφόρους οφθαλμούς για την επόμενη χρονιά δεδομένου της περιορισμένης νέας βλάστησης. Οι περιβαλλοντικές συνθήκες αποτελούν το κύριο έναυσμα για την πρόκληση όλων αυτών των μεταβολικών αλλαγών που οδηγούν στο φαινόμενο και οι καλλιεργητικές πρακτικές μπορούν να το επιδεινώσουν ή όχι.

Επεμβάσεις που μπορούν να μειώσουν την ένταση της παρενιαυτοφορίας και να βελτιώσουν το μέγεθος του καρπού είναι το κλάδεμα, το πρόγραμμα άρδευσης, το αραίωμα και η ανόργανη θρέψη. Για μείωση του φαινομένου πραγματοποιείται έντονο κλάδεμα το έτος αναμενόμενης παραγωγής και ελάχιστο κλάδεμα όταν δεν αναμένεται παραγωγή. Με την άρδευση αυξάνονται οι αποδόσεις, αποφεύγονται συνθήκες καταπόνησης και ενισχύεται η ανάπτυξη των βλαστών (εξασφάλιση καρποφορίας την επόμενη περίοδο). Πρέπει να εφαρμόζονται τρεις αρδεύσεις: πριν από την άνθιση για ελαχιστοποίηση της πρόωρης αποβολής υμένων, κατά την καρπόδεση για αποφυγή της

υπερβολικής καρπόπτωσης και κατά την ωρίμανση για μείωση της καρπόπτωσης πριν από τη συγκομιδή (Kour et al. 2018). Το αραίωμα αν πραγματοποιηθεί μετά την καρπόδεση και πριν τη σκλήρυνση του πυρήνα, μειώνει το φορτίο της καλλιέργειας οδηγώντας σε ποιοτικούς καρπούς μεγαλύτερου μεγέθους (λόγω επαρκούς διαθεσιμότητας θρεπτικών) και στη διαφοροποίηση ανθοφόρων οφθαλμών για το επόμενο έτος. Οι μέθοδοι αραιώματος είναι οι εξής: χειρωνακτικό αραίωμα, μηχανικό αραίωμα με χρήση χειροκίνητου ψεκαστήρα νερού υψηλής πίεσης ή με χρήση μηχανήματος ανακίνησης κορμού και τέλος χημικό αραίωμα με αιθυλένιο, NAA (1-ναφθαλινοξικό οξύ) ή NAAm (1-ναφθαλινοακεταμίδιο).

Δεδομένου ότι σημαντικές ποσότητες θρεπτικών χάνονται από τα ελαιόδεντρα ετησίως, η στοχευμένη λίπανση είναι απαραίτητη για την βλαστική ανάπτυξη και παραγωγή. Συνήθως κατά την περίοδο του Ιανουαρίου πριν την ανθοφορία εφαρμόζεται άζωτο, φώσφορος και κάλιο, τον Ιούνιο μετά την καρπόδεση άζωτο και κάλιο, και τον Αύγουστο μετά το στάδιο σκλήρυνσης του πυρήνα άζωτο και κάλιο. Η ανεπάρκεια θρεπτικών συστατικών, ιδίως του αζώτου κατά την περίοδο διαφοροποίησης των ανθοφόρων οφθαλμών, επηρεάζει τη βλαστική ευρωστία, το μέγεθος των καρπών και την ανθοφορία της επόμενης άνοιξης (Fernandez-Escobar et al. 1999, 2004). Τα θρεπτικά που προορίζονται για την ανάπτυξη καρπών σε έναν βλαστό παρέχονται κυρίως από φύλλα του ίδιου βλαστού. Επομένως αν αυτά σκιάζονται μειώνεται η διαθεσιμότητα των παραγόμενων υδατανθράκων, οπότε οι καρποί δεν αποκτούν το βέλτιστο μέγεθος παρόλο που η διαθεσιμότητα για ολόκληρο το δέντρο μπορεί να είναι υψηλή.

1.7.Ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών και διατροφική αξία

βρώσιμης ελιάς

Οι επιτραπέζιες ελιές είναι πλούσιες σε μονοακόρεστα λιπαρά οξέα, φυτικές ίνες, βιταμίνη Ε και φαινολικές ενώσεις με πολλαπλά οφέλη για την υγεία. Τα 100 g επιτραπέζιων ελιών αποδίδουν 180-250 kcal. Το κύριο συστατικό τους είναι τα λιπίδια με συνολικό εύρος 6-30 g ανά 100 g. Το επίπεδο πρωτεΐνης αν και χαμηλό, 1,0-2,2 g ανά 100 g, είναι υψηλής ποιότητας καθώς περιλαμβάνει όλα τα βασικά αμινοξέα. Οι υδατάνθρακες σχεδόν απουσιάζουν στις επιτραπέζιες ελιές λόγω της απομάκρυνσής τους κατά τη διάρκεια της ζύμωσης που υφίστανται όταν αποθηκεύονται σε άλμη. Κάτι πολύ ενδιαφέρον είναι η συγκέντρωση φυτικών ινών, περίπου 3 g ανά 100 g όπως έχουν

μερικά φρούτα. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ), οι τιμές Na και NaCl σε 100 g επιτραπέζιων ελιών είναι κοντά στο συνιστώμενο μέγιστο επίπεδο πρόσληψης, <2 g Na/d ή <5 g NaCl/d αντίστοιχα (Rocha et al. 2020).

Τα λιπίδια έχουν τον πιο σημαντικό ρόλο στη διατροφική αξία των επιτραπέζιων ελιών. Περίπου τα 3/4 των λιπιδίων σε ποσοστό 66,8-82,1% είναι μονοακόρεστα (5,5-36,0 g ελαϊκού οξέος ανά 100 g), 4,9-14,2 % πολυακόρεστα λιπαρά (0,7-3,75 g λινολεϊκού οξέος ανά 100 g) και λιγότερο από 22,4 % κορεσμένα λίπη (1,2-5,1 g παλμιτικού οξέος ανά 100 g και 0,3-1,4 g στεατικού οξέος ανά 100 g) (Rocha et al. 2020). Όπως φαίνεται το ελαϊκό οξύ είναι το πιο άφθονο και το επίπεδό του διαφέρει ανάλογα την ποικιλία και τη μέθοδο επεξεργασίας του προϊόντος.

Οι φαινολικές ενώσεις έχουν αντιοξειδωτική δράση επειδή αντιδρούν με ελεύθερες ρίζες ως δότες ηλεκτρονίων και τις αποσβένουν, αποτρέποντας έτσι την οξείδωση σημαντικών μορίων του οργανισμού. Γι' αυτό το λόγο συμβάλλουν στην πρόληψη και την ήπια αντιμετώπιση διάφορων ασθενειών. Στην ελιά απαντώνται κυρίως οι υδροξυτυροσόλη, τυροσόλη, ελευρωπαΐνη, διάφορα φαινολικά οξέα και ένα ευρύ φάσμα από φλαβονοειδή (Rocha et al. 2020). Η αντιοξειδωτική τους δράση εξαρτάται από την ποικιλία και δεν συγκρίνεται με του ελαιόλαδου, καθώς οι φαινολικές ενώσεις στους καρπούς είναι 0,3-0,5 mg/kcal, ενώ στο εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο 0-0,015 mg/kcal (Μπόσκου 2020).

1.8.Μεταβολή συστατικών κατά την ανάπτυξη του καρπού

Κατά το χρονικό διάστημα ωρίμανσης του καρπού συμβαίνουν διάφορες μεταβολές. Στο στάδιο του πράσινου (ανώριμου) καρπού τα επίπεδα ελευρωπαΐνης, χλωροφύλλης και καροτενοειδών είναι μέγιστα και μειώνονται σταδιακά μέχρι την ωρίμανση (Rocha et al. 2020). Καθ' όλη τη διάρκεια αυξάνεται η ελαιοπεριεκτικότητα και μειώνεται η περιεκτικότητα σε νερό. Στις μαύρες (ώριμες) ελιές εμφανίζονται σε μεγάλες ποσότητες κυρίως ανθοκυανίνες στις οποίες οφείλεται και το χαρακτηριστικό χρώμα των καρπών. Επιπλέον παρατηρείται αύξηση της υδροξυτυροσόλης, τυροσόλης, και φλαβονοειδών.

1.9.Καλλιεργητικές πρακτικές ελιάς

1.9.1. Κλάδεμα

Με τον όρο κλάδεμα αναφερόμαστε στην αποκοπή φυτικών τμημάτων του δέντρου με συγκεκριμένο σκοπό. Διακρίνεται σε κλάδεμα διαμόρφωσης, κλάδεμα καρποφορίας και κλάδεμα ανανέωσης. Το κλάδεμα διαμόρφωσης διενεργείται σε νεαρά δέντρα που δεν έχουν εισέλθει στη φάση καρποφορίας, προκειμένου να διαμορφωθεί η κόμη τους και να καρποφορήσουν σύντομα. Το κλάδεμα καρποφορίας πραγματοποιείται σε παραγωγικά δέντρα με σκοπό τη διατήρηση του αρχικού σχήματος διαμόρφωσης και της ισορροπίας μεταξύ βλάστησης και καρποφορίας. Έτσι επιτυγχάνεται μέγιστη δυνατή ποσότητα και ποιότητα παραγωγής, μείωση της παρεννιαυτοφορίας και αύξηση της παραγωγικής ζωής των δένδρων. Το κλάδεμα ανανέωσης εφαρμόζεται σε έναν ή περισσότερους βραχίονες σε δένδρα γηρασμένα, που έχουν παραμεληθεί ή εξουθενωθεί.

1.9.2. Άρδευση

Το ελαιόδεντρο είναι ανθεκτικό στην ξηρασία και στην αλατότητα γι' αυτό πολλές φορές καλλιεργείται ως ξηρικό και σε ακατάλληλα εδάφη για άλλες καλλιέργειες. Η παροχή νερού μέσω της άρδευσης μπορεί να αποφέρει σημαντικό κέρδος στον παραγωγό ιδιαίτερα όταν πρόκειται για επιτραπέζια ελιά και τα προϊόντα της, καθώς θα αυξήσει σημαντικά την παραγωγή (30-70%) και την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων εφόσον πραγματοποιηθεί την κατάλληλη περίοδο. Με την άρδευση αυξάνεται το ποσοστό διαφοροποίησης των ανθοφόρων οφθαλμών, το ποσοστό των τέλειων ανθέων και το μήκος ετήσιας βλάστησης. Για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας χρήσης νερού απαραίτητος κρίνεται ο σχεδιασμός ενός προγράμματος άρδευσης που στηρίζεται στις τοπικές εδαφοκλιματικές συνθήκες, τα χαρακτηριστικά των δέντρων, τη χρήση καρπού και τις ιδιότητες του εδάφους και με γνώμονα τις κρίσιμες περιόδους παροχής νερού. Τα κρίσιμα στάδια παροχής νερού και θρεπτικών στοιχείων στα ελαιόδεντρα είναι κατά τη διαμόρφωση των οφθαλμών (τέλη Ιανουαρίου – αρχές Μαρτίου), κατά την άνθιση-καρπόδεση και κατά την ελαιογένεση (μέσα Αυγούστου–Σεπτέμβριου) (Θερίος 2015). Οι μέθοδοι άρδευσης της ελιάς είναι: επιφανειακή άρδευση με αυλάκια και λεκάνες, επιφανειακή άρδευση με ατομικά μπεκ, επιφανειακή άρδευση με σταγόνες (αποτελεσματικότητα >90%), υπόγεια άρδευση με σταγόνες (αποτελεσματικότητα πλησιάζει το 100%). Όσον αφορά τις αρδευτικές

ανάγκες της ελιάς, η ποικιλία Κορωνέικη απαιτεί ποσότητες νερού 200-250 m³/στρ./έτος, ενώ οι επιτραπέζιες ποικιλίες ‘Καλαμών’ και ‘Κονσερβολιά’ 300-350 m³/στρ./έτος (Νάνος 2021).

1.9.3. Διαχείριση ζιζανίων

Η διαχείριση των ζιζανίων αν και δεν επηρεάζει τόσο την ελιά όπως άλλα καρποφόρα δέντρα είναι εξίσου αναγκαία καθώς ανταγωνίζονται τα φυτά για νερό και θρεπτικά ιδίως την άνοιξη, φιλοξενούν εχθρούς και ασθένειες και δυσχεραίνουν την εκτέλεση της συγκομιδής. Η κατεργασία του εδάφους, οι συχνές κοπές, η χρήση ζιζανιοκτόνων καθώς και βιολογικές μέθοδοι αντιμετώπισής τους κατατάσσονται στις μεθόδους διαχείρισης ζιζανίων. Η κατεργασία με φρέζα μπορεί να είναι αποτελεσματική εναντίον ετήσιων ζιζανίων πριν σποροποιήσουν, όπως και οι κοπές με χορτοκοπτικά μηχανήματα, αλλά μπορεί να επιδεινώσει τον πολλαπλασιασμό πολυετών ζιζανίων που πολλαπλασιάζονται αγενώς με υπόγεια όργανα. Η χρήση ζιζανιοκτόνων πρέπει να περιορίζεται μόνο σε ιδιαίτερα επικλινείς ελαιώνες και σαν έσχατη λύση λόγω της πληθώρας μειονεκτημάτων. Με γοργούς ρυθμούς εξαπλώνονται βιολογικές μέθοδοι όπως παραγωγή βιοζιζανιοκτόνων από διάφορους μικροοργανισμούς, παραγωγή φυτοτοξινών, αμειψισπορά ψυχανθών για την αντιμετώπιση πολυετών ζιζανίων (Θεριός 2015).

1.9.4. Φυτοπροστασία

Η καταπολέμηση των εχθρών και ασθενειών της ελιάς επιτυγχάνεται κυρίως με την διατήρηση άριστων συνθηκών ανάπτυξής τους. Αυτό περιλαμβάνει τη σωστή παροχή θρεπτικών και νερού στα δέντρα χωρίς υπερβολές στις δοσολογίες και ορθές καλλιεργητικές τεχνικές οι οποίες οδηγούν στην καλή διατήρηση της υγείας τους. Φυσικά κάθε ποικιλία παρουσιάζει διαφορετικό βαθμό ανθεκτικότητας έναντι εχθρών και ασθενειών. Η διατήρηση και αύξηση μελλοντικά της βιοποικιλότητας του αγροτεμαχίου συμβάλλει στην αύξηση πληθυσμού αρπακτικών ή φυτών που δρουν υπέρ της καλλιέργειας. Τη δεδομένη εποχή τα λιγοστά χημικά φυτοπροστατευτικά σκευάσματα που είναι εγκεκριμένα, είναι απαραίτητα δεδομένου ότι στο χρόνο της συνεξέλιξης εχθρών με καλλιεργούμενα φυτά εμφανίζονται ολοένα και περισσότερες μορφές ανθεκτικότητας. Η ορθολογική εφαρμογή τους την κατάλληλη περίοδο, σε

κατάλληλες δοσολογίες θα επιφέρει μέγιστο αλλά και οικονομικό αποτέλεσμα τόσο για το περιβάλλον όσο και για τον παραγωγό.

1.9.5. Συγκομιδή

Ο ελαιόκαρπος κατά τη διάρκεια ανάπτυξής του διέρχεται από διάφορα χρωματικά στάδια και υφίσταται ποικίλες αλλαγές στη σύστασή του. Στο στάδιο της ωρίμανσης ο φλοιός γίνεται στιλπνός και το χρώμα του φλοιού και της σάρκας έχει μεταβληθεί σε ιώδες έως σκούρο ιώδες, συγκριτικά με το αρχικό πράσινο χρώμα. Η ωρίμανση λαμβάνει χώρα 7-8 μήνες από την άνθιση. Στην πλήρη ωρίμανση η ελαιοπεριεκτικότητα έχει φτάσει το μέγιστο και τα σάκχαρα έχουν μειωθεί από 10% σε 1-2% (Θεριός 2015). Η χλωροφύλλη του πράσινου καρπού, που φωτοσυνθέτει, έχει πλέον αντικατασταθεί από ανθοκυανίνες, οδηγώντας στο χαρακτηριστικό ιώδες χρώμα του πλήρους ώριμου καρπού. Ανάλογα με τον επιδιωκόμενο εμπορικό τύπο, ο καρπός συγκομίζεται είτε πράσινος, είτε πλήρως ώριμος, για εξαγωγή λαδιού ή παρασκευή μαύρων ελιών.

Οι βρώσιμες ελιές πρέπει να πληρούν ορισμένα χαρακτηριστικά. Αυτά σχετίζονται με την αναλογία σάρκας προς πυρήνα κυμαινόμενη μεταξύ 5-12/1, περιεκτικότητα σε σάκχαρα 5-6%, μικρή ελαιοπεριεκτικότητα γύρω στο 12-20% του βάρους της ελαιομάζας, τραγανή σάρκα που αποχωρίζεται εύκολα από τον πυρήνα και λεπτός φλοιός (Θεριός 2015). Το μέγεθος είναι πολύ σημαντικό για τις βρώσιμες ελιές και καθορίζει την τιμή του προϊόντος.

Η συγκομιδή του ελαιοκάρπου συνήθως γίνεται με τη βοήθεια χειροκίνητων μηχανημάτων ή με τη χρήση μηχανικών δονητών σε συνδυασμό με ελαιόπανα, ενώ δεν συνηθίζεται πλέον συλλογή με το χέρι. Ειδικά για τις ελιές που προορίζονται για βρώσιμη χρήση οι χειρισμοί πρέπει να είναι ιδιαίτερα προσεκτικοί, έτσι ώστε να μην τραυματιστεί ο καρπός καθώς μειώνεται η εμπορική του αξία. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί επίσης στο να μην προκληθούν πληγές στα δέντρα.

1.10. Θρέψη και λίπανση της ελιάς

Ένα θρεπτικό στοιχείο θα έπρεπε να εφαρμόζεται όταν υπάρχουν ενδείξεις ότι είναι αναγκαίο για να διασφαλιστεί μία κανονική ανάπτυξη και παραγωγικότητα και όταν το οικονομικό αποτέλεσμα της εφαρμογής του λιπάσματος είναι ικανοποιητικό. Σε πολλούς ελαιώνες, η συνήθης πρακτική βασίζεται σε ένα επαναλαμβανόμενο πρόγραμμα λίπανσης ακόμη και όταν η θρεπτική κατάσταση του ελαιώνα είναι

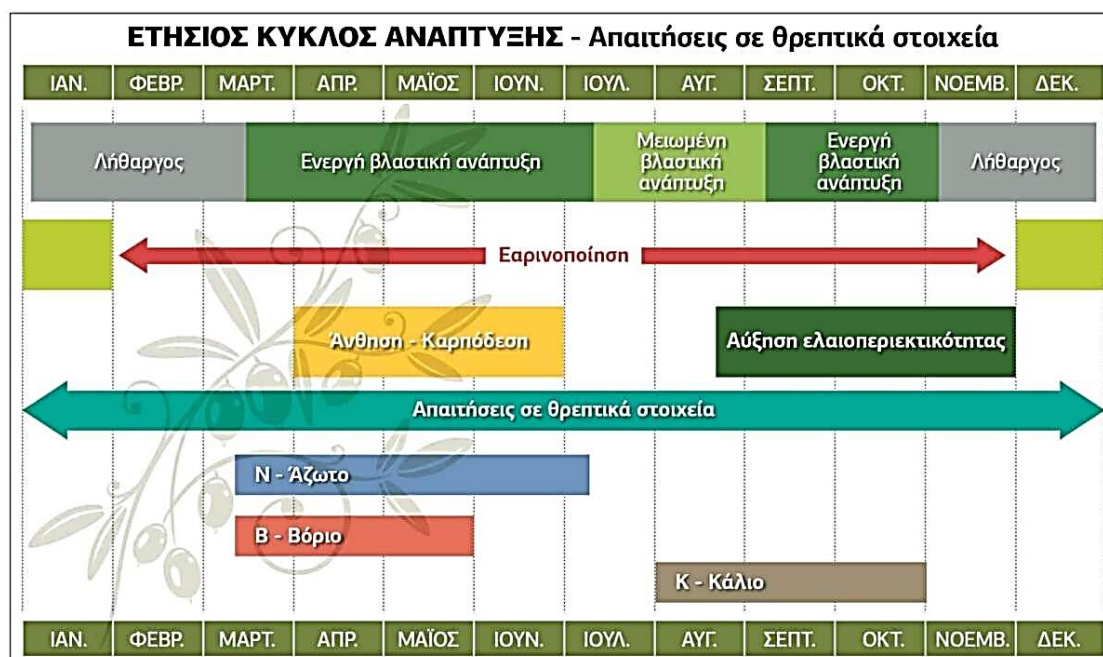
άγνωστη. Ο Fernández-Escobar (2018) αναφέρει ότι το γεγονός αυτό οδηγεί στην υπερβολική χρήση λιπασμάτων. Η φυλλοδιαγνωστική υποδεικνύει τη θρεπτική κατάσταση του δέντρου και αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο για τον καθορισμό των αναγκών σε λίπανση. Ωστόσο η χρήση της στην καλλιέργεια της ελιάς δεν είναι συνήθης. Η πρόβλεψη της ποσότητας του λιπάσματος που απαιτείται βάσει της φυλλοδιαγνωστικής δεν είναι εύκολη. Μια εκτίμηση της κατανάλωσης του δέντρου σε θρεπτικά θα μπορούσε να δώσει κάποια πληροφορία σχετικά με αυτή την ανάγκη. Η ποσότητα των ανόργανων που απομακρύνονται με την παραγωγή και με τα υπολείμματα του κλαδέματος μπορεί να βοηθήσει στον καθορισμό των αναγκών της ελιάς σε λίπανση. Το κάλιο είναι το πιο άφθονο στοιχείο στον ελαιόκαρπο, ενώ το ασβέστιο είναι το πιο άφθονο στα κλαδευτικά. Το άζωτο είναι το δεύτερο σε αφθονία τόσο στους καρπούς όσο και στα κλαδευτικά ενώ τα υπόλοιπα ανόργανα στοιχεία που απομακρύνονται από τον ελαιώνα είναι σε πολύ μικρές ποσότητες και συνήθως παρέχονται στο δένδρο από το εδαφικό διάλυμα. Από τις πιο συνηθισμένες θρεπτικές διαταραχές που παρατηρούνται σε ελαιώνες, ιδιαίτερα στους ξηρικούς, είναι η έλλειψη καλίου. Η έλλειψη ασβεστίου είναι σπάνια αλλά μπορεί να συμβεί σε όξινα εδάφη. Παρατηρείται επίσης υπερλίπανση με άζωτο καθώς είναι το στοιχείο που εφαρμόζεται περισσότερο από όλα στα προγράμματα λίπανσης. Άλλες που μπορεί να παρατηρηθούν είναι τροφοπενίες όπως σιδήρου σε αλκαλικά εδάφη ή βορίου και ψευδαργύρου σε κάποιες περιπτώσεις όπου αυτά τα στοιχεία δεν είναι διαθέσιμα. Σε μερικές περιοχές μπορεί επίσης να παρατηρηθεί τοξικότητα βορίου. Αν και η έλλειψη φωσφόρου είναι σπάνια, δεδομένου ότι ξανά χρησιμοποιείται από τα δέντρα και η απομάκρυνσή του από τον ελαιώνα είναι χαμηλή, ο φώσφορος συνήθως εφαρμόζεται με τα προγράμματα λίπανσης (Fernández-Escobar 2018). Όταν το άζωτο είναι χαμηλότερο από 1,4%, η αύξηση της θρέψης με άζωτο βρέθηκε να αυξάνει την πυκνότητα της άνθισης και την καρπόδεση. Ωστόσο, υψηλά επίπεδα αζώτου (στα φύλλα $N > 1,8\%$) μείωσαν την ανθοφορία, την καρπόδεση και τον τελικό αριθμό καρπών. Η θρέψη με φώσφορο αύξησε την ανθοφορία μόνο υπό συνθήκες σοβαρής ανεπάρκειας, αλλά η καρπόδεση και ο τελικός αριθμός καρπών αυξήθηκε σταθερά με το φώσφορο στα φύλλα. Η άνθιση έτεινε να αυξηθεί με το κάλιο αλλά η καρπόδεση δεν επηρεάστηκε (Erel et al. 2013).

Σύμφωνα με τον Θεριό (2015), σε έναν ελαιώνα οι ποσότητες που αφαιρούνται ετησίως κυμαίνονται μεταξύ 1,5-3,5 kg N/στρ., 0,8 kg P/στρ., έως 5 kg K/στρ. και 2-5 kg Ca/στρ.. Με τη συγκομιδή, το κλάδεμα και τη φυσιολογική φυλλόπτωση απομακρύνονται σημαντικές ποσότητες αυτών οπότε η αναπλήρωση τους κρίνεται

απαραίτητη. Κάθε ποικιλία έχει διαφορετική απόκριση στις τροφοπενίες ή στην τοξικότητα θρεπτικών (Saykhul et al. 2013).

Αξιοσημείωτο είναι ότι τα φύλλα, κυρίως αυτά που βρίσκονται σε ετήσιους βλαστούς, απορροφούν το περισσότερο άζωτο συγκριτικά με τα υπόλοιπα φυτικά όργανα, ενώ οι καρποί περισσότερο κάλιο και φώσφορο, σύμφωνα με πειραματικά δεδομένα διακύμανσης χημικής σύστασης φύλλων τρέχοντος και παρελθόντος έτους του Θεριού (2015). Τα φύλλα της ελιάς από Απρίλιο έως Ιούνιο χρησιμοποιούν μεγάλες ποσότητες αζώτου λόγω της νέας βλαστικής ανάπτυξης αλλά και για την ανθική ανάπτυξη. Οι ποσότητες φωσφόρου που απαιτούνται είναι ελάχιστες, άλλωστε τα ελληνικά εδάφη δεν παρουσιάζουν ελλείψεις στο συγκεκριμένο στοιχείο. Όσον αφορά το κάλιο από Ιούλιο έως Νοέμβριο απαιτείται σε ίσες ποσότητες με το άζωτο για την ανάπτυξη των καρπών. Το βόριο είναι σημαντικότερο στοιχείο, υπεύθυνο για τη άνθιση και την καρπόδεση τους μήνες Μάρτιο έως Μάιο. Συνοπτικά τα κρίσιμα στάδια λίπανσης στην ελιά είναι κατά την άνθιση-καρπόδεση (Απρίλιος-Μάιος), διαφοροποίηση ανθοφόρων οφθαλμών του επόμενου έτους (Ιούνιος), τελική ανάπτυξη καρπού και συσσώρευση ελαιολάδου (Αύγουστος-Σεπτέμβριος) και κατά τη διαμόρφωση των ανθέων (τέλη χειμώνα-αρχές άνοιξης) (Νάνος 2021).

Η αναπλήρωση των θρεπτικών στοιχείων μπορεί να πραγματοποιηθεί με λίπανση είτε από εδάφους, είτε μέσω φυλλώματος, είτε μέσω του αρδευτικού συστήματος. Η εδαφική λίπανση είναι ευρέως γνωστή, όμως η υδρολίπανση έχει υψηλότερη αποτελεσματικότητα. Η διαφυλλική λίπανση μπορεί να συνδυαστεί με φυτοπροστασία και αποτελεί μια εναλλακτική μέθοδο με σκοπό να ξεπεραστούν τα μειονεκτήματα των εφαρμογών του εδάφους. Επίσης η προσθήκη οργανικής ουσίας στο έδαφος πέρα από την παροχή θρεπτικών, βελτιώνει τη δομή του εδάφους, την υδατοϊκανότητα του, ακόμα και τη διαθεσιμότητα ορισμένων στοιχείων. Να σημειωθεί πως όταν τα κλαδευτικά τεμαχίζονται επί της γραμμής στον αγρό, οι λιπαντικές απαιτήσεις μπορεί να μειωθούν σε ποσοστό έως 40% που συνεπάγεται μειωμένο περιβαλλοντικό αλλά και οικονομικό κόστος.



Εικόνα 1.4. Ετήσιος κύκλος ανάπτυξης ελιάς οι απαιτήσεις της σε θρεπτικά στοιχεία ανά μήνα (My olive plant 2024).

Στη σημερινή εποχή όπου επικρατεί γενικότερα μια φιλοπεριβαλλοντική προσέγγιση και εξάντληση σε μεγάλο βαθμό των φυσικών πόρων, η φυλλοδιαγνωστική ανάλυση και η ανάλυση εδάφους θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως δύο άκρως απαραίτητα, χρήσιμα εργαλεία ειδικά για τις δενδρώδεις καλλιέργειες. Η πολύτιμη βοήθειά τους συμβάλλει στη σφαιρική εικόνα της θρεπτικής κατάστασης του δέντρου, που περιλαμβάνει την επίγνωση ελλείψεων ή υπερεπάρκειας ορισμένων θρεπτικών στοιχείων στα φύλλα και της διαθεσιμότητας θρεπτικών στο έδαφος ακόμη και την ύπαρξη προβληματικού εδάφους. Ως απόρροια μπορεί να εκτιμηθεί με ακρίβεια η αναγκαία ποσότητα λιπάσματος που θα εφαρμοστεί, δηλαδή να εξαχθεί ένα εξειδικευμένο πρόγραμμα ορθολογικής λίπανσης για κάθε αγροτεμάχιο ξεχωριστά.

Η φυλλοδιαγνωστική ανάλυση είναι ένα από τα δύο απαραίτητα εργαλεία που πρέπει να έχει στην κατοχή του κάθε παραγωγός και στη συνέχεια ο επιβλέπων γεωπόνος ανεξαρτήτως του είδους της δενδρώδους καλλιέργειας. Η λήψη αντιπροσωπευτικού δείγματος και η σωστή δειγματοληψία φύλλων αποτελούν απαραίτητη προϋπόθεση προκειμένου να προκύψουν ορθά αποτελέσματα. Η ελιά ως αειθαλές δέντρο διατηρεί στην κόμη της φύλλα διαφορετικών ηλικιών τα οποία προφανώς παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις όσον αφορά τη συγκέντρωση στα θρεπτικά στοιχεία. Συνεπώς αν συλλεχθούν χωρίς το ηλικιακό όριο 5-6 μηνών θα

προκύψουν εσφαλμένα δεδομένα στην ανάλυση. Τα φύλλα του δείγματος πρέπει να είναι υγιή, να λαμβάνονται από το μέσο προς τη βάση ετήσιων μη καρποφορούντων βλαστών (Gregoriou et al. 2010), σε συνολικό αριθμό περίπου 200, συλλεχθέντα από 10-20 δένδρα από διαφορετικά σημεία του ελαιώνα.

Οι εποχές που πραγματοποιούνται δειγματοληψίες είναι το χειμώνα μέσα Ιανουαρίου και το καλοκαίρι μέσα Ιουλίου. Η πρώτη θεωρείται πιο σωστή εποχή καθώς έχουν σταθεροποιηθεί τα επίπεδα των στοιχείων στα νεαρά φύλλα και βάσει αυτών θα προκύψει ένα ορθό πλάνο λίπανσης. Επίσης πραγματοποιούνται δειγματοληψίες και τέλη Οκτωβρίου διότι υπάρχει το πλεονέκτημα επαρκούς διαστήματος για την έγκαιρη λήψη αποφάσεων σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν τα ορθά όρια ανάλογα με την εποχή δειγματοληψίας.

Πίνακας 1.4 Όρια επάρκειας θρεπτικών στοιχείων για την ελιά την περίοδο του Ιουλίου (Fernández-Escobar 2007) και από τέλη Οκτωβρίου-αρχές Ιανουαρίου (Θερίος 2015).

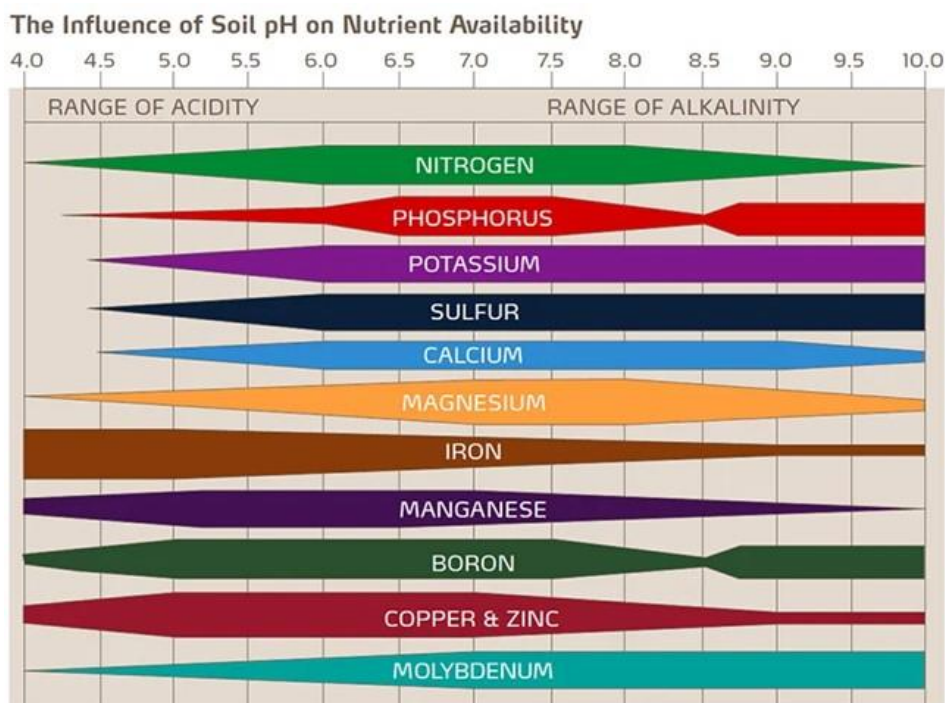
	Ιούλιος		τέλη Οκτωβρίου με αρχές Ιανουαρίου				
Στοιχείο	Έλλειψη	Βέλτιστη	Έλλειψη	Χαμηλή	Βέλτιστη	Υψηλή	Υπερ-επάρκεια
N %	1,4	1,5-2	<1,20	1,20-1,60	1,60-1,80	1,80-2,20	>2,20
P %	0,05	0,1-0,3	<0,07	0,07-0,09	0,09-0,11	0,11-0,14	>0,14
K %	0,4	>0,8	<0,50	0,50-0,70	0,70-0,90	0,90-1,10	>1,10
Ca %	0,3	>1,0	<0,50	0,50-1,0	1,0-2,5	>2,5	-
Mg %	0,08	>0,1	<0,07	0,07-0,10	0,10-0,30	>0,30	-
Zn ppm	-	>10	-	5-10	10-30	>30	-
Cu ppm	-	>4	-	<5	5-20	>20	-
Fe ppm	-	-	-	20-50	50-150	150-500	-
Mn ppm	-	>20	<10	10-20	20-60	60-150	>150
B ppm	14	19-150	<15	15-20	20-50	50-150	>150

Ένα πρόγραμμα λίπανσης προκύπτει σε συνδυασμό δεδομένων ανάλυσης φύλλων και εδάφους. Δυστυχώς πολλά προγράμματα λίπανσης προκύπτουν με βάση την ανάλυση εδάφους κάτι που προφανώς είναι εσφαλμένο και οδηγεί σε λάθος συμπεράσματα. Μέσω της εδαφολογικής ανάλυσης προβάλλονται βασικά

χαρακτηριστικά του εδάφους και διαγιγνώσκονται διάφορα προβλήματα. Στηριζόμενος στα διαθέσιμα στοιχεία και κυρίως του pH και του ολικού ανθρακικού ασβεστίου, ο επιβλέπων γεωπόνος θα προτείνει συγκεκριμένους τύπους λιπασμάτων και κατάλληλες βελτιώσεις.

Είναι γνωστό πως το pH του εδάφους επηρεάζει διαφορετικά την πρόσληψη κάθε στοιχείου (Εικ.1.5). Επομένως η γνώση του pH βοηθά στη διάγνωση αιτιών σε περιπτώσεις έλλειψης κάποιων στοιχείων και μετέπειτα στον καθορισμό των καταλληλότερων μεθόδων αντιμετώπισης του προβλήματος. Γενικά όσον αφορά το N, σε αλκαλικά εδάφη και με αρκετό CaCO_3 προτιμάται η χρήση $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, ενώ σε όξινα εδάφη συστήνεται η χρήση ασβεστούχου NH_4NO_3 , με σκοπό τη ρύθμιση του pH κοντά στο 7. Επίσης σε όξινα εδάφη εντοπίζονται και προβλήματα έλλειψης Ca στα φύλλα. Σε εδάφη με υψηλές τιμές CaCO_3 απαιτούνται μεγαλύτερες ποσότητες N καθώς η απώλεια των αμμωνιακών λιπασμάτων είναι αυξημένες.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους σχετίζεται άμεσα με την αλατότητα του παρεχόμενου νερού άρδευσης. Υψηλές τιμές υποδεικνύουν αποφυγή χρήσης λιπασμάτων που θα επιδεινώσουν το πρόβλημα της αλατότητας, όπως π.χ. το KCl.



Εικόνα 1.5 Διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων σε σχέση με τις διακυμάνσεις του pH (Yara).

Σχετικά με την δομή του εδάφους σε ελαφρά εδάφη παρατηρούνται αυξημένες απώλειες στοιχείων λόγω έκπλυσης, ενώ σε βαριά εδάφη δημιουργούνται αναερόβιες συνθήκες που επηρεάζουν την ανάπτυξη των φυτών και την πρόσληψη των θρεπτικών στοιχείων, ενώ αυξάνουν τις απώλειες αζώτου στην ατμόσφαιρα. Σημαντική βελτίωση θα προσέφερε η αύξηση της οργανικής ουσίας του εδάφους, η τμηματική εφαρμογή του N και η εφαρμογή λιπασμάτων μέσω της υδρολίπανσης.

Στη συνέχεια αναλύεται ο ρόλος κάθε θρεπτικού στοιχείου για την ελαιοκαλλιέργεια.

1.10.1. Αζωτο

Το άζωτο (N) αποθηκεύεται σε φύλλα και μίσχους και συλλέγεται έντονα απ' τις αναπτυσσόμενες ταξιανθίες γεγονός που υποδηλώνει ότι η διαθεσιμότητά του είναι σημαντική για την ανθοφορία (Erel et al. 2008). Βρέθηκε να αυξάνει το ποσοστό των ερμαφρόδιτων ανθέων, ενώ μείωσε την αποκοπή καρπών καθ' όλη τη διάρκεια σε όλα τα αναπτυξιακά στάδια (Cimato et al. 1990). Είναι δομικό συστατικό των νουκλεϊκών οξέων, της χλωροφύλλης, σε συνένζυμα, δευτερογενείς μεταβολίτες, φωτοσυνθετικές χρωστικές, πολυαμίνες και βιταμίνες (Pandey 2015). Διατίθεται στις εξής μορφές: ουρία $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, νιτρική μορφή NO_3^- (μειωμένη απορρόφηση σε αλκαλικά εδάφη λόγω ανταγωνισμού με OH^- , μεγάλες απώλειες με έκπλυση) και αμμωνιακή μορφή NH_4^+ (κατάλληλη για τα εδάφη της χώρας μας που έχουν αυξημένο pH καθώς οξινίζει το έδαφος μέσω της νιτροποίησης).

Η έλλειψη N οδηγεί σε μειωμένη ανθοφορία, καρποφορία ή σε παρενιαυτοφορία, σε γενική χλώρωση των φύλλων και περιορισμό βλαστικής ανάπτυξης, πρόωρη φυλλόπτωση, γενική καχεξία του δένδρου. Ανάλογα αποτελέσματα στην ανθοφορία και καρπόδεση φέρει και η υπερλίπανση με N. Η αλόγιστη χρήση αζώτου οδηγεί σε αύξηση λαίμαργων βλαστών και μείωση της ποσότητας και ποιότητας των καρπών. Ακόμη, η υπερλίπανση επηρεάζει την αντοχή των φυτών στους παγετούς, στο κυκλοκόνιο, οψιμίζει την παραγωγή και μειώνει την ποιότητα του ελαιόλαδου (λόγω μείωσης κορεσμένων λιπαρών οξέων και πολυφαινολών) (Erel et al. 2008).

Ανάλογα τη γονιμότητα του εδάφους, την εδαφική υγρασία, την ποιότητα του αρδευτικού νερού και βάσει φυλλοδιαγνωστικής συνιστάται ετήσια χορήγηση αζώτου 500-1500 g N/δέντρο. Στα νεαρά δέντρα χορήγηση 30-50 g μέχρι τον 6^ο χρόνο, ενώ απο τον 7^ο και άνω κανονικές ποσότητες. Ωστόσο, η παρατήρηση του μήκους της ετήσιας βλάστησης και του χρώματος των φύλλων μπορεί να υποδείξει στον παραγωγό

αν θα χρειαστεί να επέμβει με κατάλληλες διορθώσεις. Σκούρο πράσινο χρώμα φύλλων και μήκος των ετήσιων βλαστών 25-50 cm υποδηλώνει επάρκεια N. Ανοιχτό πράσινο χρώμα φύλλων και ετήσια βλάστηση <25 cm υποδηλώνει πιθανή έλλειψη N.

1.10.2. Φώσφορος

Ο φώσφορος (P) είναι δομικό συστατικό νουκλεϊνικών οξέων (DNA, RNA) και φωσφολιπιδίων των βιομεμβρανών, ενώ εντοπίζεται και σε ενώσεις υψηλής ενέργειας όπως ATP, ADP, AMP (Erel et al. 2008). Επηρεάζει την αύξηση του ριζικού συστήματος και παίρνει μέρος στο μεταβολισμό υδατανθράκων, λιπιδίων και πρωτεϊνών (Θεριός 2015). Στην ελιά δεν έχουν παρατηρηθεί ελλείψεις του συγκεκριμένου στοιχείου λόγω χαμηλών αναγκών της καλλιέργειας αλλά και από την σταδιακή αποδέσμευση του στο έδαφος. Το διαθέσιμο κλάσμα P εξαρτάται από την προσρόφηση από διάφορα ορυκτά, κυρίως από ανθρακικά άλατα και μπορεί να επηρεαστεί από παράγοντες όπως το pH και την οργανική ουσία του εδάφους. Προκειμένου να βελτιωθεί η διαθεσιμότητα του υπάρχοντος δεσμευμένου P στο έδαφος προτείνονται λιπάνσεις με ειδικά οξινοποιά σκευάσματα P, αύξηση της οργανικής ουσίας του εδάφους και προσθήκη βιοδιεγερτών και εδαφοβελτιωτικών.

Στη σπάνια περίπτωση έλλειψης P εμφανίζονται στη βάση των φύλλων χλωρώσεις με πολλά στίγματα, ερυθρή απόχρωση φύλλων και λιγότερο ανεπτυγμένοι ετήσιοι βλαστοί. Πολλές φορές η ανωτέρω συμπτωματολογία συγγέεται με την μεγάλη συγκέντρωση N. Η φωσφορική λίπανση μπορεί να είναι απαραίτητη σε εδάφη που έχουν χαμηλό pH ή υψηλές ποσότητες CaCO_3 . Όταν είναι αναγκαία, δεν πρέπει να υπερβαίνει το εύρος 1/3-1/5 της ποσότητας του N που προστέθηκε, δηλαδή τα 200–350 g P_2O_5 /δέντρο για 1 kg προστιθέμενου N ανά δέντρο. Άμεσα αποτελέσματα φέρουν 2-3 διαφυλλικοί ψεκασμοί συνδυαστικά με φυτοπροστασία την άνοιξη με αρχές καλοκαιριού.

1.10.3. Κάλιο

Το κάλιο (K) είναι ένα σημαντικό στοιχείο που παίζει βασικό ρόλο σε πολλές φυσιολογικές λειτουργίες (μεταβολισμός υδατανθράκων, σύνθεση αμύλου, πολυπεπτιδίων και πρωτεϊνών, φωτοσύνθεση, μετατόπιση φωτοσυστημάτων, μεριστωματική ανάπτυξη, ενεργοποίηση ενζύμων, εξουδετερωτικές λειτουργίες, αντοχή στο στρες, κλπ.) (Sotiropoulos et al. 2023). Φυτά που είναι επαρκώς

εφοδιασμένα συγκρατούν καλύτερα νερό από εκείνα που δεν είναι, δεδομένου ότι το K παίζει σημαντικό ρόλο στο άνοιγμα και κλείσιμο των στομάτων των φύλλων. Κατά συνέπεια μπορεί να θεωρηθεί και ως ρυθμιστής της υδατικής κατάστασης των φυτών. Βρίσκεται σε τέσσερις διακριτές μορφές: στο εδαφικό διάλυμα (άμεσα διαθέσιμο όμως αποτελεί μικρό κλάσμα του ολικού K στο έδαφος), ανταλλάξιμο και αργά ανταλλάξιμο (η πηγή αναπλήρωσης του εδαφικού διαλύματος K) και τέλος το δομικό K (χαμηλός ρυθμός απελευθέρωσης → ελάχιστα διαθέσιμο στις ρίζες των φυτών, βρίσκεται στα ορυκτά του εδάφους και αποτελεί το 90-98% K).

Η λίπανση με K είναι εξίσου απαραίτητη με αυτή του N, επειδή περισσότερο από το 60% του K του φυτού βρίσκεται στους καρπούς (Erel et al. 2008). Οι Fernández-Escobar et al. (2015) αναφέρουν πως οι ποσότητες K που αφαιρούνται σε ξηρικούς ελαιώνες ετησίως με τη συγκομιδή και το κλάδεμα είναι $45,5 \text{ kg ha}^{-1}$, ενώ οι Erel et al. (2017) τονίζουν πως σε αρδευόμενους ελαιώνες οι ποσότητες αυτές είναι παρόμοιες ή ελαφρά αυξημένες.

Η ανεπάρκεια K που παρατηρείται συχνά σε ελαιώνες συνδέεται άμεσα με την ανικανότητα πρόσληψης του λόγω παρουσίας ασθένειας του ριζικού συστήματος, περιβαλλοντικών συνθηκών ή/και ιδιοτήτων του εδάφους. Για παράδειγμα οι ελιές που καλλιεργούνται σε ξηροθερμικές περιοχές χαρακτηρίζονται από έλλειψη νερού, οδηγώντας στην μη απορρόφηση του. Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των θρεπτικών στοιχείων είναι συχνές, με αποτέλεσμα να εμφανίζονται ανεπάρκειες σε ένα στοιχείο μέσω περισσείας ενός άλλου (Fernández-Escobar 2019). Έτσι τα ασβεστολιθικά εδάφη που είναι πλούσια σε Ca εμποδίζουν την πρόσληψη του K από τα φυτά. Αλληλεπίδραση υπάρχει επίσης με το Mg και με ιχνοστοιχεία όπως Fe και Zn του εδαφικού διαλύματος (Saykhul et al. 2014). Υψηλές τιμές των ανωτέρω στα φύλλα υποδηλώνουν έλλειψη K και αντίστροφα.

Τα συμπτώματα έλλειψης K στις ελιές περιλαμβάνουν περιφερειακή και επάκρια χλώρωση των φύλλων της νέας βλάστησης του φθινοπώρου. Έπειτα εξελίσσεται σε νέκρωση στα κατώτερα φύλλα και τελικά σε πτώση αυτών, έντονη μικροφυλλία, ξήρανση κλάδων, μικροκαρπία με τελικό αποτέλεσμα τη μείωση παραγωγής.

Αν και είναι ένα στοιχείο συχνά σε έλλειψη, οι παραγωγοί αγνοούν συνήθως την αναπλήρωση του επαναλαμβάνοντας επί σειρά ετών το ίδιο πρόγραμμα λίπανσης που επικεντρώνεται κυρίως στο N. Κάθε γονότυπος ελιάς πιθανόν να ανταποκρίνεται διαφορετικά στην έλλειψη K (Saykhul et al. 2014). Οι ανάγκες είναι αυξημένες στα αρχικά στάδια ανάπτυξης του καρπού και την περίοδο αύξησης της

ελαιοπεριεκτικότητας (Ψαρράς 2017). Σαν γενικός κανόνας εφαρμόζονται τα 2/3 K το Φεβρουάριο και το 1/3 από μέσα Αυγούστου και μετά. Οι συστάσεις για ετήσια λίπανση με K κυμαίνονται από 0,8-1,5 kg/δέντρο. Σε περιπτώσεις σοβαρής ανεπάρκειας συνιστάται για κάθε 1 kg N, προσθήκη διπλάσιας δόσης K.

Χρονική μεταβολή της συγκέντρωσης K στα φύλλα ή/και στους καρπούς της ελιάς

Η περιεκτικότητα των φύλλων σε ανόργανα στοιχεία μεταβάλλεται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και επηρεάζεται από την ηλικία τους. Επίσης, τα νεαρά φύλλα ελιάς έχουν υψηλότερη συγκέντρωση καλίου από τα μεγαλύτερης ηλικίας. Η συγκέντρωση του K στα φύλλα της τρέχουσας περιόδου μειώθηκε σταδιακά από την αρχή της περιόδου έως τον Αύγουστο και στη συνέχεια παρέμεινε σε αυτά τα επίπεδα έως το φθινόπωρο. Η μείωση της συγκέντρωσης K στα φύλλα είναι συνήθης σε πολλά καρποφόρα δέντρα και στην ελιά ιδιαίτερα αξιοσημείωτη εξαιτίας των μεγάλων απαιτήσεων των καρπών σε K. Φαίνεται ότι υπάρχει στενή σχέση μεταξύ της παραγωγής και της συγκέντρωσης των φύλλων σε K. Έτσι, η συγκέντρωση του K στα φύλλα ελιάς επηρεάστηκε από την καρποφορία, δείχνοντας μικρότερες τιμές την επόμενη της χρονιάς υψηλής καρποφορίας (Fernández-Escobar et al. 1999). Επίσης, η μεγάλη αύξηση της συγκέντρωσης των φύλλων σε K την επόμενη της χρονιάς παρενδυτοφορίας και η ταχεία μείωση μετά τον Μάρτιο την χρονιά της αναμενόμενης υψηλής παραγωγής υποδεικνύει τις μεγάλες απαιτήσεις των αναπαραγωγικών δομών στην ελιά (Fernández-Escobar et al. 1999). Οι ώριμοι καρποί έχουν μεγαλύτερη συγκέντρωση K συγκριτικά με τους ανώριμους. Αυτό εξηγείται από το γεγονός της μετάβασης του ανώριμου καρπού μετά το στάδιο σκλήρυνσης του πυρήνα όπου το μεσοκάρπιο αυξάνεται πάρα πολύ μέχρι την ωρίμανση.

Ο ρόλος του καλίου στην παραγωγικότητα και στην ποιότητα ελαιοκάρπου

Οι καρποί θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως τα κύρια φυτικά όργανα απορρόφησης καλίου. Το κάλιο όπως προαναφέρθηκε συμβάλλει στη μεριστωματική ανάπτυξη και κατ' επέκταση στη δημιουργία μεγαλύτερου αριθμού κυττάρων που απαρτίζουν το μεσοκάρπιο (Θεριός 2015). Συνεπώς βοηθάει τους καρπούς να αποκτήσουν το βέλτιστο μέγεθος και βάρος, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ποιότητα των προϊόντων, το σύνολο της παραγωγής και τελικά το οικονομικό όφελος του παραγωγού.

1.10.4. Βόριο

Από τα μικροθρεπτικά στοιχεία το βόριο (B) είναι το πιο σημαντικό καθώς συνδέεται άμεσα με την ανάπτυξη και παραγωγικότητα του ελαιόδεντρου λόγω αλληλεπίδρασης του με άλλα ανόργανα στοιχεία. Συμμετέχει στη δομή του κυτταρικού τοιχώματος και στην ανάπτυξη του γυρεοσωλήνα της ελιάς ενισχύοντας την καρπόδεση (Sotiropoulos et al. 2023). Είναι υπεύθυνο για τη μεταφορά των σακχάρων και των υδατανθράκων, τη σύνθεση φαινολών, την κυτταρική διαίρεση, το μεταβολισμό του N και το σχηματισμό πρωτεϊνών. Θεωρείται και ως ρυθμιστής του μεταβολισμού των φαινολών διότι σχηματίζει ισχυρό χηλικό δεσμό με τις φαινόλες (Pasković et al. 2019). Επίσης εμφανίζει υψηλή κινητικότητα, καθώς παράγει πολύλες (Brown 1997, Perica et al. 2001). Υπάρχουν βάσιμα δεδομένα που υποδηλώνουν ότι η κινητικότητα B είναι εξαρτώμενη από την ποικιλία (Ferreira et al. 2019).

Ο τύπος και το pH του εδάφους όπως έχει προαναφερθεί επηρεάζει τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών μεταξύ και του βορίου. Όσο υψηλότερη είναι η περιεκτικότητα σε Al, Ca ή οξείδια Al, Fe, Mn, τόσο περισσότερο μειώνεται η διαθεσιμότητα B στα φυτά. Όταν τα δέντρα έχουν έλλειψη B που κυμαίνεται <14-15 mg/kg η άνθιση και η καρπόδεση θα πραγματοποιηθεί κανονικά, αλλά ο καρπός θα αποκοπεί από το φυτό ανώριμος κατά την περίοδο Ιουλίου-Αυγούστου. Σε περιπτώσεις σοβαρής έλλειψης <7-13 mg/kg δεν σχηματίζονται καθόλου ανθοφόροι οφθαλμοί (Τσουράκη 2008).

Η τροφοπενία βορίου εξελίσσεται ταχύτερα σε νεαρά δέντρα απ' ότι σε δέντρα μεγαλύτερης ηλικίας. Τα συμπτώματα ξεκινούν τον Ιούλιο με χλωρώσεις του ακραίου τμήματος του ελάσματος, μικροφυλλία και σταδιακή φυλλόπτωση το φθινόπωρο από την κορυφή των νεαρών βλαστών. Σε προχωρημένο στάδιο παρατηρείται ακόμα και ξήρανση κλαδίσκων. Στο φλοιό μεγαλύτερων κλάδων είναι δυνατόν να παρατηρηθούν καστανόχροες νεκρωτικές κηλίδες (Μετζιδάκης 2006).

Προτείνεται εδαφική λίπανση των ελαιώνων με βόρακα κάθε 3-5 έτη ή για διόρθωση ελλείψεων σε ποσότητες 300-500 g/δέντρο, λόγω του υψηλού κινδύνου τοξικότητας που εμφανίζει και πάντα σκορπιστά. Σε δέντρα νεαρά, μη παραγωγικά η προτεινόμενη ποσότητα είναι 10 g/δέντρο/έτος (Sotiropoulos et al. 2023). Άμεσα αποτελέσματα έχει η συμπλήρωση του μέσω ψεκασμών φυλλώματος ή με υδρολίπανση.

1.10.5. Λοιπά στοιχεία και ιχνοστοιχεία

Το ασβέστιο (Ca) συμβάλλει στη σταθεροποίηση των μεμβρανών και επηρεάζει τη λειτουργία τους (Sotiropoulos et al. 2023). Αν και δεν είναι συνήθης η τροφοπενία του Ca, τα ελαιόδεντρα είναι πολύ ευαίσθητα στην χαμηλή συγκέντρωση Ca. Τα συμπτώματα έλλειψης Ca ομοιάζουν με αυτά του B με το χαρακτηριστικό γνώρισμα των λευκών νεύρων σε παλιά χλωρωτικά φύλλα και χωρίς ξηρούς βλαστούς και κλαδίσκους. Για διόρθωση τροφοπενίας προτείνονται 5-10 kg CaO/δέντρο. Αξιοσημείωτο είναι ότι αρκετές φορές φύλλα που έχουν μειωμένη συγκέντρωση Ca εμφανίζουν υψηλή συγκέντρωση Mg με συνέπεια ο λόγος Ca/Mg να μειώνεται (Μετζιδάκης 2006).

Το μαγνήσιο (Mg) συμμετέχει στη φωτοσύνθεση και την πρωτεϊνολογία, αφού αποτελεί συστατικό της χλωροφύλλης. Χλωρώσεις στα φύλλα που σταδιακά καλύπτουν ολόκληρο το έλασμα, έντονη πτώση τους και περιορισμένη βλαστική ανάπτυξη ανήκουν στα συμπτώματα τροφοπενίας (Μετζιδάκης 2006). Η προσθήκη 300-500 g/δέντρο Mg ή διαφυλλικοί ψεκασμοί με 2-4% διαλυτό MgSO₄ έχουν φέρει ορατά αποτελέσματα σε περιπτώσεις ανεπάρκειας (Sotiropoulos et al. 2023).

Ελλείψεις ιχνοστοιχείων, όπως Fe, Zn, ακόμη και Cu πολύ σπάνια έχουν αναφερθεί σε ελαιώνες που καλλιεργούνται σε ασβεστούχα εδάφη (Sotiropoulos et al. 2023). Επίσης, το σελήνιο (Se) έχει αποδειχθεί πως ελέγχει το υδατικό ισοζύγιο των φυτών, αποτρέπει το στρες, καθυστερεί τη γήρανση και προάγει την ανάπτυξη. Το πυρίτιο (Si) μειώνει τη χημική καταπόνηση (ανεπάρκειες στοιχείων, ακραίες σχέσεις μεταξύ τους, άλατα), την αβιοτική καταπόνηση και ενισχύει τη δράση των κυτοκινών που με τη σειρά τους βελτιώνουν τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης και τη φωτοσυνθετική λειτουργία.

1.11. Σκοπός εργασίας

Το κάλιο είναι από τα πιο σημαντικά θρεπτικά στοιχεία για την ελιά. Διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση της υδατικής κατάστασης στην ελιά, βελτιώνοντας την αντοχή στην ξηρασία, βελτιώνει την αποτελεσματικότητα χρήσης νερού ενώ απαιτείται σε υψηλές συγκεντρώσεις από τους καρπούς της ελιάς. Η έλλειψη καλίου θεωρείται από τις πιο συνηθισμένες θρεπτικές διαταραχές για την καλλιέργεια της ελιάς κυρίως όταν καλλιεργείται σε ξηρικές συνθήκες ή σε αλκαλικά εδάφη, εξαιτίας της έλλειψης νερού ή της αλληλεπίδρασης με το ασβέστιο, ενώ συχνά παρατηρείται η λίπανση με

κάλιο στους ελαιώνες να είναι ανεπαρκής. Η φυλλοδιαγνωστική και η εδαφολογική ανάλυση, καθώς και η ποσοτικοποίηση των εκροών των θρεπτικών στοιχείων από έναν ελαιώνα αποτελούν σημαντικά εργαλεία για την εκτίμηση των αναγκών του σε θρεπτικά στοιχεία. Η λίπανση με κάλιο είναι σημαντική για την ελιά, ιδίως για το λόγο ότι το μεγαλύτερο ποσοστό εντοπίζεται στους καρπούς και μεγάλες ποσότητες απομακρύνονται ετησίως με τη συγκομιδή. Σε ελαιώνες με έλλειψη καλίου, η εφαρμογή του στο έδαφος αποδείχθηκε ευεργετική βελτιώνοντας σημαντικά τις αποδόσεις.

Η συγκεκριμένη εργασία είχε ως σκοπό να μελετήσει την επίδραση μίας εναλλακτικής λίπανσης με κάλιο σε ελαιόδεντρα ποικιλίας Καλαμών σε σύγκριση με την καθιερωμένη λίπανση του παραγωγού. Στόχος ήταν να αποτυπωθεί η θετική συμβολή της καλιούχου λίπανσης στη θρεπτική κατάσταση των φύλλων, στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών και στην απόδοση των ελαιόδεντρων. Για την επίτευξη του συγκεκριμένου σκοπού μετρήθηκαν τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά των φύλλων, η συγκέντρωση των φύλλων σε κάλιο και ασβέστιο, τα ποιοτικά και αντιοξειδωτικά χαρακτηριστικά των καρπών, η ελαιοπεριεκτικότητα, η συγκέντρωση των ελαιόκαρπων σε κάλιο και η παραγωγικότητα των ελαιόδεντρων.

2. Υλικά και μέθοδοι

2.1. Πειραματικός αγρός, φυτικό υλικό και μεταχειρίσεις

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε το έτος 2022 στην περιοχή Μπουλουφάς, που βρίσκεται 6 km από το χωριό Γκοριτσά του νομού Λακωνίας σε έναν αγρό έκτασης 1,8 ha. Χαρακτηριστικό του κλίματος της περιοχής είναι τα θερμά, ξηρά καλοκαίρια συχνά μεγάλης διάρκειας καθώς και οι ήπιοι χειμώνες με αρκετές βροχοπτώσεις. Στον πειραματικό αγρό που αποτελείται συνολικά από 440 ελαιόδεντρα καλλιεργούνται κυρίως ελαιόδεντρα της ποικιλίας Καλαμών τα οποία διαχωρίζονται με βάση την ηλικία τους σε 200 δέντρα 50 ετών, 20 από τα οποία επιλέχθηκαν και αποτέλεσαν μέρος της πειραματικής διαδικασίας, 140 δέντρα 6 ετών και 40 δέντρα 3 ετών. Υπάρχουν βέβαια και ορισμένα δέντρα της ποικιλίας Κορωνέικης ηλικίας έως 200 ετών όπου ο αριθμός τους ανέρχεται σε 60. Οι αποστάσεις μη γραμμικής φύτευσης των δέντρων κυμαίνονται από 4-6 m επί της γραμμής και 5-6 m μεταξύ των γραμμών. Ο αριθμός των δέντρων είναι 24 ανά στρέμμα.



Εικόνα 2.1 Εικόνα από τον πειραματικό αγρό μέσω Google Earth, 37°00'35"N 22°35'59"E.

Ο συγκεκριμένος αγρός είναι αρδευόμενος και ελάχιστα επικλινής με δύο αναβαθμίδες. Η άρδευση πραγματοποιείται με ρυθμιζόμενους μικροεκτοξευτήρες παροχής 0-70 L h⁻¹. Το τρέχον έτος του πειράματος πραγματοποιήθηκαν οχτώ αρδεύσεις ξεκινώντας από τον μήνα Ιούνιο έως Σεπτέμβριο ανά 15 ημέρες.

Η βασική λίπανση πραγματοποιήθηκε τον Ιανουάριο 2022 όπου ο παραγωγός εφάρμοσε 3 kg/δέντρο από το λίπασμα 20-10-10 και κοπριά σε ποσότητα 25 kg/δέντρο. Τον Φεβρουάριο εφάρμοσε θειικό αμμώνιο 21-0-0+60SO₃ Crystallin 21N σε ποσότητες 1,5 kg/δέντρο. Συνολικά προστέθηκαν 21,96 kg N, 7,2 kg K₂O, 7,2 kg P₂O₅ και 21,6 kg SO₃ και 600 kg κοπριάς ανά στρέμμα. Η διαφυλλική λίπανση εφαρμόστηκε συνδυαστικά μαζί με φυτοπροστασία αρχές Απριλίου με οξυχλωριούχο Cu, Zn, B προσθέτοντας σε τουρμπίνα ψεκασμού χωρητικότητας 1,5 Mg 6,250 kg Novicure 40W, 1,5 L YaraVita Zintrac 700 και 1 L YaraVita Bortrac 150.

Για την καταπολέμηση των ζιζανίων, το Μάρτιο πραγματοποιήθηκε τεμαχισμός τους με καταστροφέα μαζί με τα κλαδευτικά που προέκυψαν από το κλάδεμα που πραγματοποιήθηκε Φεβρουάριο-Μάρτιο. Επιπλέον το Σεπτέμβριο έγινε μια κοπή ζιζανίων πάνω στην γραμμή με χορτοκοπτικό.

Τον Σεπτέμβριο για την καταπολέμηση του δάκου πραγματοποιήθηκε δολωματικός ψεκασμός με 70 L ψεκαστικού υγρού στο οποίο διαλύθηκαν 2,30-2,5 L Success (300 mL/δέντρο). Για το κυκλοκόνιο και το γλοιοσπόριο εφαρμόστηκαν 15 kg γαλαζόπετρα και 13 kg ασβέστη μέχρι το pH να φτάσει στην τιμή 7,5.

Στον συγκεκριμένο ελαιώνα πραγματοποιήθηκε εδαφολογική ανάλυση και σύμφωνα με τα αποτελέσματα το έδαφος χαρακτηρίζεται ως μέσης σύστασης. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα της εδαφολογικής ανάλυσης.

Πίνακας 2.1 Αποτελέσματα εδαφολογικής ανάλυσης του πειραματικού αγρού.

	Τιμές δείγματος	Φυσιολογικό εύρος τιμών	Εργαστηριακή μέθοδος
pH	8,1	6,5-7,5	ISO 10390
Ανθρακικό ασβέστιο	46,3 %	1-5 %	HCl-BERNARD
Ενεργό (CaCO₃)	6,83 %	< 4 %	Ammonium Oxalate
Ηλ.αγωγιμότητα	0,305 mS/cm/°C	<1 mS/cm/25°C	1/1 H ₂ O

Οργανική ουσία	2,88 %	1-5%	Wakley-Black
	meq/100 g εδ.	meq/100 g εδ.	ISO 11464
Ασβέστιο(Ca)	37,1	min 20	CH ₃ COONH ₄ AAS- MC-CS XENON ARC
Μαγνήσιο(Mg)	1,8	min 1,9	
Κάλιο (K)	0,21	min 0,3	
Νάτριο (Na)	0,6	<0,25	
Φώσφορος (P)	7,5 ppm	min 10 ppm	OLSEN-ΧΡΩΜΑΤΟΜ.
Βόριο (B)	0,35 ppm	0,3-0,75 ppm	ΦΑΣΜΑΤ/ΤΡΙΑ
Νιτρικό άζωτο (N-NO ₃)	29,3 ppm	21-40 ppm	ΦΑΣΜΑΤ/ΤΡΙΑ Cd
Αμμωνιακό άζωτο (N-NH ₄)	8,91 ppm	5-20 ppm	
Σχέσεις στοιχείων			
Ca/Mg	20,61	13	
Mg/K	8,57	5,5	
Ca/K	176,67	70	
Ca/Mg+K	20,82	10	

Το πείραμα περιλάμβανε δύο μεταχειρίσεις: 1) τον μάρτυρα και 2) την εναλλακτική λίπανση με κάλιο. Η κάθε μεταχείριση είχε 10 δέντρα τα οποία ήταν παρόμοιας ανάπτυξης, είχαν παρόμοια καρποφορία και δέχονταν τις ίδιες καλλιεργητικές φροντίδες.

Πιο συγκεκριμένα οι μεταχειρίσεις του πειράματος ήταν οι εξής:

- **Μάρτυρας:** αφορούσε τη λίπανση που εφαρμόζει ο παραγωγός. Συνολικά προστέθηκαν 21,96 kg N, 7,2 kg K₂O, 7,2 kg P₂O₅ και 21,6 kg SO₃ και 600 kg κοπριάς ανά στρέμμα ως βασική λίπανση τον χειμώνα.
- **Εναλλακτική λίπανση K:** αφορούσε την εφαρμογή επιπλέον λίπανσης καλίου συνδυαστικά με μαγνήσιο και θείο κατά την περίοδο αύξησης του καρπού. Προστέθηκαν 21,96 kg N, 7,2 kg K₂O, 7,2 kg P₂O₅ και 21,6 kg SO₃ και 600 kg κοπριάς ανά στρέμμα ως βασική λίπανση τον χειμώνα και έγινε επιπλέον εφαρμογή καλιούχου λίπανσης στο έδαφος σε τρεις δόσεις. Πιο συγκεκριμένα τον Ιούνιο εφαρμόστηκαν 200 g/δέντρο θειϊκό καλιομαγνήσιο Patentkali 0-0-30(+10Mg)+42,5% SO₃, στις αρχές Αυγούστου εφαρμόστηκαν 200 g/δέντρο

νιτρικό κάλιο NOP Solub 13-0-46 και στα τέλη Αυγούστου εφαρμόστηκαν 200 g/δέντρο νιτρικό κάλιο NOP Solub 13-0-46 στη ζώνη άρδευσης. Προστέθηκαν συνολικά με την επιπλέον λίπανση 1,25 kg N, 5,86 kg K₂O, 0,48 kg MgO και 2,04 kg SO₃ ανά στρέμμα. Σε όλη την καλλιεργητική περίοδο εφαρμόστηκαν 23,21 kg N, 7,2 kg P₂O₅, 13,06 kg K₂O, 0,48 kg MgO και 30,84 kg SO₃ και 600 kg κοπριάς.

2.2.Μετρήσεις

2.3.Μέτρηση φυσιολογικών χαρακτηριστικών φύλλων

Οι μετρήσεις των φυσιολογικών χαρακτηριστικών των φύλλων πραγματοποιήθηκαν στις 20/7/2022 σε 10 επαναλήψεις των 12 φύλλων ανά μεταχείριση. Συλλέχθηκαν φύλλα από το μέσο των ετήσιων βλαστών περιμετρικά της κόμης. Τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά αφορούσαν το ποσοστό % ξηράς ουσίας (Ξ.Ο.), το ειδικό βάρος φύλλου και τη συγκέντρωση των φύλλων σε χλωροφύλλες (α, β και ολική).

Μέτρηση ξηράς ουσίας και ειδικού βάρους φύλλου

Με τη βοήθεια διακορευτή διαμέτρου 6 mm λήφθηκαν 12 δίσκοι ελάσματος φύλλου από το συνολικό αριθμό φύλλων της κάθε επανάληψης και ακολούθησε ζύγιση του νωπού τους βάρους (N.B.) σε ζυγαριά ακριβείας 4 δεκαδικών ψηφίων (Εικ. 2.2). Αφού ξηράνθηκαν τα δείγματα της κάθε επανάληψης σε φούρνο στους 80 °C οι δίσκοι ζυγίστηκαν και λήφθηκε το ξηρό τους βάρος (Ξ.B.). Με τη βοήθεια των παρακάτω τύπων υπολογίστηκε η Ξ.Ο. του φύλλου και το ειδικό βάρος φύλλου.

$$\text{Ξ.Ο.} = [(\text{Ξ.B.}) / (\text{N.B.})] \times 100$$

$$\text{Ειδικό βάρος φύλλου} = (\text{Ξ.B.}) / (\text{επιφάνεια 12 δίσκων}) \text{ σε mg cm}^{-2}.$$



Εικόνα 2.2 Λήψη 12 δίσκων ελάσματος φύλλων ελιάς κάθε επανάληψης για την μέτρηση ξηράς ουσίας και του ειδικού βάρους φύλλων.

Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης στα φύλλα μετρήθηκε με τη μέθοδο των Winternans and Mots (1965). Με τη βοήθεια διακορευτή λήφθηκαν 6 δίσκοι ελάσματος από τα 6 φύλλα της κάθε επανάληψης τα οποία ζυγίστηκαν και ύστερα τοποθετήθηκαν σε δοκιμαστικό υάλινο σωλήνα που περιείχε 15 mL αιθανόλης 95% (Εικ. 2.3). Στη συνέχεια αφέθηκαν στους 80 °C για χρονικό διάστημα 1 ώρας μέχρι να αποχρωματιστεί ο περιεχόμενος φυτικός ιστός. Αφού αποχρωματίστηκε οι σωλήνες τοποθετήθηκαν σε συνθήκες απουσίας φωτός μέχρι να αποκτήσουν θερμοκρασία δωματίου. Έπειτα ανακινήθηκαν σε vortex και μετρήθηκε η απορρόφηση σε φασματοφωτόμετρο (OPTIZEN POP (UV/VIS Spectrophotometer, Mecasys Co., Ltd)) στα 665 και 649nm με τη βοήθεια κρυσταλλικής κυψελίδας. Τέλος υπολογίστηκε η συγκέντρωση των φύλλων σε χλωροφύλλη α (χλωρ. α), β (χλωρ. β) και ολική (ολ. χλωρ.) σε mg g⁻¹ φύλλου, και του λόγου της χλωροφύλλης α προς τη χλωροφύλλη β (χλωρ. α/χλωρ. β).



Εικόνα 2.3 Διαδικασία υπολογισμού συγκέντρωσης χλωροφύλλης φύλλων ελιάς.

2.4. Μέτρηση ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών

Οι κατηγορίες μεγέθους καρπών που εμπορεύεται ο παραγωγός είναι οι εξής: κατηγορία 1→ 160, κατηγορία 2→ 190-200, κατηγορία 3→ 240-260, κατηγορία 4→ έως 320. Υπάρχει και μια 5η κατηγορία καρπών→ από 320 και άνω, όπου οδηγείται σε ελαιοτριβείο για εξαγωγή ελαιόλαδου. Τη συγκεκριμένη χρονιά που διεκπεραιώθηκε το πείραμα, ο παραγωγός, όπως και οι υπόλοιποι παραγωγοί της περιοχής, είχε μόνο τις κατηγορίες 2, 3, 4 και 5.

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών μετρήθηκαν σε πέντε επαναλήψεις των 10 καρπών ανά κατηγορία διαλογέα καρπών 2,3 και 4 και ανά μεταχείριση. Οι μετρήσεις περιλάμβαναν το βάρος καρπού, το βάρος πυρήνα, τον λόγο σάρκας/πυρήνα, τις διαστάσεις καρπού και πυρήνα, το χρώμα του επικαρπίου και το ποσοστό % Ξ.Ο (Εικ. 2.3).

Βάρος καρπού και λόγος σάρκας/πυρήνα

Με τη βοήθεια ζυγού 2 δεκαδικών ψηφίων λήφθηκε το βάρος καρπού αφού ζυγίστηκαν 10 καρποί από την κάθε επανάληψη και διαιρώντας με τον αριθμό των καρπών της επανάληψης. Η επόμενη διαδικασία ήταν η αφαίρεση του πυρήνα και η ζύγιση του. Στη συνέχεια υπολογίστηκε ο λόγος σάρκας/πυρήνα.



Εικόνα 2.3 Διαχωρισμός σάρκας από πυρήνα ελιάς, υπολογισμός του βάρους τους και του λόγου σάρκα/πυρήνα.

Διαστάσεις και σχήμα καρπού

Το μήκος και το πλάτος καρπού μετρήθηκαν με παχύμετρο. Στη συνέχεια υπολογίστηκε ο λόγος μήκος/πλάτος.

Χρώμα επικαρπίου

Η μέτρηση του χρώματος του καρπού πραγματοποιήθηκε με το χρωματόμετρο Minolta (Model CR-400, Minolta Ltd, Osaka, Ιαπωνία) σύμφωνα με το σύστημα μέτρησης CIELAB (CIE 1976, L^* , a^* , b^*) και αφορούσε τις παραμέτρους του χρώματος L^* , a^* και b^* (Εικ. 2.4). Έπειτα υπολογίστηκαν οι παράμετροι της καθαρότητας του χρώματος C^* (Chroma) και της απόχρωσης Hue.

Ο συνδυασμός των παραμέτρων της καθαρότητας και της απόχρωσης αποδίδει το πραγματικό χρώμα των καρπών. Οι παράμετροι υπολογίζονται ως εξής:

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

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

Η παράμετρος C^* είναι ανάλογη με την ένταση του χρώματος από το γκρι μέχρι το έγχρωμο. Όσο υψηλότερη είναι η τιμή της τόσο πιο καθαρού έντονου χρώματος είναι ο καρπός.

Η γωνία Hue αντιπροσωπεύει την απόχρωση (Hue = 0° εκφράζει το κόκκινο-μωβ, Hue = 90° εκφράζει το κίτρινο, Hue = 180° το μπλε-πράσινο και Hue = 270° το μπλε) (McGuire 1992).



Εικόνα 2.4 Χρωματόμετρο Minolta (Model CR-400, Minolta Ltd, Osaka, Ιαπωνία) για την μέτρηση του χρώματος επικαρπίου ελιάς.

Ποσοστό % ξηράς ουσίας

Για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας του περικαρπίου σε ξηρά ουσία, ζυγίστηκε το νωπό βάρος 10 τεμαχίων καρπών από τους 10 καρπούς της κάθε επανάληψης. Στη συνέχεια ξηράνθηκαν σε φούρνο στους 80 °C, μετρήθηκε το ξηρό τους βάρος και υπολογίστηκε το ποσοστό % ΞΟ του περικαρπίου.

2.5.Μέτρηση της παραγωγικότητας των δέντρων

Το Νοέμβριο 2022 πραγματοποιήθηκε η συγκομιδή ελαιόκαρπου και καταγράφηκε το σύνολο της παραγωγής σε kg ανά δέντρο. Στη συνέχεια όπως προαναφέρθηκε, οι καρποί διαχωρίστηκαν σε μεγέθη με τον διαλογέα ανά δέντρο και έπειτα ζυγίστηκαν οι επιμέρους ποσότητες.

Υπολογίστηκε επίσης η παραγωγικότητα των δέντρων ανά μονάδα επιφάνειας διατομής κορμού. Με τη χρήση μεζούρας μετρήθηκε η διάμετρος του κορμού του κάθε δέντρου σε ύψος 30 cm από το έδαφος και έπειτα υπολογίστηκε η επιφάνεια διατομής του κορμού. Στη συνέχεια έγινε αναγωγή της ποσότητας παραγόμενων καρπών ανά μονάδα επιφάνειας διατομής κορμού και εκφράστηκε ως g cm^{-2} .

2.6. Μέτρηση αντιοξειδωτικών χαρακτηριστικών καρπών

Μετρήθηκαν η συγκέντρωση των καρπών σε ολικά φαινολικά συστατικά και η ολική αντιοξειδωτική τους ικανότητα.

2.6.1. Προετοιμασία εκχυλίσματος

Ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης των καρπών σε ολικά φαινολικά συστατικά και της συνολικής αντιοξειδωτικής τους ικανότητας, πραγματοποιήθηκε σε τέσσερις επαναλήψεις των δέκα καρπών ανά μεταχείριση. Για την εκχύλιση των ολικών διαλυτών φαινολικών συστατικών χρησιμοποιήθηκαν 2 g πολτοποιημένου δείγματος φλοιού και σάρκας καρπού ελιάς που ομογενοποιήθηκαν με 20 mL μεθανόλης σε συσκευή Polytron (Kinematika GmbH, Luzern, CH) (Εικ. 2.5). Στη συνέχεια προστέθηκαν επιπλέον 20 mL μεθανόλης και το δείγμα παρέμεινε στο σκοτάδι για περίπου 3 ώρες με συνεχή ανάδευση. Το δείγμα στη συνέχεια φυγοκεντρήθηκε στις 7000g για 5 λεπτά. Το υπερκείμενο πλύθηκε με 20 mL εξάνιο και στη συνέχεια ακολούθησε η διαδικασία μέτρησης των ολικών διαλυτών φαινολικών.



Εικόνα 2.5 Προετοιμασία εκχυλίσματος για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των καρπών ελιάς σε ολικά φαινολικά συστατικά και της συνολικής αντιοξειδωτικής τους ικανότητας.

2.6.2. Μέτρηση της περιεκτικότητας των καρπών σε ολικά φαινολικά συστατικά

Η μέθοδος των Swain and Hillis (1959) μετά από κάποιες τροποποιήσεις χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να προσδιοριστεί η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών συστατικών στους καρπούς (Εικ. 2.6). 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). Ανακινήθηκαν με Vortex, έπειτα προστέθηκαν 8 mL διαλύματος 1 N Na_2CO_3 , επαναλήφθηκε η ανακίνηση με Vortex και τα δείγματα παρέμειναν για μια ώρα σε συνθήκες απουσίας φωτός. Ακολούθησε η μέτρηση της απορρόφησης στα 760 nm σε φασματοφωτόμετρο OPTIZEN POP (UV/VIS Spectrophotometer, Mecasys Co., Ltd) και εκφράστηκε η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών συστατικών στους καρπούς σε mg γαλλικού οξέος ανά g νωπού βάρους καρπού. 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}).



Εικόνα 2.6 Μέτρηση της περιεκτικότητας των καρπών ελιάς σε ολικά φαινολικά συστατικά.

2.6.3. Μέτρηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας των καρπών

Για τη μέτρηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας των καρπών χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της ελεύθερης ρίζας DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl). Η συγκεκριμένη

μέθοδος βασίζεται στη μέθοδο των Brand-Williams et al. (1995) μετά από κάποιες τροποποιήσεις. Σε δοκιμαστικό σωλήνα προστέθηκαν με τη βοήθεια πιπέτας 100 μL από το μεθανολικό εκχύλισμα και 2900 μL DPPH συγκέντρωσης 100 μM . Τα δείγματα ανακινήθηκαν με Vortex, τοποθετήθηκαν σε συνθήκες απουσίας φωτός για 30 min και 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). Η πρότυπη καμπύλη αναφοράς του L-ασκορβικού οξέος συντέλεσε στον προσδιορισμό της αντιοξειδωτικής ικανότητας του καρπού το οποίο εκφράστηκε ως ισοδύναμα μmol L-ασκορβικού οξέος ανά g ν.β. καρπού.

2.7. Μέτρηση ελαιοπεριεκτικότητας

Η εκτίμηση της ελαιοπεριεκτικότητας πραγματοποιήθηκε με εκχύλιση κατά Soxhlet (Ρούσσης και Μπαδέκα 2020). Για τη μέτρηση χρησιμοποιήθηκαν 5-10 g ξηρού δείγματος ελαιομάζας ανά μεταχείριση και 200 mL εξανίου. Στη συνέχεια εκφράστηκε ως ποσοστό % ελαιόλαδου επί του ξηρού βάρους και του νωπού βάρους του μεσοκαρπίου.



Εικόνα 2.7 Εκχύλιση κατά Soxhlet για εκτίμηση της ελαιοπεριεκτικότητας.

2.8.Μέτρηση της συγκέντρωσης των φύλλων σε K και Ca και των καρπών σε K

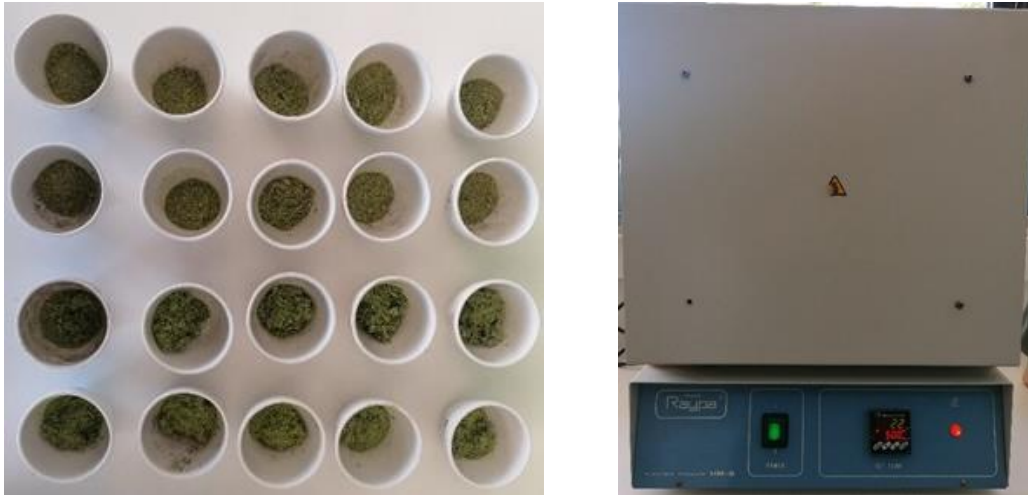
Για τη μέτρηση των ανόργανων στοιχείων K και Ca στα φύλλα ελιάς πραγματοποιήθηκαν δύο δειγματοληψίες, η πρώτη στις 21/7/2022 και η δεύτερη στις 28/1/2023. Η μέτρηση της συγκέντρωσης των φύλλων σε ανόργανα στοιχεία πραγματοποιήθηκε σε τρεις επαναλήψεις των 120 φύλλων ανά μεταχείριση σε κάθε ημερομηνία. Τα φύλλα που επιλέχθηκαν ήταν υγιή, καλά ανεπτυγμένα και βρίσκονταν από το μέσο προς τη βάση των ετήσιων βλαστών περιμετρικά της κόμης. Μετά τη δειγματοληψία, ακολούθησε πλύσιμο, τοποθέτηση σε χάρτινες σακούλες και έπειτα, ξήρανση των φύλλων στους 70 °C για 24-48 ώρες μέχρι τον θρυμματισμό τους.

Η μέτρηση της συγκέντρωσης του περικαρπίου των καρπών ελιάς σε ανόργανα στοιχεία πραγματοποιήθηκε σε τρεις επαναλήψεις των 10 καρπών ανά μεταχείριση στη συγομίδα. Από κάθε επανάληψη των 10 καρπών λήφθηκε τμήμα του περικαρπίου, στη συνέχεια τα τεμάχια τοποθετήθηκαν σε χάρτινα σακουλάκια και ακολούθως σε φούρνο ξήρανσης στους 70 °C μέχρι την ξήρανσή τους.

Με τη βοήθεια μύλου τα φύλλα και οι καρποί λειοτριβήθηκαν μέχρι να γίνουν λεπτή σκόνη. Στη συνέχεια με τη βοήθεια ζυγού δύο δεκαδικών ψηφίων ζυγίστηκαν 0,5 g από κάθε δείγμα για τα φύλλα και 1 g από κάθε δείγμα για τους καρπούς και τοποθετήθηκαν σε πορσελάνινες κάψες τύπου HCT 126/80 DIN (Εικ. 2.8). Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε πυριαντήριο στους 480 °C για τρεις 3 ώρες μέχρι να γίνουν τέφρα (Εικ. 2.8). Έπειτα για τη χώνευση της τέφρας προστέθηκαν 20 mL 20% HCl (συγκέντρωση 37%, MB=36,5 και $d=1,19 \text{ kg L}^{-1}$). Ακολούθησε η διήθηση του περιεχομένου της κάψας με ένα φίλτρο τύπου Whatman No 40, Ø 110 mm και η παραλαβή του εκχυλίσματος με τη βοήθεια χωνιού σε ογκομετρική φιάλη των 50 mL. Κατόπιν συμπληρώθηκε απεσταγμένο νερό μέχρι τον τελικό όγκο των 50 mL. Το διάλυμα που προέκυψε (stock) για κάθε δείγμα τοποθετήθηκε σε πλαστικό σωλήνα Falcon και αξιοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των στοιχείων K και Ca στα φύλλα και K στους καρπούς.

Οι μετρήσεις της συγκέντρωσης των ανόργανων στοιχείων K και Ca έγινε με φλογοφωτόμετρο (JENWAY PFP7 Flame Photometer, Fisher Scientific UK Ltd. Για τη βαθμονόμηση του οργάνου έγινε η κατασκευή της καμπύλης βαθμονόμησης του οργάνου. Έγινε παρασκευή των πρότυπων διαλυμάτων K (4 ppm, 8 ppm, 12 ppm) και Ca (10 ppm, 30 ppm, 50 ppm) από τα stock διαλύματα K (πρότυπο διάλυμα καλίου

1000 ppm) και Ca (πρότυπο διάλυμα ασβεστίου 1000 ppm). Ο μηδενισμός του οργάνου γινόταν με απεσταγμένο νερό. Από την πρότυπη καμπύλη βαθμονόμησης και της αραίωσης, όπου απαιτήθηκε, προσδιορίστηκε η περιεκτικότητα των φυτικών δειγμάτων σε K και Ca. και εκφράστηκαν σε ποσοστό % ξηρού βάρους φύλλου ή καρπού.



Εικόνα 2.8 Κάψες με τέφρα φύλλων αριστερά και πυριαντήριο δεξιά όπου ξηράνθηκαν.

2.9. Στατιστική επεξεργασία

Τα δεδομένα επεξεργάστηκαν με τη χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS (Version 20.0, IBM Corporation, Armonk, NY, USA). Η σύγκριση των μέσων όρων έγινε με το κριτήριο student t-test και με το κριτήριο Tukey για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.

3. Αποτελέσματα

3.1. Φυσιολογικά χαρακτηριστικά φύλλων

3.1.1. Ποσοστό % ξηράς ουσίας και ειδικό βάρος φύλλων

Οι μετρήσεις των φυσιολογικών χαρακτηριστικών των φύλλων πραγματοποιήθηκαν στις 21 Ιουλίου 2022. Τα φύλλα των δέντρων που εφαρμόστηκε επιπλέον λίπανση με κάλιο δεν παρουσίασαν σημαντική διαφορά στο ποσοστό % ξηράς ουσίας από τα φύλλα των δέντρων του μάρτυρα, που αφορούσε τη λίπανση που ακολούθησε ο παραγωγός (Πίν. 3.1.1).

Όσον αφορά το ειδικό βάρος φύλλου, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταξύ των φύλλων των μεταχειρίσεων της λίπανσης με κάλιο και του μάρτυρα (Πίν. 3.1.1).

Πίνακας 3.1.1 Ποσοστό % ξηράς ουσίας και ειδικό βάρος φύλλων των δέντρων ποικιλίας Καλαμών των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με κάλιο.

Μεταχείριση	Ξ.Ο. (%)	Ειδικό βάρος φύλλου (mg cm ⁻²)
Μάρτυρας	54,5	23,4
Λίπανση Κ	55,4	21,9
Σημαντικότητα		
Μεταχείριση	NS	NS

Σημαντικότητα: NS μη σημαντική διαφορά.

3.1.2. Συγκέντρωση των φύλλων σε χλωροφύλλη

Όσον αφορά τη συγκέντρωση των φύλλων σε χλωροφύλλη α, β και ολική εκφρασμένες ως mg ανά g ξηρού βάρους φύλλου δεν παρατηρήθηκαν αξιοσημείωτες διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων (Πίν. 3.1.2). Ομοίως, δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων ως προς τη συγκέντρωση των φύλλων σε χλωροφύλλη α, β και ολική εκφρασμένες ως mg ανά m² φύλλου (Πίν. 3.1.2). Ο λόγος χλωροφύλλη α προς χλωροφύλλη β ήταν παρόμοιος μεταξύ των μεταχειρίσεων (Πίν. 3.1.2).

Πίνακας 3.1.2. Συγκέντρωση σε χλωρ. α, χλωρ. β και ολ. χλωρ. εκφρασμένες σε mg g^{-1} και του λόγου χλωρ. α/χλωρ. β των φύλλων των δένδρων ελιάς ποικιλίας Καλαμών των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με κάλιο.

Μεταχείριση	Χλωρ. α (mg g^{-1})	Χλωρ. β (mg g^{-1})	Ολ. χλωρ. (mg g^{-1})	Χλωρ. α (mg m^{-2})	Χλωρ. β (mg m^{-2})	Ολ. χλωρ. (mg m^{-2})	Λόγος χλωρ. α /χλωρ. β
Μάρτυρας	2,37	0,63	3,01	529	141	670	3,78
Λίπανση Κ	2,35	0,61	2,97	515	134	649	3,86
Σημαντ.							
Μεταχείριση	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Σημαντικότητα: NS μη σημαντική διαφορά.

3.2. Παραγωγικότητα των δέντρων

Τα δένδρα που επιλέχθηκαν για την υλοποίηση του πειράματος ήταν παρόμοιας ανάπτυξης και βρέθηκε ότι είχαν παρόμοια διάμετρο κορμού και επιφάνεια διατομής κορμού. Η παραγωγή ανά δέντρο και ανά μονάδα επιφάνειας διατομής κορμού ήταν ελαφρώς υψηλότερη στον μάρτυρα που αντιστοιχούσε στη λίπανση παραγωγού, σε σχέση με την εναλλακτική λίπανση με κάλιο, αλλά δεν βρέθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ τους (Πίν. 3.2.1).

Πίνακας 3.2.1 Διάμετρος κορμού, επιφάνεια διατομής κορμού, παραγωγή καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών ανά δέντρο και ανά επιφάνεια διατομής κορμού των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με κάλιο.

Μεταχείριση	Διάμετρος κορμού (cm)	Επιφάνεια διατομής κορμού (cm^2)	Παραγωγή ανά δένδρο (kg)	Παραγωγή ανά επιφάνεια διατομής κορμού (g cm^{-2})
Μάρτυρας	29,6	727	34,1	53,9
Λίπανση Κ	29,0	674	30,0	46,3
Σημαντικότητα				
Μεταχείριση	NS	NS	NS	NS

Σημαντικότητα: NS μη σημαντική διαφορά.

Αναφορικά με την ποσότητα καρπών ανά κατηγορία μεγέθους 1, 2, 3, 4 και των καρπών που προορίζονταν για ελαιοποίηση, αυτή ήταν παρόμοια μεταξύ των μεταχειρίσεων, ωστόσο ο μάρτυρας είχε ελαφρώς υψηλότερη ποσότητα καρπών ανά κατηγορία μεγέθους και για ελαιοποίηση σε σχέση με την εναλλακτική λίπανση με κάλιο (Πίν. 3.2.2).

Πίνακας 3.2.2 Ποσότητα καρπών ανά κατηγορία μεγέθους ανά δέντρο ελιάς ποικιλίας Καλαμών των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με κάλιο .

Μεταχείριση	Κατηγορία 1	Κατηγορία 2	Κατηγορία 3	Κατηγορία 4	Για ελαιοποίηση
	Ποσότητα (kg)				
Μάρτυρας	0,09	0,62	6,98	6,22	20,3
Λίπανση Κ	0,00	0,39	5,70	5,61	18,3
Σημαντικότητα					
Μεταχείριση	NS	NS	NS	NS	NS

Σημαντικότητα: NS μη σημαντική διαφορά.

Όταν η ποσότητα καρπών ανά κατηγορία μεγέθους εκφράστηκε ως ποσοστό της συνολικής ποσότητας καρπών ανά δέντρο, βρέθηκε ότι για επιτραπέζια χρήση στον μάρτυρα το μεγαλύτερο ποσοστό αντιπροσώπευαν οι κατηγορίες μεγέθους 3 και 4 με ποσοστό 20,5% και 18,2% αντίστοιχα, η κατηγορία μεγέθους 2 αντιστοιχούσε σε 1,8% και η κατηγορία 1 σε μόλις 0,26% (Πίν. 3.5.5). Στον μάρτυρα η ποσότητα καρπών που προορίστηκε για ελαιοποίηση αντιστοιχούσε σε 59,5% της συνολικής παραγωγής ανά δένδρο (Πίν. 3.2.3).

Στην περίπτωση της εναλλακτικής λίπανσης με κάλιο, η ποσοστιαία κατανομή της ποσότητας καρπών ανά κατηγορία μεγέθους που προορίζονταν για επιτραπέζια χρήση διαμορφώθηκε ως εξής: 0% στην κατηγορία μεγέθους 1, 1,8% στην κατηγορία 2, 19% στην κατηγορία 3 και 18,2% στην κατηγορία 4. Στην εναλλακτική λίπανση με κάλιο, η ποσότητα καρπών που προορίστηκε για ελαιοποίηση αντιστοιχούσε σε 61,0% της συνολικής παραγωγής ανά δένδρο (Πίν. 3.2.3).

Πίνακας 3.2.3 Ποσότητα καρπών ανά κατηγορία μεγέθους ως ποσοστό % επί της συνολικής ποσότητας καρπών ανά δέντρο ελιάς ποικιλίας Καλαμών των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με κάλιο.

Μεταχείριση	Κατηγορία 1 (160)	Κατηγορία 2 (190-200)	Κατηγορία 3 (240-260)	Κατηγορία 4 (έως 320)	Για ελαιοποίηση (>320)
	Ποσοστό % της συνολικής παραγωγής				
Μάρτυρας	0,26	1,80	20,5	18,2	59,5
Λίπανση Κ	0,00	1,30	19,0	18,7	61,0

3.2.1. Ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών

Όπως προαναφέρθηκε, κατά το έτος εκπόνησης του πειράματος η παραγόμενη ποσότητα των καρπών στην κατηγορία 1 (160 καρποί/kg) ήταν εκμηδενισμένη και δεν πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι μετρήσεις των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών των κατηγοριών 2, 3 και 4.

Καρποί κατηγορίας μεγέθους 2

Η παράμετρος του χρώματος του επικαρπίου L^* των καρπών της κατηγορίας μεγέθους 2 της μεταχείρισης που δέχθηκε λίπανση με κάλιο δεν εμφάνισε σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη μεταχείριση του μάρτυρα (Πίν. 3.2.4).

Όσον αφορά την παράμετρο C^* της έντασης του χρώματος επικαρπίου, οι καρποί ελιάς της μεταχείρισης που εφαρμόστηκε εναλλακτική λίπανση με κάλιο εμφάνισαν χαμηλότερη τιμή C^* σε σχέση με τη μεταχείριση του μάρτυρα (Πίν. 3.2.4).

Όσον αφορά την παράμετρο του χρώματος Hue^* του επικαρπίου, οι καρποί ελιάς της μεταχείρισης που δέχθηκε εναλλακτική λίπανση κάλιο παρουσίασαν χαμηλότερη τιμή Hue σε σχέση με τη μεταχείριση του μάρτυρα (Πίν. 3.2.4).

Πίνακας 3.2.4 Χρώμα L*, C* και Hue των καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών της κατηγορίας μεγέθους 2 των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με κάλιο στη συγκομιδή.

Μεταχείριση	L*	C*	Hue
Μάρτυρας	29,3	1,14a	85,1a
Λίπανση Κ	29,4	0,71b	72,0b
Σημαντικότητα			
Μεταχείριση	NS	*	*

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

Το βάρος, το μήκος και το πλάτος των καρπών ελιάς της κατηγορίας μεγέθους 2 της μεταχείρισης της εναλλακτικής λίπανσης με κάλιο δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές σε σχέση με τους καρπούς της μεταχείρισης του μάρτυρα (Πίν. 3.2.5).

Το βάρος του ενδοκαρπίου και ο λόγος μήκος/πλάτος των καρπών ελιάς της μεταχείρισης της εναλλακτικής λίπανσης με κάλιο ήταν υψηλότερα σε σχέση με τους καρπούς της μεταχείρισης του μάρτυρα (Πίν. 3.2.5).

Πίνακας 3.2.5 Βάρος, μήκος, πλάτος, λόγος μήκος/πλάτος καρπού και βάρος ενδοκαρπίου των καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών της κατηγορίας μεγέθους 2 των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με κάλιο στη συγκομιδή.

Μεταχείριση	Βάρος καρπού (g)	Βάρος ενδοκαρπίου (g)	Μήκος (mm)	Πλάτος (mm)	Λόγος μήκος/πλάτος
Μάρτυρας	4,60	0,70b	25,5	17,2	1,48b
Λίπανση Κ	4,50	0,80a	26,0	17,0	1,53a
Σημαντικότητα					
Μεταχείριση	NS	***	NS	NS	*

Σημαντικότητα: NS μη σημαντική διαφορά, * επίπεδο σημαντικότητας 0,05 και *** επίπεδο σημαντικότητας 0,001.

Ο λόγος σάρκας/πυρήνα των καρπών ελιάς της κατηγορίας μεγέθους 2 της μεταχείρισης της εναλλακτικής λίπανσης με κάλιο ήταν μειωμένος σε σχέση με τους καρπούς της μεταχείρισης του μάρτυρα (Πίν. 3.2.6).

Το ποσοστό % ξηράς ουσίας του περικαρπίου της μεταχείρισης της εναλλακτικής λίπανσης με κάλιο ήταν αυξημένο σε σχέση με τη μεταχείριση του μάρτυρα (Πίν. 3.2.6).

Όσον αφορά το ποσοστό % ξηράς ουσίας του ενδοκαρπίου των καρπών ελιάς της κατηγορίας μεγέθους 2 της μεταχείρισης της εναλλακτικής λίπανσης με κάλιο δεν διέφερε σε σχέση με τη μεταχείριση του μάρτυρα (Πίν. 3.2.6).

Πίνακας 3.2.6 Λόγος σάρκας/πυρήνα, ποσοστό % ξηράς ουσίας περικαρπίου και ποσοστό % ξηράς ουσίας ενδοκαρπίου των καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών της κατηγορίας μεγέθους 2 των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της εναλλακτικής λίπανσης με κάλιο στη συγκομιδή.

Μεταχείριση	Λόγος σάρκας/ πυρήνα	Ποσοστό ξηρού βάρους περικαρπίου (%)	Ποσοστό ξηρού βάρους ενδοκαρπίου (%)
Μάρτυρας	5,55a	45,0b	73,0
Λίπανση Κ	4,61b	48,6a	72,8
Σημαντικότητα			
Μεταχείριση	***	**	NS

Σημαντικότητα: NS μη σημαντική διαφορά, ** επίπεδο σημαντικότητας 0,01 και *** επίπεδο σημαντικότητας 0,001.

Καρποί κατηγορίας μεγέθους 3

Η παράμετρος L* του χρώματος του επικαρπίου των καρπών της κατηγορίας μεγέθους 3 της μεταχείρισης που δέχθηκε λίπανση με κάλιο δεν εμφάνισε σημαντικές διαφορές σε σχέση με τους καρπούς του μάρτυρα (Πίν. 3.2.7).

Όσον αφορά τις παραμέτρους C* και Hue* του χρώματος του επικαρπίου, οι καρποί ελιάς της κατηγορίας μεγέθους 3 της μεταχείρισης που δέχθηκε εναλλακτική λίπανση με κάλιο δεν εμφάνισαν σημαντικές διαφορές σε σχέση με τους καρπούς του μάρτυρα (Πίν. 3.2.7).

Πίνακας 3.2.7 Χρώμα L*, C*, και Hue των καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών της κατηγορίας μεγέθους 3 των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με κάλιο στη συγκομιδή.

Μεταχείριση	L*	C*	Hue
Μάρτυρας	27,7	1,07	72,7
Λίπανση Κ	28,7	0,83	81,3
Σημαντικότητα			
Μεταχείριση	NS	NS	NS

Σημαντικότητα: NS μη σημαντική διαφορά.

Το βάρος, το μήκος και το πλάτος καρπού, το βάρος του ενδοκαρπίου και ο λόγος μήκος/πλάτος των καρπών ελιάς της κατηγορίας μεγέθους 3 της μεταχείρισης της εναλλακτικής λίπανσης με κάλιο ήταν υψηλότερα σε σχέση με τους καρπούς της μεταχείρισης του μάρτυρα (Πίν. 3.2.8).

Πίνακας 3.2.8 Βάρος, μήκος, πλάτος, λόγος μήκος/πλάτος καρπού και βάρος ενδοκαρπίου των καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών της κατηγορίας μεγέθους 3 των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με κάλιο στη συγκομιδή.

Μεταχείριση	Βάρος καρπού (g)	Μήκος καρπού (mm)	Πλάτος καρπού (mm)	Λόγος μήκος/πλάτος καρπού	Βάρος ενδοκαρπίου (g)
Μάρτυρας	3,54b	23,0b	15,6b	1,47b	0,57b
Λίπανση Κ	3,85a	27,9a	16,0a	1,56a	0,68a
Σημαντικότητα					
Μεταχείριση	*	***	**	***	***

Σημαντικότητα: * επίπεδο σημαντικότητας 0,05, ** επίπεδο σημαντικότητας 0,01 και *** επίπεδο σημαντικότητας 0,001.

Ο λόγος σάρκας/πυρήνα των καρπών ελιάς της κατηγορίας μεγέθους 3 της μεταχείρισης της εναλλακτικής λίπανσης με κάλιο ήταν μειωμένος σε σχέση με τους καρπούς της μεταχείρισης του μάρτυρα (Πίν.3.2.9).

Το ποσοστό % ξηράς ουσίας περικαρπίου της μεταχείρισης της εναλλακτικής λίπανσης με κάλιο ήταν αυξημένο σε σχέση με τη μεταχείριση του μάρτυρα (Πίν.3.2.9).

Όσον αφορά το ποσοστό % ξηράς ουσίας ενδοκαρπίου των καρπών ελιάς της μεταχείρισης της εναλλακτικής λίπανσης με κάλιο δεν διέφερε σε σχέση με τη μεταχείριση του μάρτυρα (Πίν.3.2.9).

Πίνακας 3.2.9 Λόγος σάρκας/πυρήνα, ποσοστό % ξηράς ουσίας περικαρπίου και ποσοστό % ξηράς ουσίας ενδοκαρπίου των καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών της κατηγορίας μεγέθους 3 των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της εναλλακτικής λίπανσης με κάλιο στη συγκομιδή.

Μεταχείριση	Λόγος σάρκας/ πυρήνα	Ποσοστό ξηρού βάρους περικαρπίου (%)	Ποσοστό ξηρού βάρους ενδοκαρπίου (%)
Μάρτυρας	5,17a	44,4b	74,7
Λίπανση Κ	4,66b	50,9a	75,0
Σημαντικότητα			
Μεταχείριση	**	***	NS

Σημαντικότητα: NS μη σημαντική διαφορά, ** επίπεδο σημαντικότητας 0,01 και *** επίπεδο σημαντικότητας 0,001.

Καρποί κατηγορίας μεγέθους 4

Οι παράμετροι L*, C* και Hue* του χρώματος του επικαρπίου των καρπών της κατηγορίας μεγέθους 4 της μεταχείρισης που δέχθηκε λίπανση με κάλιο δεν εμφάνισαν σημαντικές διαφορές σε σχέση με τους καρπούς του μάρτυρα (Πίν. 3.2.10).

Πίνακας 3.2.10 Χρώμα L*, C*, και Hue των καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών της κατηγορίας μεγέθους 4 των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με κάλιο στη συγκομιδή.

Μεταχείριση	L*	C*	Hue
Μάρτυρας	28,3	1,54	80,5
Λίπανση Κ	27,7	1,88	80,3
Σημαντικότητα			
Μεταχείριση	NS	NS	NS

Σημαντικότητα: NS μη σημαντική διαφορά

Το βάρος, το μήκος, ο λόγος μήκος/πλάτος των καρπών ελιάς και το βάρος ενδοκαρπίου της κατηγορίας μεγέθους 4 της μεταχείρισης της εναλλακτικής λίπανσης με κάλιο ήταν υψηλότερα σε σχέση με τους καρπούς της μεταχείρισης του μάρτυρα (Πίν. 3.2.11).

Όσον αφορά το πλάτος των καρπών ελιάς της κατηγορίας μεγέθους 4 της μεταχείρισης της εναλλακτικής λίπανσης με κάλιο δεν εμφάνισε σημαντικές διαφορές σε σχέση με τους καρπούς της μεταχείρισης του μάρτυρα (Πίν. 3.2.11).

Πίνακας 3.2.11 Βάρος, μήκος, πλάτος, λόγος μήκος/πλάτος καρπού και βάρος ενδοκαρπίου των καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών της κατηγορίας μεγέθους 4 των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με κάλιο στη συγκομιδή.

Μεταχείριση	Βάρος καρπού (g)	Βάρος ενδοκαρπίου (g)	Μήκος (mm)	Πλάτος (mm)	Λόγος μήκος/πλάτος
Μάρτυρας	2,86b	0,49b	21,2b	14,7	1,44b
Λίπανση Κ	3,22a	0,60a	23,2a	15,1	1,54a
Σημαντικότητα					
Μεταχείριση	*	***	***	NS	***

Σημαντικότητα: NS μη σημαντική διαφορά, * επίπεδο σημαντικότητας 0,05 και *** επίπεδο σημαντικότητας 0,001.

Ο λόγος σάρκας/πυρήνα των καρπών ελιάς της κατηγορίας μεγέθους 4 της μεταχείρισης της εναλλακτικής λίπανσης με κάλιο ήταν μειωμένος σε σχέση με τους καρπούς της μεταχείρισης του μάρτυρα (Πίν. 3.2.12).

Το ποσοστό % ξηράς ουσίας περικαρπίου της μεταχείρισης της εναλλακτικής λίπανσης με κάλιο ήταν αυξημένο σε σχέση με τη μεταχείριση του μάρτυρα (Πίν. 3.2.12).

Όσον αφορά το ποσοστό % ξηράς ουσίας ενδοκαρπίου των καρπών ελιάς της κατηγορίας μεγέθους 4 της μεταχείρισης της εναλλακτικής λίπανσης με κάλιο δεν διέφερε σε σχέση με τη μεταχείριση του μάρτυρα (Πίν. 3.2.12).

Πίνακας 3.2.12 Λόγος σάρκας/πυρήνα, ποσοστό % ξηράς ουσίας περικαρπίου και ποσοστό % ξηράς ουσίας ενδοκαρπίου των καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών της

κατηγορίας μεγέθους 4 των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της εναλλακτικής λίπανσης με κάλιο.

Μεταχείριση	Λόγος σάρκας/ πυρήνα	Ποσοστό ξηρού βάρους περικαρπίου (%)	Ποσοστό ξηρού βάρους ενδοκαρπίου (%)
Μάρτυρας	4,81a	44,8b	75,1
Λίπανση Κ	4,41b	48,6a	75,4
Σημαντικότητα			
Μεταχείριση	**	**	NS

Σημαντικότητα: NS μη σημαντική διαφορά και ** επίπεδο σημαντικότητας 0,01

3.3.Αντιοξειδωτικά χαρακτηριστικά καρπών

Η μέτρηση των αντιοξειδωτικών χαρακτηριστικών των καρπών αφορούσε τη συγκέντρωση των καρπών σε ολικά φαινολικά συστατικά και την ολική αντιοξειδωτική ικανότητα.

Η συγκέντρωση σε ολικά φαινολικά συστατικά των καρπών ελιάς της μεταχείρισης της εναλλακτικής λίπανσης με κάλιο ήταν παρόμοια με τη μεταχείριση του μάρτυρα (Πίν. 3.3).

Όσον αφορά την αντιοξειδωτική ικανότητα των καρπών με τη μέθοδο DPPH, οι καρποί ελιάς της μεταχείρισης της εναλλακτικής λίπανσης με κάλιο είχαν υψηλότερη τιμή σε σχέση με τη μεταχείριση του μάρτυρα (Πίν. 3.3).

Πίνακας 3.3 Συγκέντρωση ολικών φαινολικών συστατικών και αντιοξειδωτική ικανότητα DPPH των καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της εναλλακτικής λίπανσης με κάλιο στη συγκομιδή.

Μεταχείριση	Ολικά φαινολικά (ισοδύναμα γαλλικού οξέος mg/g ν.β.)	Αντιοξειδωτική ικανότητα DPPH (ισοδύναμα ασκορβικού οξέος μmol/g ν.β.)
Μάρτυρας	5,27	27,4b
Λίπανση Κ	5,30	29,8a
Σημαντικότητα		
Μεταχείριση	NS	*

Σημαντικότητα: NS μη σημαντική διαφορά και * επίπεδο σημαντικότητας.

3.4.Ελαιοπεριεκτικότητα καρπών

Οι καρποί ελιάς της ποικιλίας Καλαμών της μεταχείρισης που εφαρμόστηκε εναλλακτική λίπανση με κάλιο είχαν υψηλότερη ελαιοπεριεκτικότητα εκφρασμένη είτε ως ποσοστό % του ξηρού βάρους είτε ως ποσοστό % του νωπού βάρους μεσοκαρπίου συγκριτικά με τους καρπούς της μεταχείρισης του μάρτυρα (Πίν. 3.4).

Πίνακας 3.4 Ελαιοπεριεκτικότητα ως ποσοστό % ξηρού βάρους μεσοκαρπίου των καρπών των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της εναλλακτικής λίπανσης με κάλιο.

Μεταχείριση	Ελαιοπεριεκτικότητα % ξηρού βάρους	Ελαιοπεριεκτικότητα % νωπού βάρους
Μάρτυρας	26,3	11,75
Λίπανση K	29,9	14,5

3.5.Συγκέντρωση των φύλλων ελιάς σε K και Ca

Η συγκέντρωση σε κάλιο των φύλλων ελιάς της μεταχείρισης του μάρτυρα μειώθηκε ελαφρώς ενώ στα φύλλα της εναλλακτικής λίπανσης με K μειώθηκε σημαντικά από τα μέσα Ιουλίου 2022 έως τις 28 Ιανουαρίου 2023.

Τόσο στις 21 Ιουλίου 2022 όσο και στις 28 Ιανουαρίου 2023 τα φύλλα της εναλλακτικής λίπανσης με κάλιο είχαν σημαντικά χαμηλότερη συγκέντρωση σε κάλιο σε σχέση με τα φύλλα του μάρτυρα (Πίν. 3.5.1).

Πίνακας 3.5.1 Συγκέντρωση σε κάλιο των φύλλων ελιάς ποικιλίας Καλαμών των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με κάλιο.

Ημερομηνία	Μεταχείριση	K (%)
21 Ιουλίου 2022	Μάρτυρας	0,520a
	Λίπανση K	0,410b
28 Ιανουαρίου 2023	Μάρτυρας	0,457ab
	Λίπανση K	0,274c
Σημαντικότητα		
Μεταχείριση		***

Σημαντικότητα: *** επίπεδο σημαντικότητας 0,001.

Στην περίπτωση του ασβεστίου, η συγκέντρωση των φύλλων ελιάς ποικιλίας Καλαμών σε ασβέστιο αυξήθηκε ελαφρώς από τις 21 Ιουλίου 2022 έως τις 28 Ιανουαρίου 2023 και στις δύο μεταχειρίσεις.

Επίσης, δεν βρέθηκε αξιοσημείωτη διαφορά στη συγκέντρωση των φύλλων σε ασβέστιο μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων τόσο στις 21 Ιουλίου 2022 όσο και στις 28 Ιανουαρίου 2023 (Πίν. 3.5.2).

Πίνακας 3.5.2. Συγκέντρωση σε Ca των φύλλων ελιάς ποικιλίας Καλαμών των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με K.

Ημερομηνία	Μεταχείριση	Ca (%)
21 Ιουλίου 2022	Μάρτυρας	1,49
	Λίπανση K	1,59
28 Ιανουαρίου 2023	Μάρτυρας	1,58
	Λίπανση K	1,70
Σημαντικότητα		
Μεταχείριση		NS

Σημαντικότητα: NS μη σημαντική διαφορά.

3.6. Συγκέντρωση των καρπών ελιάς σε K

Η συγκέντρωση του καλίου στους καρπούς ελιάς ήταν παρόμοια μεταξύ των μεταχειρίσεων της λίπανσης με κάλιο και του μάρτυρα (Πίν. 3.6).

Πίνακας 3.6. Συγκέντρωση σε κάλιο των καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με κάλιο στη συγκομιδή.

Μεταχείριση	K (%)
Μάρτυρας	0,46
Λίπανση K	0,50
Σημαντικότητα	NS

Σημαντικότητα: NS μη σημαντική διαφορά.

4. Συζήτηση

Παραδοσιακά η εφαρμογή των λιπασμάτων στους ελληνικούς ελαιώνες πραγματοποιείται το χειμώνα εντός της περιόδου των βροχοπτώσεων με τη χρήση σύνθετων λιπασμάτων. Εκτός από τα λιπάσματα, οι παραγωγοί συχνά προσθέτουν οργανική ουσία με τη μορφή κοπριάς για εδαφοβελτίωση και την προσθήκη θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος. Στην πλειονότητα των περιπτώσεων η εφαρμογή της λίπανσης γίνεται εμπειρικά χωρίς να έχει προηγηθεί κάποια εδαφολογική ή/και φυλλοδιαγνωστική ανάλυση, γεγονός που οδηγεί σε ανισορροπία στη θρέψη του ελαιόδεντρου με αποτέλεσμα τη μείωση της παραγωγής (Ψαρράς 2017). Επιπλέον, οι ελαιοπαραγωγοί εφαρμόζουν συνήθως τα λιπάσματα σε μία δόση επιφανειακά στο έδαφος χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η κινητικότητα των στοιχείων στο έδαφος ούτε τα κρίσιμα στάδια της καλλιέργειας με αυξημένες απαιτήσεις σε συγκεκριμένα θρεπτικά στοιχεία. Η ελιά λόγω της αντοχής της στη μειωμένη διαθεσιμότητα νερού, στο υψηλό pH και τη συγκέντρωση αλάτων στο έδαφος, συχνά καλλιεργείται σε εδάφη άγονα και προβληματικά όπως ασβεστούχα ή αλατούχα και απουσία νερού όπου άλλες καλλιέργειες δεν θα ήταν εφικτό να καλλιεργηθούν. Ωστόσο, η ελιά αντιδρά θετικά, με θεαματική αύξηση της απόδοσής της όταν υπάρχει επάρκεια νερού και θρεπτικών στοιχείων.

Κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου οι ανάγκες σε θρεπτικά στοιχεία διαφοροποιούνται ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης του φυτού και τις διάφορες εργασίες που λαμβάνουν χώρα σε αυτό (Ψαρράς 2017). Έτσι για την ελιά οι ανάγκες σε βόριο είναι υψηλές στην περίοδο της ανθοφορίας και καρπόδεσης, ενώ την ίδια περίοδο είναι υψηλές και ανάγκες σε άζωτο το οποίο πέρα από την ανθοφορία επηρεάζει σημαντικά και τη βλάστηση που αναπτύσσεται μέχρι τον Ιούνιο. Αντίθετα οι ανάγκες σε κάλιο αυξημένο στα αρχικά στάδια ανάπτυξης του καρπού και την περίοδο αύξησης της ελαιοπεριεκτικότητας (Ψαρράς 2017). Επομένως όταν αξιοποιούνται και άλλες μέθοδοι λίπανσης, όπως υδρολίπανση και διαφυλλικοί ψεκασμοί, είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη οι συγκεκριμένες διαφοροποιήσεις ώστε η εφαρμογή να συμπίπτει χρονικά με την περίοδο αυξημένων αναγκών της καλλιέργειας.

Η συγκεκριμένη εργασία είχε ως σκοπό να μελετήσει την επίδραση μίας εναλλακτικής λίπανσης με κάλιο σε ελαιόδεντρα ποικιλίας Καλαμών σε σύγκριση με αυτά που λιπαίνονταν σύμφωνα με την καθιερωμένη λίπανση του παραγωγού. Στόχος

ήταν να αποτυπωθεί η θετική συμβολή της καλιούχου λίπανσης στη θρεπτική κατάσταση των φύλλων, στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών, όπως το μέγεθος του καρπού, και στην παραγωγικότητα των ελαιόδεντρων. Η ποικιλία ελιάς Καλαμών είναι μία από τις σημαντικότερες ποικιλίες της χώρας μας για την παρασκευή του γνωστού και μοναδικού στον κόσμο εμπορικού τύπου βρώσιμης ελιάς Καλαμών (Κυριτσάκης 2007). Συνεπώς είναι σημαντικότατος ο ρόλος του μεγέθους του καρπού στην οικονομική αξία του προϊόντος.

Στις μεταχειρίσεις του πειράματος εφαρμόστηκαν οι εξής ποσότητες θρεπτικών στοιχείων: στον μάρτυρα (λίπανση που εφαρμόσε ο παραγωγός) προστέθηκαν ως βασική λίπανση το χειμώνα 21,96 kg N, 7,20 kg P₂O₅, 7,20 kg K₂O, 21,60 kg SO₃ και 600 kg κοπριάς ανά στρέμμα. Στη μεταχείριση της εναλλακτικής λίπανσης με κάλιο εφαρμόστηκαν στο έδαφος σε όλη την καλλιεργητική περίοδο 23,21 kg N, 7,20 kg P₂O₅, 13,06 kg K₂O, 0,48 kg MgO και 30,84 kg SO₃ και 600 kg κοπριάς με το 44,9% του καλίου να εφαρμόζεται επιφανειακά στο έδαφος από τα τέλη Ιουνίου έως τα τέλη Αυγούστου. Με την εναλλακτική λίπανση προστέθηκε σχεδόν διπλάσια ποσότητα καλίου στο έδαφος και κατανεμημένη έτσι ώστε να ανταποκρίνεται χρονικά στις αυξημένες απαιτήσεις της καλλιέργειας. Από την εδαφολογική ανάλυση βρέθηκε ότι το έδαφος του συγκεκριμένου ελαιώνα είναι ασβεστούχο, με υψηλό pH (8,1) και παρουσιάζει προβλήματα στη συγκέντρωση των πλείστων θρεπτικών στοιχείων. Ειδικότερα, το κάλιο, ο φώσφορος και το μαγνήσιο καθώς και το βόριο βρίσκονται σε χαμηλότερα από τα φυσιολογικά επίπεδα, το νάτριο σε υψηλότερα και παρουσιάζει σοβαρές ανισορροπίες στις αναλογίες των στοιχείων K, Ca, Mg εξαιτίας πολύ υψηλού ενεργού CaCO₃. Είναι γνωστό ότι το ασβέστιο ανταγωνίζεται το μαγνήσιο, το κάλιο και το νάτριο ενώ η διατάραξη των σχέσεων K-Mg, K-Ca και K/(Mg + Ca) μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στην ανάπτυξη των φυτών (Κουκουλάκης και Παπαδόπουλος 2003). Το έδαφος του πειραματικού ελαιώνα έχει ικανοποιητική οργανική ουσία και ο παραγωγός πρόσθεσε επιπλέον οργανική ουσία με την προσθήκη κοπριάς για εδαφοβελτίωση. Επίσης τόσο στον μάρτυρα και ακόμη περισσότερο στην εναλλακτική λίπανση προστέθηκε θειική ρίζα μέσω της λίπανσης προκειμένου να επιτευχθεί κάποια μείωση στο υψηλό pH του εδάφους αλλά προφανώς θα πρέπει να γίνει και πάλι εδαφολογική ανάλυση σε επόμενο χρόνο για να διαπιστωθεί οποιαδήποτε βελτίωση. Έτσι, ύστερα από τη μέτρηση της συγκέντρωσης των φύλλων σε κάλιο τόσο στις 21 Ιουλίου 2022 όσο και στις 28 Ιανουαρίου 2022 βρέθηκε ότι το κάλιο ήταν σε

έλλειψη και κυρίως στη μεταχείριση της εναλλακτικής λίπανσης, βάσει των ορίων επάρκειας για το κάλιο στην ελιά (Fernández-Escobar 2007, Θεριός 2015).

Το κάλιο είναι ένα στοιχείο το οποίο απαντάται στις υψηλότερες συγκεντρώσεις στον ελαιόκαρπο με αποτέλεσμα σημαντικές ποσότητες καλίου να απομακρύνονται από τον ελαιώνα κάθε έτος με τη συγκομιδή. Σύμφωνα με τον Θεριό (2015) οι εκροές θρεπτικών στοιχείων ετησίως από έναν ελαιώνα είναι 1,5-3,5 kg N/στρ., 0,8 kg P/στρ., έως 5 kg K/στρ. και 2-5 kg Ca/στρ. Οι Erel et al. (2017) αναφέρουν πως οι ποσότητες K που αφαιρούνται ετησίως με τη συγκομιδή και το κλάδεμα σε αρδευόμενους ελαιώνες είναι παρόμοιες ή ελαφρά αυξημένες από 45,5 kg ha⁻¹ που βρέθηκε σε μελέτη των Fernández-Escobar et al. (2015) σε ξηρικούς ελαιώνες. Στο πείραμά μας, φαίνεται ότι οι ποσότητες K που εφάρμοζε ο παραγωγός συγκριτικά με τις ανωτέρω ετήσιες αφαιρούμενες ποσότητες δεν επαρκούσαν δεδομένου ότι το συγκεκριμένο στοιχείο βρισκόταν σε έλλειψη τόσο στο έδαφος όσο και στα ίδια τα δέντρα. Άλλωστε προτείνεται ως ετήσια δόση συντήρησης για το κάλιο περίπου 0,5 μονάδες/δέντρο για δέντρα παραγωγικότητας περίπου 50 κιλών καρπού (Ψαρράς 2017) ή 0,8-1,5 kg/δέντρο ανάλογα με τον τύπο του εδάφους, τη μέθοδο άρδευσης και τη φυλλοδιαγνωστική ανάλυση (Fernández-Escobar 2007). Ο παραγωγός εφάρμοζε πολύ μικρότερη ποσότητα από την απαιτούμενη αλλά και η εναλλακτική λίπανση με κάλιο δεν ήταν ικανή να βελτιώσει τη θρεπτική κατάσταση των φύλλων ελιάς. Οι Haberman et al. (2019) ανέφεραν ότι η μακροχρόνια έλλειψη καλίου οδήγησε σε μείωση της παραγωγής η οποία αποδόθηκε στη μειωμένη ανθοφορία και καρπόδεση αλλά όχι στη μείωση της βλαστικής τους ανάπτυξης. Η έλλειψη καλίου είναι πιο δύσκολο να διορθωθεί σε ελαιώνες διότι το κάλιο απορροφάται σε μικρότερες ποσότητες από τα δέντρα που υποφέρουν ήδη από έλλειψη καλίου (Fernández-Escobar et al. 2007). Γι' αυτό το κάλιο πρέπει να ελέγχεται ετησίως προκειμένου να εφαρμόζεται όταν τα επίπεδα είναι χαμηλά αλλά πριν φτάσουν σε έλλειψη. Η τακτική λίπανση με κάλιο θα πρέπει να ενσωματώνεται στη διαχείριση των εντατικά καλλιεργούμενων ελαιώνων, ακόμη και όταν τα δέντρα δεν παρουσιάζουν συμπτώματα ανεπάρκειας καλίου, καθώς η «κρυφή πείνα» δεν μπορεί να εντοπιστεί οπτικά (Haberman et al. 2019). Οι δοκιμαστικές δόσεις για εφαρμογή στο έδαφος σε τέτοιες περιπτώσεις είναι περίπου 1 kg K/δέντρο, με την προϋπόθεση ότι η υγρασία του εδάφους δεν αποτελεί περιοριστικό παράγοντα. Γενικά, οι πιο συχνές και πιο αραιωμένες εφαρμογές του K έχουν αποδειχθεί πιο αποτελεσματικές στην αύξηση των επιπέδων καλίου στα φύλλα από λιγότερο συχνές και πιο συμπυκνωμένες εφαρμογές (Fernández-Escobar et al. 2007).

Σύμφωνα με τους Zipori et al. (2015) η θρεπτική κατάσταση των φύλλων ελιάς σε κάλιο μπορεί να επηρεαστεί από την μη επαρκή άρδευση, ωστόσο, ο πειραματικός ελαιώνας είναι αρδευόμενος. Η κανονική άρδευση μπορεί να διευκολύνει τη μεταφορά του καλίου από ανταλλάξιμη σε διαθέσιμη μορφή στο εδαφικό διάλυμα οδηγώντας σε αύξηση της διαθεσιμότητά του στα δέντρα.

Η εναλλακτική λίπανση με κάλιο δεν επέφερε κάποιο αποτέλεσμα στην αύξηση της συγκέντρωσης του καλίου στα φύλλα σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός πως τα φύλλα της μεταχείρισης της εναλλακτικής λίπανση με κάλιο παρουσίασαν μειωμένη συγκέντρωση καλίου και στις δύο δειγματοληψίες φύλλων. Αντίθετα, σε πειράματα άλλων ερευνητών παρατηρήθηκε αύξηση της συγκέντρωσης των φύλλων σε κάλιο μετά από λίπανση με κάλιο. Σε μελέτη των Saadati et al. (2021) βρέθηκε πως η εφαρμογή καλιούχου λίπανσης αύξησε τη συγκέντρωση καλίου στα φύλλα. Παρόμοια αποτελέσματα βρήκαν και οι Saykhul et al. (2013). Οι μειωμένες τιμές καλίου υποδηλώνουν πως μεγάλες ποσότητες του συγκεκριμένου στοιχείου αφαιρούνται από το δέντρο με τη συγκομιδή των καρπών και δικαιολογούν ταυτόχρονα πως είναι αναγκαία η ετήσια λίπανση του σε επαρκείς ποσότητες σε ίση αναλογία με το άζωτο.

Όσον αφορά τη συγκέντρωση των φύλλων σε ασβέστιο, αυτό ήταν σε φυσιολογικά επίπεδα στα φύλλα και δεν βρέθηκαν διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων. Παρατηρήθηκε ελαφρώς μία αύξηση του ασβεστίου στα φύλλα τον Ιανουάριο και στις δύο μεταχειρίσεις η οποία έχει αναφερθεί και από τους Fernández-Escobar et al. (1999). Το ασβέστιο συνδέεται με την συντηρησιμότητα και τη συνεκτικότητα του καρπού (de Castro et al. 2007), χαρακτηριστικό σημαντικό για τη βρώσιμη ελιά.

Το κάλιο ρυθμίζει το άνοιγμα και το κλείσιμο των στοματίων και βελτιώνει τη φωτοσύνθεση ρυθμίζοντας την απορρόφηση CO₂ και την επακόλουθη μεταφορά των προϊόντων της φωτοσύνθεσης στα φυτά (Rawat et al. 2022). Αναφορικά με τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά των φύλλων, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δυο μεταχειρίσεων στο ποσοστό ξηράς ουσίας και το ειδικό βάρος φύλλων. Παρ' όλα αυτά χαρακτηριστικό ήταν το υψηλό ποσοστό ξηράς ουσίας και το αυξημένο ειδικό βάρος των φύλλων και στις δύο μεταχειρίσεις. Επιπλέον, η συγκέντρωση των φύλλων σε χλωροφύλλη ήταν σχετικά χαμηλή συγκριτικά με αυτή που αναφέρεται για την ποικιλία Καλαμών σε ελληνικές συνθήκες τον Ιούλιο. Οι Hagidimitriou και Pontikis (2005) βρήκαν υψηλότερες τιμές συγκέντρωσης χλωροφύλλης τον Ιούλιο σε φύλλα τρέχοντος περιόδου. Δηλαδή τα φύλλα του πειράματός μας παρουσιάζουν

ενδείξεις υδατικής καταπόνησης που πιθανόν να οφείλεται στη χαμηλή συγκέντρωση καλίου στα φύλλα και στο έδαφος. Το υψηλό ειδικό βάρος στα φύλλα σχετίζεται με υψηλό πάχος και υψηλή πυκνότητα φύλλου, τα οποία εμφανίζονται ως προσαρμογή σε συνθήκες καταπόνησης όπως συμβαίνει σε περιοχές με Μεσογειακό κλίμα (Flexas et al. 2014). Τα φύλλα που αναπτύσσονται υπό συνθήκες ξηρασίας έχουν γενικά υψηλότερο ειδικό βάρος φύλλου σε σχέση με φύλλα που σχηματίζονται υπό συνθήκες επάρκειας νερού. Τα παρόντα ευρήματα δεν βρίσκονται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα άλλων ερευνητών. Οι Zivdar et al. (2018) πραγματοποίησαν πείραμα σε 10ετή ώριμα ελαιόδεντρα των ποικιλιών 'Mission', 'Koroneiki' και 'Dezfuli' που δέχονταν παρόμοιες γεωργικές πρακτικές. Οι μεταχειρίσεις περιλάμβαναν διαφυλλικούς ψεκασμούς, 50 και 65 ημέρες μετά την πλήρη άνθιση, σε ποσότητες περίπου 20 L/δέντρο με απεσταγμένο νερό (μάρτυρας), K_2SO_4 (1 g l⁻¹) και K_2SO_4 (2 g l⁻¹). Κατέληξαν ότι η διαφυλλική εφαρμογή καλίου αύξησε σημαντικά τη χλωροφύλλη των φύλλων σε όλες τις ποικιλίες. Η αύξηση στη συγκέντρωση χλωροφύλλης μπορεί να οφείλεται στον ρόλο του καλίου ως πρόδρομου συστατικού στη βιοσύνθεση των φωτοσυνθετικών χρωστικών ουσιών.

Βάσει των ανωτέρω δικαιολογείται το γεγονός ότι η εναλλακτική καλιούχος λίπανση δεν βελτίωσε την παραγωγικότητα των ελαιόδεντρων συγκριτικά με τον μάρτυρα. Σε πειραματική μελέτη εναλλακτικής εδαφικής λίπανσης που περιλάμβανε και K_2SO_4 οι Toplu et al. (2009) ανέφεραν πως αυξήθηκε η παραγωγή και η ελαιοπεριεκτικότητα των καρπών, το μέσο βάρος καρπού καθώς και η αναλογία σάρκας/πυρήνα. Οι Rosati et al. (2015) βρήκαν ότι η ισορροπημένη λίπανση με N, K των ελαιόδεντρων αύξησε τον λόγο σάρκας/πυρήνα, την ελαιοπεριεκτικότητα επί του ξηρού βάρους, την περιεκτικότητα των καρπών σε νερό ενώ, δεν επηρεάστηκε η ωρίμανση των καρπών βάσει του χρώματος και της σκληρότητας της σάρκας.

Τα χαρακτηριστικά των καρπών ελιάς που προορίζονται για επιτραπέζια χρήση είναι πολύ σημαντικά αφού η πρώτη αντίληψη της ποιότητας από τον καταναλωτή βασίζεται σε αυτά όπως μέγεθος, σχήμα, χρώμα και απουσία ελαττωμάτων. Ο υψηλός λόγος σάρκας προς πυρήνα του ελαιόκαρπου είναι επίσης σημαντικός για τον καταναλωτή (Rallo et al. 2018). Όπως προαναφέρθηκε την τρέχουσα χρονιά το μέγεθος των καρπών ήταν μεσαίο προς μικρό. Στην κατηγορία μεγέθους 2 το βάρος καρπού ήταν παρόμοιο μεταξύ των μεταχειρίσεων αλλά στις κατηγορίες 3 και 4 το βάρος καρπού ήταν υψηλότερο στην εναλλακτική λίπανση σε σχέση με τον μάρτυρα. Επίσης, σε όλες τις κατηγορίες μεγέθους του καρπού (κατηγορία 2, 3, 4), η εφαρμογή καλίου

είχε σαν αποτέλεσμα να αυξήσει τον λόγο μήκος/πλάτος καρπού καθώς και το ποσοστό ξηρού βάρους περικαρπίου. Αυτά συνδέονται με την αύξηση του βάρους και μήκους του καρπού παρατηρήθηκε στις κατηγορίες μεγέθους 3 και 4, το αυξημένο πλάτος καρπού της κατηγορίας 3 και το αυξημένο βάρος ενδοκαρπίου σε όλες τις κατηγορίες. Όπως αναφέρθηκε το κάλιο σχετίζεται με τη μεριστωματική ανάπτυξη ιστών, τη συσσώρευση σακχάρων και τη βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων καρπών. Πάντως, εξαιτίας του υψηλότερου βάρους του πυρήνα (ενδοκαρπίου) που παρατηρήθηκε στην εναλλακτική λίπανση, τελικά οι καρποί είχαν μικρότερο λόγο σάρκας/πυρήνα σε σχέση με τον μάρτυρα. Το χρώμα των καρπών δεν διέφερε μεταξύ των μεταχειρίσεων στις κατηγορίες 3 και 4 αλλά στην κατηγορία 2 παρατηρήθηκε ότι οι καρποί την εναλλακτικής λίπανσης είχαν πιο μελανοϊώδες χρώμα (μικρότερο Hue) σε σχέση με τον μάρτυρα. Αυτό μπορεί να σχετίζεται με την μεγαλύτερη συγκέντρωση ανθοκυανινών σε σχέση με τους καρπούς του μάρτυρα και στο ρόλο του καλίου να προωθεί την ωρίμανση των καρπών, οδηγώντας πιο γρήγορα στο χαρακτηριστικό τους χρώμα (Fernández-Escobar et al. 1999, Guo et al. 2018) .

Όσον αφορά τα ανόργανα στοιχεία, οι καρποί ελιάς αποτελούν μία καλή πηγή ανόργανων στοιχείων και περιέχουν 0,02-0,25% φώσφορο, 0,5-3,4% κάλιο, 0,01-0,20% νάτριο, 0,02-0,20% ασβέστιο, 0,01-0,06% μαγνήσιο, 4-22 mg kg⁻¹ βόριο, 0,3-5,8 mg kg⁻¹ χαλκό, 3-95 mg kg⁻¹ σίδηρο, 0,91-5,5 mg kg⁻¹ μαγγάνιο και 1,5-33 mg kg⁻¹ ψευδάργυρο (Kailis and Harris 2007). Οι καρποί ελιάς και των δύο μεταχειρίσεων είχαν παρόμοια συγκέντρωση καλίου η οποία κυμάνθηκε μεταξύ 0,46-0,50%, δηλαδή σε σχετικά χαμηλά επίπεδα. Επίσης, οι καρποί είχαν περίπου παρόμοια συγκέντρωση σε κάλιο ή υψηλότερη σε σχέση με τα φύλλα αποδεικνύοντας τις υψηλές απαιτήσεις του ελαιόκαρπου σε κάλιο και του ελαιόδεντρου γενικότερα.

Η συγκέντρωση των καρπών σε φαινολικά δεν διέφερε μεταξύ των μεταχειρίσεων ενώ, η αντιοξειδωτική ικανότητα των καρπών ελιάς της μεταχείρισης της εναλλακτικής λίπανσης ήταν υψηλότερη σε σχέση με τη μεταχείριση του μάρτυρα. Πιθανόν να σχετίζεται με το γεγονός ότι το κάλιο έχει διακριτές επιδράσεις στη φωτοσύνθεση και στο μεταβολισμό των υδατανθράκων στα φυτά, οδηγώντας στην ενίσχυση της βιοσύνθεσης φαινολικών ενώσεων (π.χ. ανθοκυανίνες που αναφέρθηκαν στους καρπούς) υπό την εφαρμογή του. Παρόμοια αποτελέσματα βρήκαν οι Saadati et al. (2021) ύστερα από πειραματικές μελέτες εγκλιματισμού σε χαμηλές θερμοκρασίες φύλλων ελιάς που είχαν ψεκαστεί με διαφορετικές συγκεντρώσεις K₂SO₄ σε σύγκριση με αυτά που δεν είχαν. Διαπίστωσαν πως η αντιοξειδωτική ικανότητα και η δράση των

αντιοξειδωτικών ενζύμων αυξήθηκε. Το κάλιο είναι απαραίτητο σε φυτά που αντιμετωπίζουν περιβαλλοντικές καταπονήσεις καθώς προωθεί αντιοξειδωτικούς αμυντικούς μηχανισμούς αφού προσδίδει σταθερότητα στις μεμβράνες, διατηρεί την περιεκτικότητα νερού στους ιστούς-ωσμωρυθμιστικός ρόλος και είναι απαραίτητο για τη διατήρηση της φωτοσυνθετικής δέσμευσης CO₂.

Στην εναλλακτική λίπανση παρατηρήθηκε υψηλότερη ελαιοπεριεκτικότητα στο μεσοκάρπιο εκφρασμένη επί του ξηρού βάρους και επί του νωπού βάρους. Επίσης αύξηση της ελαιοπεριεκτικότητας αναφέρουν οι Toplu et al. (2009) και Rosati et al. (2015). Οι Rosati et al. 2015 ύστερα από μελέτες διαπίστωσαν πως η ελαιοπεριεκτικότητα της σάρκας ήταν πολύ υψηλότερη από την ελαιοπεριεκτικότητα του πυρήνα. Κατέληξαν στο συμπέρασμα πως αύξηση του λόγου σάρκας/πυρήνα συνεπάγεται αύξηση της ελαιοπεριεκτικότητας ακόμα και όταν η ελαιοπεριεκτικότητα της σάρκας παραμένει αμετάβλητη. Στο πείραμά μας, η ποσότητα των καρπών της εναλλακτικής λίπανσης ανά δέντρο που προορίζονταν για ελαιοποίηση ήταν υψηλότερη σε σχέση με τη μεταχείριση του μάρτυρα. Το 60% των παραγόμενων καρπών μάλιστα προορίζονταν για ελαιοποίηση! Γενικά η ελαιοπεριεκτικότητα στις επιτραπέζιες ποικιλίες είναι μικρότερη σε σχέση με τις ελαιοποιήσιμες. Τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο όμως, όπου η τιμή του ελαιολάδου ήταν στα ύψη, πιθανόν να ήταν αποδεκτό και επιθυμητό από τον παραγωγό. Το μέγεθος των επιτραπέζιων ελιών και η αξία τους συγκριτικά με τις ποσότητες ελαιολάδου που εξάγονται από την κατηγορία της ελαιοποίησης, δεν συγκρίνονται με το κέρδος που έχει ο παραγωγός στην πρώτη περίπτωση και τις οικονομικές απώλειες στη δεύτερη περίπτωση λόγω μικρών ποσοτήτων ελαιολάδου (αναλογία 5-12/1). Όμως μειώνονται οι οικονομικές απώλειες σε τέτοιες περιόδους με υψηλές τιμές ελαιολάδου (σύμφωνα με το Agro24.gr 02/2023→5,45€ και 02/2024→8,8€).

Στο συγκεκριμένο πείραμα, η στρεμματική παραγωγή ήταν σχετικά χαμηλή και ανήλθε σε 821 kg/στρ. στην περίπτωση του μάρτυρα και 720 kg/στρ. στην περίπτωση της εναλλακτικής λίπανσης. Από τις παραγωγές αυτές, η ποσότητα του ελαιόκαρπου που πήγε για ελαιοποίηση ήταν 487 kg/στρ. στην περίπτωση του μάρτυρα και 439 kg/στρ. στην περίπτωση της εναλλακτικής λίπανσης με κάλιο. Η εναλλακτική λίπανση με κάλιο αύξησε την ελαιοπεριεκτικότητα των καρπών σε σχέση με τον μάρτυρα και έτσι, βάσει της ελαιοπεριεκτικότητας που βρέθηκε για την κάθε μεταχείριση, υπολογίζεται ότι παρήχθησαν 57,3 kg ελαιολάδου ανά στρέμμα στη μεταχείριση του μάρτυρα και 63,7 kg ελαιολάδου ανά στρέμμα στη μεταχείριση της εναλλακτικής

λίπανσης με κάλιο. Επομένως η ποσότητα του ελαιόλαδου που παράχθηκε από τη μεταχείριση της εναλλακτικής λίπανσης με κάλιο ήταν αυξημένη κατά 11,2% σε σχέση με τον μάρτυρα, γεγονός που οδηγεί σε η ποσότητα του ελαιόλαδου που παράχθηκε από τη μεταχείριση της εναλλακτικής λίπανσης με κάλιο ήταν αυξημένη κατά 11,2% σε σχέση με τον μάρτυρα, κατά 56,6 ευρώ ανά στρέμμα (με τιμή 8,8 ευρώ ανά κιλό ελαιόλαδου, 2/2024).

Εν κατακλείδι, η διόρθωση του προβληματικού εδάφους, η εφαρμογή ενός ορθού προγράμματος λίπανσης που στοχεύει στις ανάγκες της καλλιέργειας κατά τη διάρκεια του ετήσιου κύκλου παραγωγής καθώς και η προσθήκη οργανικής ουσίας κρίνεται αναγκαία τόσο για διατήρηση και μελλοντική βελτίωση της γονιμότητας του εδάφους όσο και για την βέλτιστη ανάπτυξη και ποιοτική παραγωγή των δέντρων. Δεδομένα των αποτελεσμάτων του συγκεκριμένου πειράματος υποδεικνύουν ότι η συγκεκριμένη εναλλακτική λίπανση δεν ήταν επαρκής για την κάλυψη των αναγκών του ελαιώνα σε κάλιο. Οπότε συστήνεται παροχή των ανεπαρκών θρεπτικών στοιχείων, συγκεκριμένα του καλίου, μέσω διαφυλλικών επεμβάσεων για άμεση θρέψη των δέντρων και ορατές βελτιώσεις της ποιότητας καρπών και τελικά της συνολικής παραγωγής. Ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η μελέτη της διακύμανσης των θρεπτικών στοιχείων για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, πιθανόν σε υψηλότερες ποσότητες προκειμένου να δούμε πώς θα αντιδρούσε το φυτό ή ακόμη και η δημιουργία μιας τρίτης μεταχείρισης όπου το κάλιο θα παρεχόταν στα φυτά μέσω του φυλλώματος και έτσι θα γινόταν μια σύγκριση των μεθόδων εφαρμογής.

5. Συμπεράσματα

Τα κυριότερα συμπεράσματα στα οποία κατέληξε η παρούσα πτυχιακή εργασία είναι τα εξής:

- Η έλλειψη καλίου στα φύλλα αλλά και στο έδαφος υποδεικνύουν την ανεπαρκή διαθεσιμότητα του στοιχείου εξαιτίας του ασβεστούχου εδάφους αλλά και της εσφαλμένης λιπαντικής αγωγής που ακολουθούσε ο παραγωγός επί σειρά ετών.
- Η εναλλακτική λίπανση με κάλιο στο έδαφος δεν ήταν ικανή να βελτιώσει τη θρεπτική κατάσταση των φύλλων σε κάλιο.
- Το υψηλό ποσοστό ξηράς ουσίας στα φύλλα και η χαμηλή σχετικά συγκέντρωση σε χλωροφύλλη υποδεικνύουν ότι τα φύλλα και των δύο μεταχειρίσεων υπέστησαν υδατική καταπόνηση πιθανόν λόγω ανεπάρκειας καλίου. Η εφαρμογή εναλλακτικής καλιούχου λίπανσης στο έδαφος δεν βελτίωσε τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά των φύλλων.
- Όσον αφορά την παραγωγικότητα των δέντρων, δεν σημειώθηκε κάποια αύξηση στη μεταχείριση της εναλλακτικής λίπανσης με κάλιο και γενικά οι καρποί είχαν μεσαίο προς μικρό μέγεθος.
- Το ποσοστό ξηρού βάρους περικαρπίου, το βάρος ενδοκαρπίου και ο λόγος μήκος/πλάτος καρπού ήταν υψηλότερα στη μεταχείριση που προστέθηκε το επιπλέον κάλιο σε όλες τις κατηγορίες μεγέθους.
- Αύξηση του βάρους και του μήκους καρπού παρατηρήθηκε μόνο στις κατηγορίες 3 και 4 ύστερα από την επιπλέον εφαρμογή καλίου.
- Στην κατηγορία μεγέθους των καρπών 2, οι καρποί την εναλλακτικής λίπανσης είχαν πιο μελανοϊώδες χρώμα σε σχέση με τους καρπούς του μάρτυρα (μεγαλύτερη συγκέντρωση ανθοκυανών) που οφείλεται στον ρόλο του καλίου να προωθεί την ωρίμανση των καρπών.
- Το ποσοστό ξηρού βάρους ενδοκαρπίου δεν διέφερε σημαντικά στις δύο μεταχειρίσεις, αλλά ο λόγος σάρκας/πυρήνα ήταν μειωμένος στη μεταχείριση που δέχθηκε εναλλακτική λίπανση εξαιτίας του υψηλότερου βάρους ενδοκαρπίου στη συγκεκριμένη μεταχείριση.
- Η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών συστατικών στους καρπούς ήταν παρόμοια μεταξύ των μεταχειρίσεων.
- Η εναλλακτική λίπανση με κάλιο συνέβαλε στην αύξηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας των καρπών συγκριτικά με τον μάρτυρα.

- Η εναλλακτική λίπανση με κάλιο αύξησε την ελαιοπεριεκτικότητα των καρπών επί του ξηρού και επί του νωπού βάρους του μεσοκαρπίου των καρπών.
- Η παραγόμενη ποσότητα του ελαιόλαδου που προήλθε από του καρπούς που προορίζονταν για ελαιοποίηση ήταν αυξημένη στη μεταχείριση της εναλλακτικής λίπανσης κατά 11,2% σε σχέση με τον μάρτυρα, που μεταφράζεται σε αύξηση του κέρδους του παραγωγού.
- Τελικά η συγκέντρωση καλίου στους καρπούς δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων.

6. Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- Alkhalifa A.E., Al-Ghraiyyah N.F. and Kaddoumi A., 2024. Extra-Virgin Olive Oil in Alzheimer's Disease: A Comprehensive Review of Cellular, Animal, and Clinical Studies. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(3), 1914.
- Bacelar E.A., Correia C.M., Moutinho-Pereira J.M., Gonçalves B.C., Lopes J.I. and Torres-Pereira J.M.G., 2004. Sclerophylly and leaf anatomical traits of five field-grown olive cultivars growing under drought conditions. *Tree Physiology*, 24(2):233-239.
- Brand-Williams W., Cuvelier M.E. and Berset C., 1995. Use of a radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 28:25-30.
- Brown P.H., Shelp B.J. (1997): Boron mobility in plants. *Plant and Soil*, 193:85-101.
- Cimato A., Marranci M. and Tattini M., 1990. The use of foliar fertilization to modify sinks competition and to increase yield in olive (*Olea europaea* cv Frantoio). *Acta Horticulturae*, 286:175-178.
- de Castro A., García P., Romero C., Brenes M., and Garrido A., 2007. Industrial implementation of black ripe olive storage under acid conditions. *Journal of Food Engineering*, 80(4), 1206-1212.
- Erel R., Dag A., Ben-Gal A., Schwartz A. and Yermiyahu U., 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.
- Erel R., Yermiyahu U., Van Opstal J., Ben-Gal A., Schwartz A. and Dag A., 2013. The importance of olive (*Olea europaea* L.) tree nutritional status on its productivity. *Scientia Horticulturae*, 159:8-18.
- Erel R., Yermiyahu Y., Ben-Gal A. and Dag A., 2017. Olive fertilization under intensive cultivation management. In VIII International Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Crops 1217:207-224.
- Fernandez J.E. and Moreno F., 1999. Water Use by the Olive Tree. *Journal of Crop Production*, 2:101-162.
- Fernández-Escobar R., 2007. Fertilization. In: *Production techniques in olive growing*. International Olive Council.

- Fernández-Escobar R., 2018. Trends in olive nutrition. *Acta Horticulturae*. 1199, 215-224.
- Fernández-Escobar R., Moreno R. and García-Creus M., 1999. Seasonal changes of mineral nutrients in olive leaves during the alternate-bearing cycle. *Scientia Horticulturae*, 82:25-45.
- Fernández-Escobar R., 2019. Olive nutritional status and tolerance to biotic and abiotic stresses. *Frontiers in plant science*, 10, 461742.
- Fernandez-Escobar R., Moreno R. and Sanchez-Zamora M. A., 2004. Nitrogen dynamics in the olive bearing shoot. *American Society for Horticultural Science*, 39:1406-1411.
- Fernández-Escobar R., Sánchez-Zamora M. A., Garcia-Novelo J. M. and Molina-Soria C., 2015. Nutrient removal from olive trees by fruit yield and pruning. *American Society for Horticultural Science*, 50(3), 474-478.
- Ferreira I. Q., Rodrigues M. Â. and Arrobas M. P., 2019. Soil and foliar applied boron in olive: tree crop growth and yield, and boron remobilization within plant tissues. *Spanish journal of agricultural research*, 17(1), 17.
- Flexas J., Diaz-Espejo A., Gago J., Gallé A., Galmés J., Gulías J. and Medrano H., 2014. Photosynthetic limitations in Mediterranean plants: A review. *Environmental and Experimental Botany*, 103:12-23.
- Gomez del Campo M. and Barranco D., 2005. Field evaluation of frost tolerance in 10 olive cultivars. *Plant Genetic Resources*, 3(03):385-390.
- Gregoriou K. and Mohamed E.K., 2010, Olive GAP Manual, Good agricultural practices for the near east & north Africa countries, Cairo, Fertilization
- Guo Z., Jia X., Zheng Z., Lu X., Zheng Y., Zheng, B. and Xiao J., 2018. Chemical composition and nutritional function of olive (*Olea europaea* L.): A review. *Phytochemistry Reviews*, 17:1091-1110.
- 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.
- Hagidimitriou M. and Pontikis C.A., 2005. Seasonal changes in CO₂ assimilation in leaves of five major Greek olive cultivars. *Scientia Horticulturae*, 104:11-24.

- Jones J.B. and Case V.W., 1990. Sampling, handling and analyzing plant tissue samples. In: Westerman (ed). Soil testing and plant analysis. Soil science society of America, 677 s. Segoe R.D. Madison, WI 53711, USA.
- Kailis S and Harris DJ., 2007. Producing Table Olives. Landlinks Press, Collingwood, Australia.
- Kour D., Bakshi P., Wali V.K., Sharma N., Sharma A. and Iqbal M., 2018. Alternate bearing in olive-a review. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 7:2281-2297.
- McGuire R.G., 1992. Reporting of objective color measurements. HortScience, 27:1254-1255.
- Pandey R., 2015. Mineral nutrition of plants. Plant Biology and Biotechnology: Volume I: Plant Diversity, Organization, Function and Improvement, 499-538.
- Pasković I., Soldo B., Talhaoui N., Palčić I., Brkljača M., Koprivnjak O., et al. 2019. Boron foliar application enhances oleuropein level and modulates volatile compound composition in olive leaves. Scientia Horticulturae, 257:108688.
- Perica S., Bellaloui N., Greve C., Hu H. and Brown P.H., 2001. Boron transport and soluble carbohydrate concentrations in olive. Journal of the American Society for Horticultural Science, 126:291-296.
- Rallo L. and Cuevas J., 2010. Fruiting and production. In: Barranco, D., FernándezEscobar, R., Rallo, L. (Eds.), Olive Growing. RIRDC, Australia, pp. 115-144.
- Rallo L., Díez C.M., Morales-Sillero A., Miho H., Priego-Capote F. and Rallo P., 2018. Quality of olives: A focus on agricultural preharvest factors. Scientia Horticulturae, 233:491-509.
- Rawat J., Pandey N. and Saxena J., 2022. Role of potassium in plant photosynthesis, transport, growth and yield. In: Iqbal N. and Umar S. (eds), Role of Potassium in Abiotic Stress. Springer, Singapore.
- Rocha J., Borges N. and Pinho O., 2020. Table olives and health: A review. Journal of nutritional science, 9, e57.
- Rosati A., Caporali S. and Paoletti A., 2015. Fertilization with N and K increases oil and water content in olive (*Olea europaea* L.) fruit via increased proportion of pulp. Scientia Horticulturae, 192:381-386.

- Saadati S., Baninasab B., Mobli M. and Gholami M., 2019. Measurements of freezing tolerance and their relationship with some biochemical and physiological parameters in seven olive cultivars. *Acta Physiologiae Plantarum*, 41:1-11.
- Saadati S., Baninasab B., Mobli M. and Gholami M., 2021. Foliar application of potassium to improve the freezing tolerance of olive leaves by increasing some osmolite compounds and antioxidant activity. *Scientia Horticulturae*, 276:109765.
- Saykhul A., Chatzissavvidis C., Therios I., Dimassi K. and Chatzistathis T., 2014: Growth and nutrient status of olive plants as influenced by foliar potassium applications. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 14:602-615.
- Saykhul A., Chatzistathis T., Chatzissavvidis C., Koundouras S., Therios I. and Dimassi K., 2013. Potassium utilization efficiency of three olive cultivars grown in a hydroponic system. *Scientia Horticulturae*, 162:55-62.
- Sotiropoulos S., Chatzissavvidis C., Papadakis I., Kavvadias V., Paschalidi C., Antonopoulou C. and Koriki A., 2023. Inorganic and organic foliar fertilization in olives.
- Swain T. and Hillis W.E., 1959. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 10:63-68.
- Toplu C., Önder D., Önder S. and Yıldız E., 2009. Determination of fruit and oil characteristics of olive (*Olea europaea* L. cv. 'Gemlik') in different irrigation and fertilization regimes. *African Journal of Agricultural Research*, 4(7), 649-658.
- Uylaşer V., and Yildiz G., 2014. The historical development and nutritional importance of olive and olive oil constituted an important part of the Mediterranean diet. *Critical reviews in food science and nutrition*, 54(8), 1092-1101.
- Willson M. F., 1983. *Plant reproductive ecology*. John Wiley & Sons.
- Wintermans I.F. and Mots A., 1965. Spectrophotometric characteristics of chlorophylls a and b and their pheophytins in ethanol. *Biochimica et Biophysica Acta*, 109:448-453.
- 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.
- Zivdar S., Arzani K., Souri M. K., Moallemi N. and Seyyednejad S. M., 2018. Physiological and biochemical response of olive (*Olea europaea* L.) cultivars to foliar potassium application.

Ελληνική βιβλιογραφία

- Θεριός Ι., 2015. Ελαιοκομία. Εκδόσεις Άγι-Σάββα Δ. Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα.
- Κουκουλάκης Π. και Παπαδόπουλος Αρ., 2003. Η ερμηνεία της φυλλοδιαγνωστικής. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα, Ελλάδα.
- Κυριτσάκης Α., 2007. Ελαιόλαδο, βρώσιμη ελιά και πάστα ελιάς. Αυτοέκδοση, Θεσσαλονίκη.
- Μετζιδάκης Ι., 2006, Ε.Θ.Ι.Α.Γ.Ε.-Ινστιτούτο Ελιάς και Υποτροπικών Φυτών, Εφαρμογή Συστήματος Ολοκληρωμένης Διαχείρισης στην Ελαιοκαλλιέργεια, στα πλαίσια του ΚΑΝ 2080/05, σελ. 32-46
- Νάνος Γ., 2021. Διδακτικές Σημειώσεις για το μάθημα Ελαιοκομία, Παν/μιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής & Αγροτικού Περιβάλλοντος, σελ. 6, 13, 19-20.
- Ρούσσης Ι. και Μπαδέκα Α., 2020. Σημειώσεις Εργαστηρίου Ανάλυσης και Τεχνολογίας Τροφίμων. Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Τσουράκη Ν., 2008. Η επίδραση της χαραγής σε τρεις ποικιλίες ελιάς, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, σελ. 17-26.
- Ψαρράς Γ., 2017. Ορθολογική λίπανση ελιάς. Σε: Ζαμπούνης Β. (εκδ.), Εγκυκλοπαίδεια Ελαιοκομίας. Το Ελαιόλαδο. Συλλογικό Έργο. ΓΑΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΕΙΝ, Άξιον Εκδοτική, Αθήνα, σελ. 119-138.

Ηλεκτρονικές πηγές

- <https://agridata.ec.europa.eu/extensions/DashboardOliveOil/OliveOilProduction.html>
- Μπόσκου Γ., 2020. Olivenews.gr.
<https://www.olivenews.gr/el/diatrofi/mesogeiki-diatrofi/fae-5-elies-tin-imera/>
- <https://www.agro24.gr/%CE%B5%CE%BB%CE%B1%CE%B9%CF%8C%CE%BB%CE%B1%CE%B4%CE%BF>
- Παϊσιάδης Σ., 2024. Αγροτύπος.
<https://www.agrotypos.gr/kalliergeies/elia/epitrapezies-elies-synechi-anodo-oi-ellinikes-exagoges-kai-ptosi-gia-tis>
- <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>

- <https://www.internationaloliveoil.org/what-we-do/economic-affairs-promotion-unit/#figures>
- <https://www.oliveepitome.com/sustasi-elaioladou-to-ekseretiko-partheno-elaiolado/>
- Πανάγου Ε., 2016. Ύπαιθρος. <https://www.ypaithros.gr/ekdoseis/epexergasia-apothikeusi-epitrapezia-elia/>
- Τσιφόρου Γ., 2021. Ύπαιθρος. https://www.ypaithros.gr/ekdoseis/teuxh/afieroma-elaiolado/#page_6

Βιβλιογραφία εικόνων

- <https://myoliveplant.gr/peri-elias/morfologia/>
- <https://www.oliveepitome.com/blog/>
- <https://www.yara.gr/threpsi-lipansi/patata/paragontes-apodosh/>
- Kitsaki C. K., Andreadis E. and Bouranis D. L., 2010. Developmental events in differentiating floral buds of four olive (*Olea europaea* L.) cultivars during late winter to early spring. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 205(9), 603.
- Τσουράκη Ν., 2008. Η επίδραση της χαραγής σε τρεις ποικιλίες ελιάς, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, σελ. 19