



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

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

«Επίδραση της μεθόδου λίπανσης με κάλιο στη θρεπτική κατάσταση των φύλλων, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών και την παραγωγή δέντρων ελιάς ποικ. Καλαμών»



ΙΩΑΝΝΗΣ ΝΙΚΟΥ

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Μαλέτσικα Περσεφόνη

Βόλος 2024

‘Επίδραση της μεθόδου λίπανσης με κάλιο στη θρεπτική κατάσταση των φύλλων, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών και την παραγωγή δέντρων ελιάς ποικ. Καλαμών’

‘Effect of method of potassium fertilization on leaf nutrition, fruit quality characteristics 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»

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα μου Επίκουρη Καθηγήτρια Περσεφόνη Μαλέτσικα για τις γνώσεις και πολύτιμη βοήθεια που μου παρείχε καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος και της συγγραφής της διπλωματικής εργασίας μου καθώς και σε όλη την περίοδο των σπουδών μου.

Να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την κα. Ευαγγελία Παναγιωτάκη, μέλος Ε.ΔΙ.Π. του Π.Θ. για την τεράστια βοήθειά της στις μετρήσεις φαινολικών και αντιοξειδωτικών που πραγματοποιήθηκαν και τις συμβουλές και γνώσεις που μου παρείχε σε όλη την διάρκεια φοίτησής μου.

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.

Περίληψη

Το κάλιο αναφέρεται ότι συμβάλλει στη βελτίωση του μεγέθους του καρπού και του λόγου σάρκας προς πυρήνα, χαρακτηριστικά ιδιαίτερα σημαντικά για την παραγωγή βρώσιμης ελιάς. Σκοπός της πτυχιακής εργασίας ήταν η βελτίωση του μεγέθους του καρπού της ελιάς ποικιλίας Καλαμών για αύξηση της εμπορικής της αξίας ως βρώσιμη ελιά. Για τον σκοπό αυτό μελετήθηκε η επίδραση μιας διαφοροποιημένης από την εφαρμοζόμενη από τον παραγωγό λίπανσης με κάλιο στην παραγωγικότητα, τα χαρακτηριστικά των φύλλων, τη θρεπτική κατάσταση και την ποιότητα του ελαιόκαρπου ώριμων αρδευόμενων δέντρων ελιάς ποικιλίας Καλαμών στην περιοχή της Σούρπης Μαγνησίας. Το πείραμα περιλάμβανε τρεις μεταχειρίσεις, τον μάρτυρα που ήταν η βασική λίπανση του παραγωγού, την επιπλέον εφαρμογή καλίου στο έδαφος και την επιπλέον διαφυλλική εφαρμογή καλίου σε τρεις δόσεις από τα τέλη Ιουνίου έως τα τέλη Αυγούστου. Η επιπλέον λίπανση με κάλιο είτε στο έδαφος είτε διαφυλλικά είχε θετική επίδραση στην παραγωγικότητα των δέντρων και οδήγησε σε αύξηση της παραγωγής ανά δέντρο και ανά μονάδα επιφάνειας διατομής κορμού συγκριτικά με τον μάρτυρα και ειδικά η διαφυλλική λίπανση καλίου. Επίσης η λίπανση με κάλιο οδήγησε σε μεγαλύτερο μέγεθος καρπού, ειδικά η λίπανση καλίου στο έδαφος, και μεγαλύτερο λόγο σάρκας προς πυρήνα σε σχέση με τον μάρτυρα. Το χρώμα των ελαιόκαρπων βελτιώθηκε στη μεταχείριση της λίπανσης με κάλιο στο έδαφος ενώ είναι πιθανόν η λίπανση με κάλιο στο έδαφος να προήγαγε την ωρίμανση των καρπών. Η συγκέντρωση των καρπών σε φαινολικά συστατικά και η αντιοξειδωτική τους ικανότητα δεν επηρεάστηκαν από την ποσότητα ή από τη μέθοδο εφαρμογής του καλίου. Η συγκέντρωση των καρπών ελιάς σε κάλιο αυξήθηκε σημαντικά με την επιπλέον λίπανση καλίου. Ιδιαίτερα αποτελεσματική στην τροφοδοσία των καρπών με κάλιο ήταν η διαφυλλική λίπανση με κάλιο σε σχέση με την επιφανειακή λίπανση με κάλιο στο έδαφος παρά το γεγονός ότι με τη διαφυλλική εφαρμογή προστέθηκαν λιγότερες μονάδες καλίου. Η θρεπτική κατάσταση των φύλλων δεν επηρεάστηκε σημαντικά από την επιπλέον λίπανση με κάλιο. Τον Ιανουάριο παρατηρήθηκε σχετική μείωση της συγκέντρωσης καλίου στα φύλλα της κάθε μεταχείρισης με τις μεγαλύτερες απώλειες να είναι στον μάρτυρα. Τον Ιανουάριο μετά την περίοδο συγκομιδής των καρπών, αποδείχθηκε ότι η επιπλέον εφαρμογή καλίου το καλοκαίρι συνέβαλε σημαντικά στο να παραμείνει η συγκέντρωση του καλίου σε επίπεδα επάρκειας παρά το γεγονός ότι οι εκροές καρπών ήταν σημαντικά

υψηλότερες στις μεταχειρίσεις που εφαρμόστηκε επιπλέον κάλιο. Συμπερασματικά η διαφοροποιημένη λίπανση με κάλιο βελτίωσε τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών γεγονός που μπορεί να συμβάλει στην αύξηση της εμπορικής της αξίας ως βρώσιμη ελιά. Είναι ξεκάθαρη η αξία τη σταδιακής εφαρμογής του καλίου και η αξιοποίηση περισσότερων μεθόδων λίπανσης σε αρδευόμενους ελαιώνες όπως ο μελετώμενος.

Λέξεις κλειδιά: *Olea europaea* L., βρώσιμη ελιά, μέγεθος καρπού, λόγος σάρκας/πυρήνα, διατροφική αξία, διαφυλλική λίπανση, θρεπτικά στοιχεία

Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1. Σημαντικότητα της καλλιέργειας της ελιάς για τη χώρα μας	1
1.2. Σημαντικότητα του κλάδου της επιτραπέζιας ελιάς	2
1.3. Σημαντικότητα της ποικιλίας Καλαμών.....	3
1.4. Τρόπος καρποφορίας ελιάς	3
1.5. Ωρίμανση και συγκομιδή ελαιόκαρπου	4
1.6. Ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών επιτραπέζιας ελιάς.....	4
1.7. Διατροφική αξία της επιτραπέζιας ελιάς.....	5
1.8. Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις για την ελιά	6
1.9. Καλλιεργητικές εργασίες ελαιώνα	6
1.10. Θρέψη και λίπανση της ελιάς	8
1.10.1. Άζωτο	9
1.10.2. Φώσφορος.....	9
1.10.3. Κάλιο	10
1.10.4. Βόριο	10
1.10.5. Ασβέστιο, Ψευδάργυρος, Χαλκός.....	10
1.11. Απαιτήσεις σε θρεπτικά στοιχεία της ελιάς	11
1.12. Ορθολογική λίπανση της ελιάς	12
1.13. Ο ρόλος του καλίου στη θρέψη της ελιάς	15
1.14. Ο ρόλος του καλίου στην ποιότητα και την διατροφική αξία του καρπού	16
1.15. Σκοπός της εργασίας	17
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	18
2.1. Περιοχή πειράματος.....	18
2.2. Μεταχειρίσεις του πειράματος.....	19
2.3. Μέτρηση των φυσιολογικών χαρακτηριστικών των φύλλων.....	20
2.4. Μέτρηση της παραγωγικότητας των δέντρων	21
2.5. Μέτρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών	22
2.6. Αντιοξειδωτικά χαρακτηριστικά καρπών	24
2.6.1. Προετοιμασία εκχυλίσματος	24
2.6.2. Μέτρηση της περιεκτικότητας των καρπών σε ολικά φαινολικά συστατικά.....	25
2.6.3. Μέτρηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας των καρπών.....	25
2.7. Δειγματοληψία φύλλων για φυλλοδιαγνωστική και καρπών για μέτρηση της συγκέντρωσής του σε ανόργανα στοιχεία	26
2.8. Μέτρηση της συγκέντρωσης φύλλων σε K και Ca και καρπών σε K	26
2.9. Στατιστική επεξεργασία.....	27

3.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	28
3.1.	Φυσιολογικά χαρακτηριστικά φύλλων	28
3.1.1.	Ποσοστό % ξηρού βάρους και ειδικό βάρος φύλλων.....	28
3.1.2.	Συγκέντρωση των φύλλων σε χλωροφύλλη	28
3.2.	Παραγωγικότητα των δέντρων	29
3.3.	Ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών ανά κατηγορία μεγέθους	31
3.4.	Αντιοξειδωτικά χαρακτηριστικά καρπών	38
3.5.	Συγκέντρωση των φύλλων ελιάς σε κάλιο και ασβέστιο	39
3.6.	Συγκέντρωση των καρπών ελιάς σε Κ.....	40
4.	ΣΥΖΗΤΗΣΗ	41
5.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	48
6.	Βιβλιογραφία	50

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Σημαντικότητα της καλλιέργειας της ελιάς για τη χώρα μας

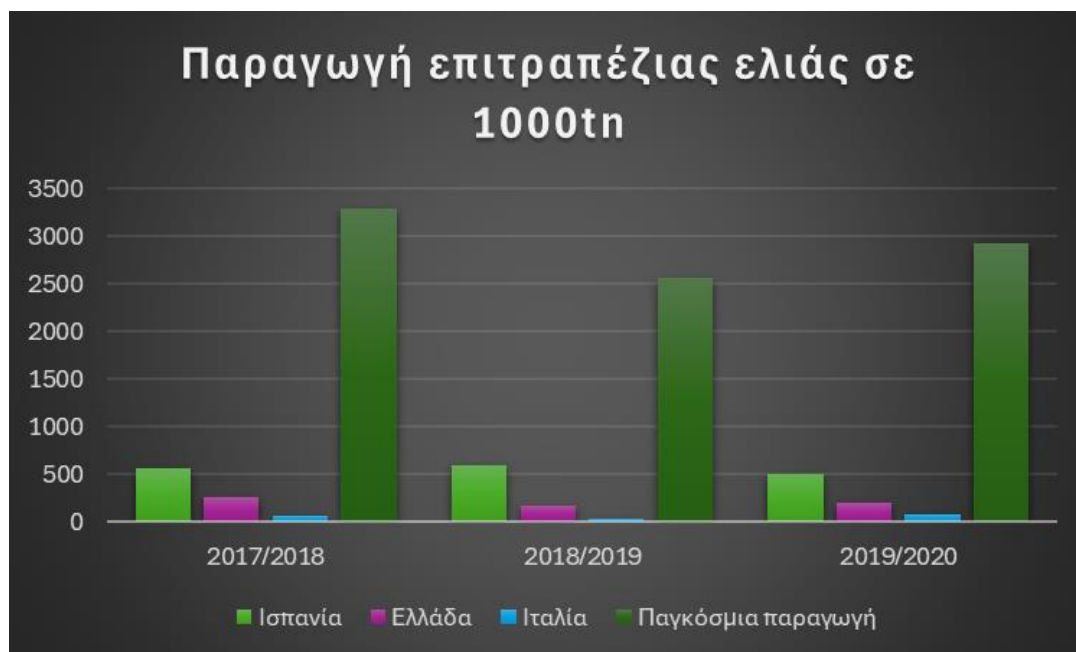
Η ελιά (*Olea europaea* L.) είναι ένα αιθαλές δέντρο που υπάρχει στις μεσογειακές χώρες από τα αρχαία χρόνια (Εικ. 1.1). Ως καλλιέργεια στην Ελλάδα αναφέρεται ότι ξεκίνησε χιλιάδες χρόνια π.Χ. με τα πρώτα στοιχεία να δείχνουν στα νησιά του Αιγαίου, στην Κρήτη και αργότερα στην υπόλοιπη ηπειρωτική χώρα. Ήταν τόσο σημαντική η καλλιέργειά της που οδήγησε στην ανάπτυξη ολόκληρων πολιτισμών και στην τόνωση της οικονομίας. Στην σύγχρονη εποχή η ελιά διατηρεί την πρωτιά στις δενδροκομικές καλλιέργειες της Ελλάδας καλύπτοντας περίπου το 75% των καλλιεργειών αυτών (Food and Agriculture Organization of the United Nations 2017). Υπάρχουν χιλιάδες ποικιλίες ελιάς παγκοσμίως με την Ελλάδα να κατέχει πάνω από εκατό αλλά ένας μικρός αριθμός εξ αυτών να έχουν μελετηθεί γενετικά για την γενετική τους καθαρότητα. Καλλιεργείται κυρίως για την παραγωγή ελαιόλαδου αλλά και επιτραπέζιας ελιάς.



Εικόνα 1.1. Δέντρο ελιάς με καρπούς την περίοδο συγκομιδής αρχές Νοεμβρίου.

1.2. Σημαντικότητα του κλάδου της επιτραπέζιας ελιάς

Στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια η ενασχόληση με την παραγωγή επιτραπέζιας ελιάς έχει αυξηθεί. Κάθε χρόνο η μέση παραγωγή αυξάνεται παρόλο που οι εκτάσεις της καλλιέργειας είτε παραμένουν στάσιμες είτε μειώνονται. Για την παραγωγή βρώσιμης ελιάς καλλιεργούνται διάφορες ποικιλίες όπως η Καλαμών, η Χονδρολιά Χαλκιδικής και η Κονσερβολιά που αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό στην Ελλάδα. Ο κλάδος της επιτραπέζιας ελιάς αποτελεί σημαντικό κομμάτι της οικονομίας αυτής της χώρας. Σύμφωνα με στοιχεία της Διεπαγγελματικής Οργάνωσης Επιτραπέζιας Ελιάς (ΔΟΕΠΕΛ 2022) και της ΕΛΣΤΑΤ το 2021 η ετήσια παραγωγή κυμάνθηκε περίπου στους 300000 τόνους που αναλογεί σε ποσοστό περίπου στο 8% της παγκόσμιας παραγωγής ελιάς (Διάγρ. 1.1). Σημαντικό να αναφερθεί ότι το ποσοστό εξαγωγών έχει διπλασιαστεί την τελευταία δεκαετία φτάνοντας το 85% του συνόλου της παραγωγής και το 9,2% του συνολικού ποσοστού εξαγωγών των γεωργικών προϊόντων κατατάσσοντας την Ελλάδα στην δεύτερη θέση των χωρών εξαγωγής επιτραπέζιας ελιάς (ΔΟΕΠΕΛ 2022).



Διάγραμμα 1.1. Συνολική παραγωγή επιτραπέζιας ελιάς σε τρεις Ευρωπαϊκές χώρες και παγκοσμίως.

1.3. Σημαντικότητα της ποικιλίας Καλαμών

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). Η ποικιλία ελιάς Καλαμών καλλιεργείται κυρίως από την κεντρική Ελλάδα και νοτιότερα, κυρίως στους νομούς Φθιώτιδας, Αιτωλοακαρνανίας, Χαλκιδικής, Μεσσηνίας και Λακωνίας. Η ελιά Καλαμών είναι μια ποικιλία με ζωνρή βλάστηση, ανθεκτική στον μύκητα *Verticillium dahliae*, καλλιεργείται συνήθως για τον καρπό της με την απόδοσή της κυμαίνεται από 10-120 kg ανά δέντρο ανάλογα τη χρονιά ενώ η περιεκτικότητα του ελαιόκαρπου σε ελαιόλαδο είναι μικρή σε σχέση με άλλες ποικιλίες, γύρω στο 15%. Το μέγεθος των καρπών της ποικίλει ανάλογα με την παραγωγικότητά της, όμως κατά κύριο λόγο είναι αδρόκαρπη με το βάρος να κυμαίνεται από 3-9 g και αναλογία σάρκας πυρήνα 8,3:1. Η πλήρης ωρίμανσή της επιτυγχάνεται τον Νοέμβριο και οι καρποί αποκτούν μαύρο χρώμα. Για την Ελλάδα η συγκεκριμένη ποικιλία έχει ιδιαίτερη οικονομική σημασία αφού πάνω από το 80% των κονσερβοποιημένων καρπών ελιάς Καλαμών εξάγονται στην Ευρώπη και τις ΗΠΑ (ΔΟΕΠΕΛ 2022).

1.4. Τρόπος καρποφορίας ελιάς

Η ελιά καρποφορεί σε μικτούς βλαστούς του προηγούμενου έτους μέτριας ζωνρότητας ενώ παράλληλα με την καρποφορία αναπτύσσει βλαστούς οι οποίοι θα καρποφορήσουν το επόμενο έτος. Η ελιά είναι ανεμόφιλο είδος και επικονιάζεται με τον άνεμο. Αν και οι περισσότερες ελληνικές ποικιλίες ελιάς είναι αυτογόνιμες, αρκετές παρουσιάζουν ως ένα βαθμό αυτοστεριρότητα και γι' αυτό είναι σημαντική η παρουσία και άλλων ποικιλιών για πιο αποτελεσματική επικονίαση. Ο τρόπος καρποφορίας της ελιάς περιλαμβάνει κάποια στάδια. Αρχικά, την περίοδο του χειμώνα πραγματοποιείται διαμόρφωση και ανάπτυξη των ανθικών μερών της ελιάς με απαραίτητη προϋπόθεση την κάλυψη 900-1000 ωρών <8°C. Στη συνέχεια, με την ολοκλήρωση της άνθισης (συνήθως στα μέσα με τέλη Απριλίου ανάλογα τις καιρικές συνθήκες της κάθε περιοχής) και της καρπόδεσης (Μάιος-Ιούνιος) ξεκινάει η σκλήρυνση του πυρήνα των καρπών. Την περίοδο Ιουνίου-Ιουλίου πραγματοποιείται

το στάδιο της διαφοροποίησης των ανθοφόρων οφθαλμών. Τέλος, στο στάδιο της ωρίμανσης παρατηρείται αλλαγή χρώματος των καρπών και αύξησης της ελαιοπεριεκτικότητάς τους. Στην ελιά το ποσοστό καρπόδεσης 4-5%.

1.5. Ωρίμανση και συγκομιδή ελαιόκαρπου

Η ωρίμανση του ελαιόκαρπου ξεκινάει τον Οκτώβριο και ολοκληρώνεται τον Δεκέμβριο ανάλογα με την ποικιλία ελιάς. Μια από τις σημαντικότερες ενδείξεις ωρίμανσης είναι η αλλαγή χρώματος του καρπού. Αρχικά, ο καρπός έχει πράσινο χρώμα που οφείλεται στην μεγάλη συγκέντρωση χλωροφύλλης. Σταδιακά όμως η συγκέντρωση χλωροφύλλης υποχωρεί και αντικαθίστανται από τις ανθοκυάνες οι οποίες προσδίδουν στον φλοιό σκούρο ιώδες με μαύρο χρώμα. Η διαδικασία αυτή δεν πραγματοποιείται ταυτόχρονα σε όλους τους καρπούς. Έτσι, η συγκομιδή τους για βρώσιμη χρήση καθίσταται δύσκολη. Ο παραγωγός αναγκάζεται να συγκομίσει πολλές φορές και μικρές ποσότητες με αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους παραγωγής. Στην Ελλάδα η συγκομιδή μαύρης ελιάς πραγματοποιείται την περίοδο από Οκτώβριο μέχρι Δεκέμβριο όταν ο καρπός έχει αποκτήσει μαύρο χρώμα και πριν φτάσει στο στάδιο του μαλακώματος. Κατά κύριο λόγο η συγκομιδή γίνεται χειρωνακτικά ώστε να αποφεύγεται το μεγάλο ποσοστό τραυματισμού των καρπών κατά την πτώση τους από το δέντρο. Τα τελευταία χρόνια όμως με την ανάπτυξη της τεχνολογίας έχουν κατασκευαστεί μηχανήματα που βοηθούν στη μηχανική συγκομιδή των καρπών εξοικονομώντας χρήματα και χρόνο για τον παραγωγό.

1.6. Ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών επιτραπέζιας ελιάς

Στη σύγχρονη εποχή τα ποιοτικά χαρακτηριστικά έχουν συνδεθεί άμεσα με την εξωτερική εμφάνιση ενός προϊόντος στην αγορά. Βέβαια, το κριτήριο ενός ποιοτικού προϊόντος σχετίζεται με την γεύση του καθώς και με τα χαρακτηριστικά τα οποία θα πρέπει να πληροί στις αγορές. Στις επιτραπέζιες ελιές ανάλογα με τον χρωματισμό τους την περίοδο που συγκομίζονται (πράσινες, ξανθές, μαύρες) ακολουθούν διαφορετική επεξεργασία και κατανάλωση. Με αυτόν τον τρόπο καλύπτεται το μεγαλύτερο μέρος των επιθυμιών του απαιτητικού καταναλωτικού κοινού.

Οι ποικιλίες ελιάς παράγουν διάφορα μεγέθη καρπών. Για τον διαχωρισμό των ποικιλιών έχουν δημιουργηθεί κατηγορίες όπου κατανέμονται ως μικρόκαρπες, μεσόκαρπες και αδρόκαρπες ή μεγαλόκαρπες. Στο εμπόριο αυτές οι κατηγορίες εκφράζονται με αριθμούς οι οποίοι δηλώνουν το ποσό των τεμαχίων ανά χιλιόγραμμο. Επίσης, οι καρποί της ελιάς χωρίζονται και με βάση το μέγεθος του πυρήνα τους σε μικροπύρηνες, μεσοπύρηνες και μακροπύρηνες. Οι πρώτες αποτελούν για τις βιομηχανίες τη σημαντικότερη κατηγορία επιτραπέζιας ελιάς αφού η αφαίρεση του πυρήνα πραγματοποιείται πολύ εύκολα και η αναλογία σάρκας/πυρήνα είναι μεγαλύτερη με αποτέλεσμα το μεγαλύτερο κέρδος της εταιρείας (Kailis and Harris 2007).

Τέλος, άλλο ένα χαρακτηριστικό ποιότητας που απαιτείται στις προς επεξεργασία επιτραπέζιες ελιές είναι ότι υποχρεώνονται να διαθέτουν υψηλή συνεκτικότητα στη σάρκα ώστε να μην πολτοποιούνται και διαλύονται κατά την επεξεργασία τους. Κυρίως στα πρώτα στάδια ωρίμανσης της ελιάς υπάρχει υψηλή συνεκτικότητα και με την πάροδο του χρόνου μειώνεται καθώς οι ελιές πλησιάζουν στην πλήρη ωρίμανση και το ποσοστό ελαιοπεριεκτικότητάς αυξάνεται. Οι υποβαθμισμένες σε ποιότητα ελιές έχουν χαμηλή εμπορική αξία (Θερίος 2007).

1.7. Διατροφική αξία της επιτραπέζιας ελιάς

Η επιτραπέζια ελιά θεωρείται τροφή ιδιαίτερης σημασίας για τον άνθρωπο αλλά κυρίως για τις χώρες της Μεσογείου. Αυτό σχετίζεται με το γεγονός ότι παράγεται κατά κύριο λόγο σε αυτήν την περιοχή και ότι η θρεπτική της αξία είναι αρκετά υψηλή. Οι βρώσιμες ελιές περιέχουν πολλά αντιοξειδωτικά (πολύ περισσότερα από το ελαιόλαδο) και διάφορες πολυφαινόλες όπως η ελευρωπαίνη που κατέχει το μεγαλύτερο ποσοστό στη σάρκα του ελαιόκαρπου, η τυροσόλη, η υδροξυτυροσόλη κ.α. που συμβάλουν στην υγεία του ανθρώπου. Όπως όλες οι τροφές φρούτων και λαχανικών περιέχει νερό σε ποσοστό 70%-75% και μονοακόρεστα λιπαρά οξέα που βοηθούν σε καρδιολογικές παθήσεις και μείωση της χοληστερόλης. Επίσης είναι πλούσιες σε βιταμίνες κυρίως Α και Ε ενισχύοντας την υγεία του δέρματος, φυτικές ίνες, περιέχουν διάφορα στοιχεία και μέταλλα όπως κάλιο, μαγνήσιο, σίδηρο, ασβέστιο ενώ διαθέτουν και ένα μικρό ποσοστό πρωτεϊνών με ποσοστό γύρω στο 1,5% (Kailis and Harris 2007, Boskou 1996).

1.8. Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις για την ελιά

Η ελιά είναι ένα δέντρο ευπροσάρμοστο τόσο στο κλίμα όσο και στο έδαφος. Καλλιεργείται στο βόρειο και νότιο ημισφαίριο μεταξύ 30° και 45° του γεωγραφικού πλάτους της γης. Η ελιά αναπτύσσεται σε διάφορους τύπους εδαφών, από το πιο άγονο, πετρώδες, ξηρό που συναντώνται σε νησιά και ημιορεινές περιοχές μέχρι τα βαριά και γόνιμα εδάφη των πεδιάδων. Χαρακτηρίζεται από μεγάλη αντοχή στην ξηρασία αλλά και στην αλατότητα αφού συχνά συναντάται η καλλιέργειά της σε παραθαλάσσιες περιοχές. Βέβαια για την επίτευξη καλύτερης παραγωγής και ποιότητας ελαιόκαρπου και ελαιόλαδου τα ιδανικά εδάφη είναι αυτά της μέσης σύστασης (Θεριός 2005). Τα συγκεκριμένα εδάφη συγκρατούν αρκετή υγρασία και αποστραγγίζουν ευκολότερα σε σχέση με τα αργιλώδη ή άλλα βαριά εδάφη. Είναι πλούσια σε θρεπτικά στοιχεία όπως άζωτο και κάλιο, απαραίτητα για την ανάπτυξη της καλλιέργειας.

Η ελιά έχει κάποιες ιδιαιτερότητες όσον αφορά το κλίμα. Δεν αντέχει τις πολύ χαμηλές θερμοκρασίες κάτω από -15°C όπου και προκαλούνται μόνιμες βλάβες στο δέντρο με αποτέλεσμα την καταστροφή του και τις πολύ υψηλές άνω των 50°C. Το καταλληλότερο κλίμα για την καλλιέργειά της είναι το μεσογειακό λόγω των φυσιολογικών εποχιακών θερμοκρασιών και της απαραίτητης για την ελιά ποσότητας νερού. Μπορεί να αναπτυχθεί και στο τροπικό κλίμα χωρίς όμως την παραγωγή καρπών επειδή η ελιά έχει ανάγκη από την συμπλήρωση κάποιων ωρών ψύχους τον χειμώνα ώστε να διαφοροποιήσει τα άνθη της (Θεριός 2007).

1.9. Καλλιεργητικές εργασίες ελαιώνα

Εφόσον όλα έχουν εξελιχθεί ομαλά το προηγούμενο έτος, οι καλλιεργητικές εργασίες της ελιάς ξεκινούν τον Φεβρουάριο. Εκείνη την περίοδο πραγματοποιείται χειρωνακτικά κάτω από την κόμη του δέντρου η λίπανση των ξηρικών ελαιώνων. Στους αρδευόμενους ελαιώνες υπάρχουν αρκετοί τρόποι εφαρμογής των λιπασμάτων για τους οποίους θα γίνει εκτενέστερη αναφορά στην συνέχεια.

Αργότερα, ξεκινάει η πιο απαιτητική εργασία στον ελαιώνα η οποία είναι το κλάδεμα. Στις πιο νότιες περιοχές το κλάδεμα αρχίζει στις αρχές Φεβρουαρίου, σε κεντρικές και βόρειες τον Μάρτιο αφού περάσουν οι πιθανοί παγετοί και ολοκληρώνεται, όσο πιο γρήγορα γίνεται, πριν την άνθιση των δέντρων. Στο κλάδεμα

αφαιρούνται ξερά, μη παραγωγικά τμήματα δυναμώνοντας έτσι το δέντρο και βοηθώντας τη νέα βλάστηση να αναπτυχθεί. Στόχος είναι να επιτευχθεί ο καλύτερος φωτισμός της νέας βλάστησης αυξάνοντας έτσι την φωτοσύνθεση και την λειτουργία του δέντρου. Τέλος, κατά την διάρκεια του καλοκαιριού έως αρχές Σεπτεμβρίου πραγματοποιείται θερινό κλάδεμα όπου αυτό θεωρηθεί αναγκαίο (χωρίς βροχοπτώσεις η επιπλέον ανάπτυξη των βλαστών την περίοδο του καλοκαιριού είναι μικρή). Κατά την πραγματοποίηση θερινού κλαδέματος αφαιρούνται λαίμαργοι βλαστοί στο εσωτερικό των βραχιόνων και παραφυάδες στο λαιμό των ελαιόδεντρων. Η αφαίρεσή τους είναι απαραίτητη γιατί οι συγκεκριμένοι βλαστοί καταναλώνουν θρεπτικά στοιχεία, νερό και ενέργεια που θα ήταν χρήσιμα για το δέντρο και την ανάπτυξη των καρπών.

Την άνοιξη παρατηρείται και έντονη ανάπτυξη των ζιζανίων ή αλλιώς αυτοφυών φυτών τα οποία απορροφούν νερό και θρεπτικά από το έδαφος λειτουργώντας ανταγωνιστικά στην ελιά. Η καταπολέμησή τους πραγματοποιείται με δύο τρόπους. Πρώτον με μηχανική κοπή χρησιμοποιώντας ειδικά μηχανήματα τουλάχιστον μια φορά τον μήνα από τον Απρίλιο έως τον Σεπτέμβριο (στους μη αρδευόμενους ελαιώνες οι κοπές είναι λιγότερες). Δεύτερον με τον ψεκασμό χημικών ζιζανιοκτόνων την περίοδο της άνοιξης και αρχές καλοκαιριού. Έτσι, καταπολεμούνται σημαντικά τα ζιζάνια και πραγματοποιούνται οι υπόλοιπες καλλιεργητικές εργασίες χωρίς δυσκολίες.

Άλλη μια βασική καλλιεργητική εργασία που χωρίς αυτή η ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων θα ήταν υποβαθμισμένη είναι η ολοκληρωμένη φυτοπροστασία. Σε όλη τη διάρκεια του έτους πρέπει να τηρείται το πρόγραμμα ψεκασμών για την αντιμετώπιση εντομολογικών εχθρών και ασθενειών. Συγκεκριμένα, συνίσταται η εφαρμογή βορδιγάλειου πολτού αμέσως μετά το κλάδεμα για προστασία των δέντρων από μυκητολογικές και βακτηριολογικές ασθένειες (γλοιοσπόριο, καρκίνος της ελιάς, κυκλοκόνιο). Κατά τη διάρκεια της άνθισης, απαραίτητη είναι η εφαρμογή ενός εντομοκτόνου (πάντα ακολουθούνται οι οδηγίες που αναγράφονται στο σκεύασμα) σε συνδυασμό με χαλκό και βόριο, το οποίο συμβάλλει στην καλή καρπόδεση, για την αντιμετώπιση της ψύλλας. Ακολουθεί η αντιμετώπιση του πυρηνοτρήτη την περίοδο της καρπόδεσης και αργότερα. Το καλοκαίρι ένας πολύ σημαντικός εχθρός της ελιάς που υποβαθμίζει την ποιότητα των καρπών είναι ο δάκος. Ένα έντομο το οποίο έχει 3-5 γενιές και προσβάλλει τους καρπούς κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού έως το φθινόπωρο. Τέλος, ο ψεκασμός με χαλκό εφαρμόζεται όλη την

διάρκεια του έτους όποτε θεωρηθεί απαραίτητο, ειδικότερα μετά από μεταχειρίσεις στα δέντρα (κλάδεμα, συγκομιδή, χαλαζοπτώσεις, υπερβολικές υγρασίες).

Τελευταία καλλιεργητική εργασία είναι η συγκομιδή της ελιάς (Εικ. 1.2). Αρχίζει από τον Σεπτέμβριο για βρώσιμες πράσινες ελιές και ολοκληρώνεται τον Δεκέμβριο για ελαιοποιήσιμες. Σε κάποιες νότιες περιοχές της Μεσογείου και της Ελλάδας η συγκομιδή συνεχίζεται μέχρι τον Φεβρουάριο της επόμενης χρονιάς.



Εικόνα 1.2. Συγκομιδή ελιάς στην περιοχή της Σούρπης Μαγνησίας την περίοδο του Οκτωβρίου.

1.10. Θρέψη και λίπανση της ελιάς

Η θρέψη των ελαιώνων είναι απαραίτητη αν βέβαια καλλιεργούνται συστηματικά με στόχο τη μέγιστη παραγωγή τους και την καλύτερη δυνατή ποιότητα. Κάποια συγκεκριμένα ανόργανα στοιχεία κατέχουν σημαντικό ρόλο στη θρέψη της ελιάς.

1.10.1. Άζωτο

Η σημαντικότητα του αζώτου στην καλλιέργεια της ελιάς είναι υψηλής σημασίας καθώς συμβάλλει στη βλαστική ανάπτυξη των δέντρων, στη διαφοροποίηση των ανθέων και στην ανάπτυξη των καρπών. Η υπερβολική λίπανση με άζωτο διαταράσσει την ισορροπία στο δέντρο αυξάνοντας την βλάστηση και τους λαίμαργους βλαστούς μειώνοντας την δυνατότητα καλής καρποφορίας. Αντίθετα, η έλλειψη του αζώτου προκαλεί χλωρώσεις στα φύλλα και γενικά το δέντρο έχει μια καχεκτική ανάπτυξη. Οι ετήσιοι βλαστοί που θα είναι παραγωγικοί την επόμενη χρονιά θα παραμείνουν μικροί με αποτέλεσμα την μείωση της παραγωγής το άλλο έτος. Τα θηλυκά άνθη (δηλαδή τα παραγωγικά άνθη) επηρεάζονται αρνητικά από την έλλειψη αζώτου έχοντας μια καχεκτική ανάπτυξη, παραμένουν ατελή, δεν γονιμοποιούνται και το δέντρο οδηγείται σε περιορισμένη καρπόδεση (Μετζιδάκης 2006). Έχει παρατηρηθεί να μειώνεται το ποσοστό αζώτου στα φύλλα της ελιάς την περίοδο της άνθισης και της σκλήρυνσης του πυρήνα (Θεριός 2007). Επιπλέον, το άζωτο συμβάλλει θετικά και στην ποιότητα των καρπών. Σε πείραμα σε ελιές ποικιλίας Manzanillo η προσθήκη ενός κιλού θεικού αμμωνίου ανά δέντρο στους κρίσιμους μήνες της καλλιέργειας (Μάιο, Ιούνιο, Αύγουστο) βελτίωσε την απόδοση του ελαιώνα, την ποιότητα των ελαιόκαρπων και την ελαιοπεριεκτικότητά τους (Elbadawy et al. 2016).

1.10.2. Φώσφορος

Ο φώσφορος συντελεί στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος στα φυτά και στα δέντρα ενώ συμμετέχει στην παραγωγή και μεταφορά της ενέργειας στο εσωτερικό των φυτών (Χαρτζουλάκης 2016). Ο φώσφορος είναι βασικό στοιχείο για την ομαλή λειτουργία ενός δέντρου. Αποτελεί κρίσιμο παράγοντα στις αρδευόμενες και μη ελαιοκαλλιέργειες γιατί επηρεάζει το βάρος, το μέγεθος και την ωρίμανση των καρπών (Erel et al., 2013 and Erel et al., 2016). Ωστόσο, ο φώσφορος είναι ένα στοιχείο που δεν χρησιμοποιείται σε μεγάλες ποσότητες από τα δέντρα ελιάς (Fernández-Escobar et al. 2015). Στην ελιά σπάνια παρατηρείται τροφοπενία φωσφόρου καθώς υπάρχει σε όλα σχεδόν τα λιπάσματα που εφαρμόζονται στους ελαιώνες. Σε περιπτώσεις έλλειψης παρατηρείται χλώρωση, σκουρόχρωμες κηλιδώσεις στα φύλλα και κακή ανάπτυξη βλαστών (λεπτοί βλαστοί) (Μετζιδάκης 2006).

1.10.3. Κάλιο

Τέλος, εξίσου σημαντικό μακροστοιχείο είναι το κάλιο. Συμβάλει στην αύξηση του μεγέθους του καρπού και της ελαιοπεριεκτικότητας. Με τη χρήση καλίου βελτιώνεται η φωτοσύνθεση του δέντρου συντελώντας στην αύξηση της παραγωγής ενέργειας και μεγιστοποίησης των λειτουργιών της ελιάς. Συνήθως παρατηρείται έλλειψη καλίου σε αμμώδη εδάφη. Στη συνέχεια, θα αναφερθούν περισσότερες λεπτομέρειες για τον ρόλο του καλίου στη θρέψη της ελιάς.

1.10.4. Βόριο

Το βόριο θεωρείται ένα από τα πιο σημαντικά ιχνοστοιχεία και με την μεγαλύτερη επίδραση στην ελαιοκαλλιέργεια. Η κύρια λειτουργία του παρατηρείται την περίοδο της άνθισης και της καρπόδεσης αυξάνοντας το ποσοστό επιτυχίας τους. Επιπλέον, ρυθμίζει την πίεση του οσμωτικού νερού (Μήτσιος 1997) και μεταφέρει υδατάνθρακες και άλλα ανόργανα στοιχεία στο εσωτερικό των δέντρων ελιάς. Σε πολλούς ελαιώνες παρατηρείται συχνά έλλειψη βορίου. Τα συμπτώματα της τροφοπενίας βορίου εμφανίζονται στη νεαρή βλάστηση σαν χλώρωση στην κορυφή των φύλλων. Ακολουθεί ξήρανσή τους και φυλλόπτωση ενώ σε κάποια φύλλα στα δέντρα παρατηρείται αύξηση του πλάτους. Τέλος, παρατηρούνται νεκρώσεις οφθαλμών με αποτέλεσμα τη μείωση ανθοφορίας και παραγωγής (Τσουράκη 2008). Η διαφυλλική λίπανση με βόριο στην ελιά κατά τη διαμόρφωση των ανθέων ή ακριβώς πριν την άνθιση βρέθηκε να είναι ευεργετική, ιδιαίτερα σε χρονιά με χαμηλή καρπόδεση, καθώς βελτίωσε την καρπόδεση και την απόδοση του δέντρου (Perica et al. 2001, Stellacci et al. 2008).

1.10.5. Ασβέστιο, Ψευδάργυρος, Χαλκός

Το ασβέστιο είναι ένα ακόμη απαραίτητο θρεπτικό στοιχείο για την ελιά. Το ασβέστιο επιδρά στον καρπό της ελιάς προσδίδοντας αύξηση στη σταθερότητα της σάρκας και αυξάνοντας τη συνεκτικότητα του ελαιόκαρπου (Ferreira et al. 2018). Το ασβέστιο δεν μεταφέρεται εύκολα στο εσωτερικό του φυτού ενώ συχνά παρατηρούνται οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στα φύλλα ή σε παλαιότερα τμήματα του δέντρου. Επιπλέον, συμβάλλει και αυτό στην καλή καρπόδεση των ελαιόδεντρων και γενικά στην βελτίωση των καρπών (Ασημακόπουλος κ.ά. 2009).

Ο χαλκός χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο στην καλλιέργεια της ελιάς για προστασία των δέντρων από μυκητολογικές και βακτηριολογικές ασθένειες. Σπάνια παρατηρείται έλλειψη χαλκού στην ελιά αφού συχνά εφαρμόζεται με διαφυλλικούς ψεκασμούς μετά από μεταχειρίσεις στα δέντρα (κλάδεμα, συγκομιδή) και ακραίων καιρικών συνθηκών (μετά από χαλάζι και έντονες βροχοπτώσεις την άνοιξη με υψηλά ποσοστά σχετικής υγρασίας). Ωστόσο, ο χαλκός κατέχει και άλλους ρόλους στην ελιά, αυξάνει την αντοχή των φυτικών ιστών του δέντρου σε χαμηλές θερμοκρασίες και συμβάλλει στην δέσμευση του αζώτου. Γι' αυτό συνήθως την περίοδο αυξημένων απαιτήσεων σε άζωτο, οι ανάγκες σε χαλκό είναι υψηλές.

Ο ψευδάργυρος είναι ένα ιχνοστοιχείο που κατέχει και αυτό ρόλο στην ελαιοκαλλιέργεια. Συμβάλλει στη σύνθεση ουσιών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή πρωτεϊνών. Η έλλειψή του οδηγεί σε μειωμένη συγκέντρωση πρωτεΐνης στους καρπούς. Συναινεί στην καλή ανθοφορία της ελιάς και στην γενικότερη υγεία και αντοχή του δέντρου (Θεριός 2005).

1.11. Απαιτήσεις σε θρεπτικά στοιχεία της ελιάς

Το δέντρο της ελιάς απαιτεί κάποια θρεπτικά στοιχεία ώστε να εκτελέσει τις φυσιολογικές του διεργασίες. Η λίπανσή της ελιάς είναι μια διαδικασία που ακολουθείται από το σύνολο των ενασχολούντων με την καλλιέργεια της ελιάς με στόχο την κάλυψη των αναγκών των δέντρων σε θρεπτικά στοιχεία, την βελτίωσή της απόδοσης και την αύξηση παραγωγής ποιοτικών προϊόντων. Σημαντικό όμως είναι να θρεπτικά στοιχεία να διοχετεύονται στην καλλιέργεια στην κατάλληλη χρονική στιγμή και με την κατάλληλη μέθοδο ώστε και να είναι σε επάρκεια στα κρίσιμα στάδια της ανάπτυξής της.

Οι απαιτήσεις του αζώτου στην ελαιοκαλλιέργεια είναι μεγαλύτερες από κάθε άλλο στοιχείο (Θεριός 2005). Απαραίτητη είναι η φυλλοδιαγνωστική ανάλυση τον Ιανουάριο όπου θα πρέπει τα φύλλα να έχουν περιεκτικότητα σε άζωτο γύρω στο 1,6%-1,8% το οποίο δηλώνει επάρκεια του συγκεκριμένου στοιχείου (Ανδρουλάκης και Λουπασάκη 1995). Το άζωτο για την καλλιέργεια της ελιάς θα πρέπει να είναι διαθέσιμο την κρίσιμη περίοδο της άνοιξης, συγκεκριμένα από τον Μάρτιο έως τον Ιούνιο, μιας και τότε αναπτύσσεται η νέα βλάστηση, πραγματοποιείται η διαμόρφωση των ανθέων, η άνθιση και στην πορεία η καρπόδεση και η ανάπτυξη του καρπού. Η

ποσότητα αζώτου που απαιτείται κυμαίνεται μεταξύ 500-1500 g ανά δέντρο και εξαρτάται από την αναμενόμενη καρποφορία, την ηλικία των δέντρων, την ποικιλία ελιάς και την άρδευση ή μη.

Οι απαιτήσεις σε φώσφορο είναι μικρές. Το όριο επάρκειας στα φύλλα κυμαίνεται σε ποσοστό 0,09%-0,11% (Ανδρουλάκης και Λουπασάκη, 1995). Οι απαιτήσεις του φωσφόρου στην ελαιοκαλλιέργεια είναι υψηλότερες την άνοιξη, στην περίοδο της άνθισης. Επομένως, η εφαρμογή του πραγματοποιείται τον Φεβρουάριο για τις αρδευόμενες καλλιέργειες και τον Δεκέμβριο για τις ξηρικές. Σπάνια παρατηρείται έλλειψη φωσφόρου στα ελαιόδεντρα και επειδή δεν ξεπλένεται εύκολα από το έδαφος συστήνεται η εφαρμογή του ανά 2-3 έτη.

Το κάλιο είναι το δεύτερο σε απαιτήσεις στοιχείο στην ελαιοκαλλιέργεια. Η επιθυμητή επάρκεια καλίου στα φύλλα είναι σε ποσοστό 0,7%-0,9% επί του ξηρού βάρους των φύλλων (Ανδρουλάκης και Λουπασάκη, 1995). Οι απαιτήσεις του καλίου στην ελιά κυμαίνονται μεταξύ 500-1000 g και αυτό εξαρτάται από την παραγωγή της χρονιάς. Όσο περισσότεροι καρποί παραχθούν τόσο περισσότερες εκροές σε στοιχεία θα έχουμε και ιδιαίτερα σε κάλιο. Το κάλιο βοηθά στην αύξηση του καρπού και τη φωτοσύνθεση. Έτσι, χορηγείται τον Φεβρουάριο και ένα μέρος της ποσότητας από τον Ιούλιο και μετά που είναι η πιο απαιτητική περίοδος σε κάλιο για την ελιά (Βασιλακάκης 2016).

Όπως έχει αναφερθεί παραπάνω το βόριο είναι ένα σημαντικό ιχνοστοιχείο για την ελιά και συμβάλλει στην καλύτερη καρπόδεση. Επομένως, η κρίσιμη περίοδος σε επάρκεια είναι κατά την άνθιση του μήνες Απρίλιο και Μάιο. Επάρκεια για την ελιά σε βόριο θεωρείται η συγκέντρωση στα φύλλα μεταξύ 20-50 ppm (Θεριός 2005, Τσουράκη 2008).

Τα όρια επάρκειας των φύλλων στην ελιά για το ασβέστιο είναι 1,0%-2,5% και για ιχνοστοιχεία, 10-30 ppm για τον ψευδάργυρο και 5-20 ppm για τον χαλκό (Τσαντήλας 1998, Θεριός 2005).

1.12. Ορθολογική λίπανση της ελιάς

Η λίπανση ενός ελαιώνα έχει ως στόχο την αύξηση της παραγωγικότητας των δέντρων και της ποιότητας τόσο του ελαιολάδου όσο και της επιτραπέζιας ελιάς. Είναι απαραίτητο να διατηρείται η σωστή αναλογία των μακροστοιχείων και των

ιχνοστοιχείων στον ελαιώνα για την εύρυθμη λειτουργία των ελαιόδεντρων. Για να επιτευχθεί η ορθολογική λίπανση και να κατανοηθούν οι ακριβείς ανάγκες σε θρεπτικά στοιχεία πρέπει να πραγματοποιηθούν κάποιες αναλύσεις. Συγκεκριμένα, η εδαφολογική ανάλυση θα παρουσιάσει την κατάσταση του εδάφους σε θρεπτικά στοιχεία και τις ελλείψεις που πιθανόν να υπάρχουν στο έδαφος. Από την άλλη, οι φυλλοδιαγνωστικές αναλύσεις θα δείξουν την θρεπτική κατάσταση των δέντρων και το αν γίνεται σωστά η πρόσληψη των στοιχείων από το έδαφος. Σημαντικές είναι οι εκροές των θρεπτικών στοιχείων από τους ελαιώνες. Ειδικά μετά από εργασίες που εφαρμόζονται όπως το κλάδεμα και η συγκομιδή των ελαιόκαρπων αφαιρούνται από τους ξηρικούς ελαιώνες γύρω στα 55,5 kg N/ha, 45,5 kg K/ha και 5 kg P/ha (Fernández-Escobar et al. 2015), ενώ σε αρδευόμενους ελαιώνες οι ποσότητες των θρεπτικών στοιχείων που απομακρύνονται είναι ακόμη μεγαλύτερες (Erel et al. 2018).

Ο τρόπος λίπανσης μεταβάλλεται ανάλογα την εντατικότητα της ελαιοκαλλιέργειας και τον τύπο του εδάφους. Παραδοσιακά η λίπανση των ελαιώνων γινόταν χειρωνακτικά την περίοδο του χειμώνα. Πλέον έχει αποδειχθεί ότι ο καλύτερος τρόπος λίπανσης είναι η υδρολίπανση αφού η καλλιέργεια εκμεταλλεύεται περίπου το 95% του λιπάσματος. Σημαντικές ποσότητες αζώτου αφαιρούνται από τα εδάφη με τα συγκομιζόμενα προϊόντα. Το άζωτο στα εδάφη μπορεί να χαθεί με πολλούς τρόπους, όπως επιστροφή στην ατμόσφαιρα ως αέριο (N_2 , N_2O , NH_3) καθώς και με έκπλυσή του και μεταφορά του σε βαθύτερα στρώματα του εδάφους. Έτσι, χάνονται σημαντικές ποσότητες αζώτου οι οποίες θα μπορούσαν να εκμεταλλευτούν από την καλλιέργεια. Γενικότερα οι δύο καλύτεροι τρόποι λίπανσης είναι η υδρολίπανση και ο διαφυλλικός ψεκασμός. Οι συγκεκριμένοι τρόποι έχουν τα θετικά και τα αρνητικά τους. Συγκεκριμένα για την υδρολίπανση παρατηρείται αποδοτικότερη χρήση των λιπασμάτων, μείωση των ποσοτήτων λιπάσματος που θα πρέπει να προστεθούν στον αγρό με αποτέλεσμα τη μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος και του αποτυπώματος άνθρακα. Όμως, στα αρνητικά τονίζεται ότι απαιτείται μεγάλο αρχικό κεφάλαιο για την εγκατάσταση του εξοπλισμού και υπάρχει πιθανότητα ο παραγωγός να έρθει αντιμέτωπος με αποφράξεις στο αρδευτικό δίκτυο λόγω μη καλής διάλυσης του λιπάσματος. Από την άλλη μεριά, οι διαφυλλικοί ψεκασμοί οδηγούν στην άμεση απορρόφηση των θρεπτικών από τα φύλλα των δέντρων και μπορούν να εφαρμοστούν για γρήγορες διορθώσεις σε πιθανές ελλείψεις θρεπτικών στοιχείων. Βέβαια, η απορρόφηση των θρεπτικών επηρεάζεται άμεσα από τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν αφού ανάλογα την θερμοκρασία, την ένταση του φωτός και την υγρασία

αυξάνουν ή μειώνουν την ικανότητα απορρόφησης. Επίσης, για να καλυφθούν οι ανάγκες των ελαιόδεντρων θα πρέπει η διαφυλλική λίπανση να εφαρμοστεί αρκετές φορές (τα φύλλα προσλαμβάνουν μικρές ποσότητες λιπάσματος) αυξάνοντας έτσι και το κόστος παραγωγής. Γενικά η ορθολογική λίπανση εφαρμόζεται για την μέγιστη εκμετάλλευση των λιπασμάτων μειώνοντας τις ποσότητες λιπάσματος που χρειάζονται και αυτομάτως μειώνοντας τη ρύπανση του περιβάλλοντος.

Όπως προαναφέρθηκε οι ανάγκες σε λίπανση αζώτου είναι από 0,5 kg έως 1,5 kg ανά δέντρο. Στους ελαιώνες που εφαρμόζεται υδρολίπανση συστήνεται να πραγματοποιείται η λίπανση αζώτου της εξής αναλογίας 2% τον Φεβρουάριο, 5% τον Μάρτιο, 10% τον Απρίλιο, 25% τον Μάιο, 35% τον Ιούνιο, 15% τον Ιούλιο και το υπόλοιπο 8% τον Αύγουστο. Σε αντίθεση με την ξηρική καλλιέργεια που εφαρμόζεται όλο το άζωτο τον Φεβρουάριο ή κάποιο μικρό ποσοστό την άνοιξη με την μορφή ουρίας (Gregoriou et al. 2010). Υπάρχουν και περιπτώσεις αρδευόμενων ελαιώνων που δεν υπάρχει η δυνατότητα υδρολίπανσης. Εκεί πάλι η εφαρμογή πραγματοποιείται τον Φεβρουάριο ενώ ένα μικρό ποσοστό της λίπανσης πραγματοποιείται με διαφυλλικούς ψεκασμούς την περίοδο των μεγαλύτερων αναγκών (Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο).

Οι ανάγκες της ελαιοκαλλιέργειας σε κάλιο είναι 0,5kg έως 1kg ανά δέντρο. Εφαρμόζεται σε ξηρικούς ελαιώνες τον Φεβρουάριο χειρωνακτικά, ενώ σε αρδευόμενους ένα μέρος του την ίδια περίοδο και το υπόλοιπο το καλοκαίρι έως αρχές φθινοπώρου. Οι ελαιοκαλλιέργειες με δυνατότητα υδρολίπανσης συνιστάται η εφαρμογή του καλίου να γίνεται 15% της ποσότητας την άνοιξη, το 35% το καλοκαίρι και το υπόλοιπο 50% έως το φθινόπωρο. Σε ορισμένους ελαιώνες εφαρμόζονται διαφυλλικοί ψεκασμοί με νιτρικό κάλιο το καλοκαίρι και την περίοδο ωρίμανσης των καρπών (Θερίος, 2021).

Ο φώσφορος όπως αναφέρθηκε απαιτείται σε ελάχιστες ποσότητες στην ελαιοκαλλιέργεια και συγκεκριμένα σε ποσότητα περίπου στο 1/3 της ποσότητας του αζώτου που εφαρμόστηκε. Η κατάλληλη περίοδος εφαρμογής του φωσφόρου είναι τον Φεβρουάριο για αρδευόμενους ελαιώνες ενώ τον Δεκέμβριο για ξηρικούς ώστε να εκμεταλλευτεί της βροχοπτώσεις του χειμώνα και να ενσωματωθεί στο έδαφος. Δεν είναι απαραίτητη η εφαρμογή του φωσφόρου κάθε χρόνο.

Οι ελαιοκαλλιέργειες έχουν απαιτήσεις σε διάφορα ιχνοστοιχεία και συγκεκριμένα το βόριο, το ασβέστιο, ο χαλκός και ο ψευδάργυρος. Ορισμένα εφαρμόζονται με διαφυλλικό ψεκασμό για επίτευξη καλύτερης και πιο γρήγορης απορρόφησης από τα φυτά ενώ κάποια εφαρμόζονται στο έδαφος. Το βόριο σε αρδευόμενους και ξηρικούς

ελαιώνες εφαρμόζεται το Δεκέμβριο με τη μορφή βόρακα στο έδαφος. Κυρίως όμως εφαρμόζεται με διαφυλλικό ψεκασμό την περίοδο της άνθισης με την περιεκτικότητα του λιπάσματος σε βόριο να κυμαίνεται στο 0,6% (Gregoriou et al. 2010). Ο χαλκός δεν εφαρμόζεται και δεν απαιτείται στην ελιά με την μορφή λιπάσματος γιατί εφαρμόζεται με διαφυλλικό ψεκασμό μέσω των μυκητοκτόνων σκευασμάτων και συνολικών εφαρμογών 3-5 φορές την καλλιεργητική περίοδο ανά 15-20 μέρες (βορδιγάλειος πολτός, οξυχλωριούχος χαλκός). Τέλος, ο ψευδάργυρος και το ασβέστιο εφαρμόζονται στο έδαφος ή με διαφυλλικό ψεκασμό σε περιπτώσεις έλλειψής τους.

1.13. Ο ρόλος του καλίου στη θρέψη της ελιάς

Η σπουδαιότητα του καλίου στη θρέψη της ελιάς είναι ιδιαίτερης σημασίας καθώς συμμετέχει σε πολλές και διάφορες διεργασίες του δέντρου. Το κάλιο προάγει την ενυδάτωση των κυττάρων και η έλλειψή του προκαλεί αφυδάτωση των ιστών. Το κάλιο είναι η κύρια ωσμωτική διαλυμένη ουσία στο χυμοτόπιο των φυτών και προάγει το άνοιγμα των στοματίων (Restrepo-Diaz et al. 2009). Επίσης, το κάλιο εμπλέκεται στην πρόσληψη νερού από τις ρίζες με τη μείωση του υδατικού δυναμικού που προκαλεί εντός των ριζών, και στη ρύθμιση της υδραυλικής αγωγιμότητας της ρίζας (Restrepo-Diaz et al. 2009).

Το κάλιο στα ελαιόδεντρα βελτιώνει τη λειτουργία της φωτοσύνθεσής τους καθώς και τη μεταφορά των φωτοσυνθετικών προϊόντων συσσωρεύοντας μεγάλο μέρος τους στους καρπούς (Θεριός 2005). Επιπλέον, συμβάλει στην ανοχή και αντοχή των φυτών σε αντίξοες συνθήκες όπως χαμηλές θερμοκρασίες και ξηροθερμικές συνθήκες ενώ έχει παρατηρηθεί ότι αυξάνει την ανθεκτικότητα στο κυκλοκόνιο και σε άλλες μυκητολογικές ασθένειες (Θεριός 2005). Το κάλιο είναι απαραίτητο στοιχείο για το κάθε στάδιο σύνθεσης πρωτεϊνών και για τη λειτουργία των στομάτων των φύλλων. Διεγείρει τα στομάτια των φύλλων να ανταποκρίνονται πιο γρήγορα στις μεταβολές του καιρού ώστε τα φυτά να αντέχουν σε υδατικές καταπονήσεις (Zipori et al. 2020). Η επάρκεια καλίου στον ελαιώνα οδηγεί στην δημιουργία περισσότερων θηλυκών ανθέων και στη μείωση την παρεννιαυτοφορίας (Zipori et al. 2020). Μελέτες έδειξαν ότι οι λιπάνσεις με κάλιο σε ελαιώνες στην Τυνησία ενίσχυσαν το μέγεθος των καρπών συσσωρεύοντας περισσότερο νερό μέσα σε αυτούς, διατήρησαν τον πυρήνα σε χαμηλό

ποσοστό (σημαντικός παράγοντας για τις επιτραπέζιες ελιές) και αύξησαν την περιεκτικότητα των καρπών σε ελαιόλαδο (Mimoun et al. 2007).

Η έλλειψη του καλίου οδηγεί σε αρνητικά αποτελέσματα. Στην ελιά, η έλλειψη καλίου προκαλεί αφυδάτωση (μείωση της σπαργής) όλων των τμημάτων των φυτών και μειώνει την ανάπτυξη των βλαστών και την αποτελεσματικότητα χρήσης νερού (Restrepo-Diaz et al. 2009). Τις χρονιές με αυξημένη καρποφορία και στο κλάδεμα την άνοιξη αφαιρούνται από τα δέντρα τεράστιες ποσότητες καλίου περίπου στα 45,5 kg/ha (Fernández-Escobar et al. 2015). Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις όπου σε κάποιες ελαιοκαλλιέργειες παρατηρείται έλλειψη καλίου και εκεί παρατηρείται έντονο στρεσάρισμα των δέντρων σε αντίξοες καιρικές συνθήκες. Η έλλειψη καλίου συμβαίνει λόγω είτε της μη λίπανσης της καλλιέργειας είτε λόγω της ανταγωνιστικότητας του καλίου με κάποια άλλα στοιχεία όπως με το μαγνήσιο στο έδαφος και με το άζωτο στα φύλλα. Το κύριο σύμπτωμα της τροφοπενίας καλίου είναι οι χλωρωτικές αποχρώσεις στα φύλλα και η ξήρανση της κορυφής τους. Γενικά, τα φύλλα έχουν μια καχεκτική ανάπτυξη (το συγκεκριμένο σύμπτωμα αναφέρεται και σε άλλες τροφοπενίες στοιχείων και δεν διαχωρίζεται εύκολα). Η φυλλοδιαγνωστική ανάλυση θα αποδείξει άμεσα τις ελλείψεις του φυτού. Τέλος, οι επιπτώσεις στην παραγωγή είναι ιδιαίτερης σημασίας οδηγώντας την σε μείωση και σε καρπούς με μικρότερο μέγεθος σε σχέση με τους ελαιώνες που έχει εφαρμοστεί λίπανση. Η λίπανση με κάλιο στην ελαιοκαλλιέργεια τους κρίσιμους μήνες της καλλιέργειας οδηγεί σε καλύτερης ποιότητας καρπών και μεγαλύτερης παραγωγής (Rosati et al. 2015).

1.14. Ο ρόλος του καλίου στην ποιότητα και την διατροφική αξία του καρπού

Το κάλιο συντελεί στην καλύτερη απόδοση παραγωγής ελιών και ελαιολάδου (Elloumi et al. 2009). Είναι γνωστό ότι το κάλιο βελτιώνει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών. Αυξάνει το μέγεθος των καρπών ενισχύοντάς των με περισσότερο νερό, αυξάνει το ποσοστό σάρκας τους πετυχαίνοντας μια καλή αναλογία σάρκα/πυρήνα που είναι σημαντικός παράγοντας για τις επιτραπέζιες ελιές και αυξάνει την ελαιοπεριεκτικότητα στους καρπούς (Rosati et al. 2015). Τέλος, είναι κατανοητό ότι το κάλιο κατέχει σημαντικό ρόλο στην ποιότητα και διατροφική αξία του ελαιόκαρπου βοηθώντας στην παραγωγή ποιοτικών και εμπορεύσιμων καρπών.

1.15. Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας ήταν η βελτίωση του μεγέθους του καρπού της ελιάς ποικιλίας Καλαμών για αύξηση της εμπορικής της αξίας ως βρώσιμη ελιά. Για τον σκοπό αυτό μελετήθηκε η επίδρασης μιας διαφοροποιημένης από την εφαρμοζόμενη από τον παραγωγό λίπανσης με κάλιο στην παραγωγικότητα, τα χαρακτηριστικά των φύλλων, τη θρεπτική κατάσταση και την ποιότητα του ελαιόκαρπου ώριμων αρδευόμενων δέντρων ελιάς ποικιλίας Καλαμών στην περιοχή της Σούρπης Μαγνησίας. Η διαφοροποιημένη λίπανση με κάλιο αφορούσε την επιπλέον λίπανση με κάλιο με δύο μεθόδους, επιφανειακά στο έδαφος ή διαφυλλικά, σε τρεις δόσεις από τα τέλη Ιουνίου έως τα τέλη Αυγούστου. Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν ήταν τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά των φύλλων, τα ποιοτικά και αντιοξειδωτικά χαρακτηριστικά των καρπών, η συγκέντρωση των καρπών σε κάλιο, η θρεπτική κατάσταση των φύλλων σε κάλιο και ασβέστιο και η παραγωγικότητα των ελαιόδεντρων.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Περιοχή πειράματος

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στην περιοχή της Σούρπης του νομού Μαγνησίας, σε έναν αγρό έκτασης 7 στρεμμάτων (Εικ. 4). Το κλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται από ζεστά, ξηρά καλοκαίρια και δροσερούς, υγρούς χειμώνες. Βρίσκεται σε απόσταση 3 χιλιομέτρων από τη θάλασσα. Στον πειραματικό αγρό καλλιεργούνται κατά κύριο λόγο ελιές των ποικιλιών Αμφίσσης και Καλαμών ενώ υπάρχουν και κάποια δέντρα ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής. Η ηλικία των δέντρων είναι 20 ετών και οι αποστάσεις φύτευσης των δέντρων είναι 5 μέτρα επί της γραμμής και 6 μέτρα μεταξύ των γραμμών. Ο ελαιώνας είναι αρδευόμενος και πραγματοποιούνται αρδεύσεις κάθε 15-20 μέρες από τον Ιούνιο έως τον Σεπτέμβριο. Η μέθοδος άρδευσης είναι στάγδην και σε κάθε δέντρο αναλογούν δύο μικροεκτοξευτήρες, παροχής 150L h^{-1} . Η διαχείριση των ζιζανίων πραγματοποιείται μηχανικά και οι κοπές έγιναν τους μήνες Απρίλιο έως Σεπτέμβριο. Το κλάδεμα εφαρμόζεται κάθε χρόνο και πραγματοποιήθηκε τον μήνα Μάρτιο. Στα τέλη Φεβρουαρίου έγινε η βασική λίπανση και εφαρμόστηκε στο έδαφος το σύνθετο λίπασμα 12-12-12 σε ποσότητα 2 kg ανά δέντρο, δηλαδή 66 kg ανά στρέμμα. Επιπλέον, έγινε ψεκασμός με βόριο την άνοιξη για ενίσχυση της καρπώδεσης.



Σχήμα 4. Περιοχή του πειράματος στη Σούρπη Μαγνησίας από δορυφορική εικόνα.

2.2. Μεταχειρίσεις του πειράματος

Το πείραμα περιλάμβανε τρεις μεταχειρίσεις, α) τον μάρτυρα (εφαρμοζόμενη λίπανση παραγωγού), β) την προσθήκη καλίου στο έδαφος (λίπανση Κ στο έδαφος) επιπλέον της εφαρμοζόμενης ποσότητας από τον παραγωγό και γ) τη διαφυλλική λίπανση με κάλιο (διαφυλλική λίπανση Κ) επιπλέον της εφαρμοζόμενης ποσότητας από τον παραγωγό. Κάθε μεταχείριση περιλάμβανε τέσσερα ελαιόδεντρα επαναλήψεις ποικιλίας Καλαμών. Τα δέντρα ήταν παρόμοιας ανάπτυξης, παρόμοιας καρποφορίας και λάμβαναν παρόμοιες καλλιεργητικές φροντίδες. Το έτος του πειράματος ήταν το έτος υψηλής παραγωγής για τα ελαιόδεντρα.

Πιο συγκεκριμένα οι μεταχειρίσεις του πειράματος ήταν οι εξής:

- **Μάρτυρας:** αφορούσε τη λίπανση που εφαρμόζει ο παραγωγός. Εφαρμόστηκαν 8 kg N, 8 kg P₂O₅, 8 kg K₂O ανά στρέμμα με τη βασική λίπανση του Φεβρουαρίου.
- **Λίπανση με κάλιο στο έδαφος:** εφαρμόστηκαν 8 kg N, 8 kg P₂O₅, 8 kg K₂O ανά στρέμμα με τη βασική λίπανση του Φεβρουαρίου. Έγινε επιπλέον εφαρμογή καλιούχου λίπανσης στο έδαφος σε τρεις δόσεις δηλαδή στα τέλη Ιουνίου (22/06/2022), στις αρχές Αυγούστου (03/08/2022) και στα τέλη Αυγούστου (27/08/2022). Στα τέλη Ιουνίου προστέθηκαν 200 g θεικού καλίου (με αναλογίες N-P-K 0-0-50) και στις αρχές Αυγούστου και στα τέλη Αυγούστου προστέθηκαν 200 g νιτρικού καλίου (με αναλογίες N-P-K 13-0-46) ανά εφαρμογή στο έδαφος στη ζώνη άρδευσης. Προστέθηκαν συνολικά με την επιπλέον λίπανση 0,87 kg N και 9,19 kg K₂O ανά στρέμμα. Σε όλη την καλλιεργητική περίοδο εφαρμόστηκαν 8,87 kg N, 8 kg P₂O₅, 17,19 kg K₂O.
- **Διαφυλλική λίπανση καλίου:** εφαρμόστηκαν 8 kg N, 8 kg P₂O₅, 8 kg K₂O ανά στρέμμα με τη βασική λίπανση του Φεβρουαρίου. Έγινε επιπλέον εφαρμογή καλιούχου λίπανσης με ψεκασμό των δέντρων με 2% β/ο νιτρικό κάλιο (με αναλογίες N-P-K 13-0-46) (Εικ. 5). Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν συνολικά τρεις ψεκασμοί, στα τέλη Ιουνίου (22/06/2022), στις αρχές Αυγούστου (03/08/2022) και στα τέλη Αυγούστου (27/08/2022). Προστέθηκαν συνολικά με την επιπλέον διαφυλλική λίπανση 1,11 kg N και 3,94 kg K₂O ανά στρέμμα. Σε όλη την καλλιεργητική περίοδο εφαρμόστηκαν 9,11 kg N, 8 kg P₂O₅, 11,94 kg K₂O.



Εικόνα 5. Λίπασμα νιτρικού καλίου 13-0-46 και ψεκαστήρας πλάτης για τη διαφυλλική εφαρμογή.

2.3. Μέτρηση των φυσιολογικών χαρακτηριστικών των φύλλων

Στα τέλη Ιουλίου και συγκεκριμένα στις 22/07/2022 πραγματοποιήθηκε συλλογή φύλλων για τη μέτρηση των φυσιολογικών τους χαρακτηριστικών. Συγκεκριμένα μετρήθηκαν το ειδικό βάρος φύλλου, το ποσοστό % ξηράς ουσίας (Ξ.Ο.) και η συγκέντρωση σε χλωροφύλλη (α, β και ολική) (Εικ. 6 και 7). Τα φύλλα ήταν φωτιζόμενα, από το μέσο και περιμετρικά της κόμης και από τη μέση προς την βάση ετήσιων βλαστών. Μετά τη συλλογή τους τοποθετήθηκαν σε πλαστικές σακούλες και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο για τις μετρήσεις. Οι μετρήσεις των φυσιολογικών χαρακτηριστικών των φύλλων πραγματοποιήθηκαν σε δέκα επαναλήψεις των 12 φύλλων ανά μεταχείριση.

Για τη μέτρηση της Ξ.Ο. και του ειδικού βάρους φύλλου, από τα 12 φύλλα της κάθε επανάληψης λαμβάνονταν 12 δίσκοι ελάσματος φύλλου διαμέτρου 6 mm, ακολουθούσε ζύγιση του νωπού τους βάρους (Ν.Β.) και ξήρανση σε φούρνο στους 80 °C. Μετά την ξήρανσή τους οι δίσκοι ζυγίζονταν και λαμβανόταν το ξηρό βάρος (Ξ.Β.). Έπειτα γινόταν ο υπολογισμός της Ξ.Ο. του φύλλου ($\text{Ξ.Ο.} = [(\text{Ξ.Β.}) / (\text{Ν.Β.})] \times 100$)).

Ο υπολογισμός του ειδικού βάρους φύλλου έγινε με τον τύπο:

ειδικό βάρος φύλλου = (Ξ.Β.)/(επιφάνεια 12 δίσκων) και εκφράστηκε σε mg cm^{-2} .

Για τη μέτρηση της συγκέντρωσης των φύλλων σε χλωροφύλλη ακολουθήθηκε η μέθοδος των Winternans και Mots (1965). Από τα έξι φύλλα της κάθε επανάληψης λαμβάνονταν έξι δίσκοι ελάσματος φύλλου διαμέτρου 6 mm, ακολουθούσε ζύγιση, ψιλοτεμαχισμός και τοποθέτηση σε δοκιμαστικό σωλήνα που είχαν προστεθεί 15 mL αιθανόλης 95%. Ακολουθούσε παραμονή για μία ώρα σε υδατόλουτρο στους 80 °C μέχρι τον αποχρωματισμό των δίσκων των φύλλων. Μετά τον αποχρωματισμό οι σωλήνες τοποθετούνταν στο σκοτάδι μέχρι να αποκτήσουν θερμοκρασία δωματίου. Στη συνέχεια γινόταν μέτρηση της απορρόφησης σε φασματοφωτόμετρο (OPTIZEN POP (UV/VIS Spectrophotometer, Mecasys Co., Ltd) στα μήκη κύματος 665 και 649 nm με τη βοήθεια κρυσταλλικής κυψελίδας. Έπειτα γινόταν υπολογισμός της συγκέντρωσης των φύλλων σε χλωροφύλλη α (χλωρ. α), β (χλωρ. β) και ολική (ολ. χλωρ.) σε mg ανά g ξ.β. φύλλου και σε mg ανά m^2 φύλλου, καθώς και του λόγου της χλωροφύλλης α προς τη χλωροφύλλη β (χλωρ. α/χλωρ. β).



Εικόνες 6 και 7. Εξαγωγή δίσκων από φύλλα ελιάς ποικιλίας Καλαμών για τη μέτρηση του ειδικού βάρους φύλλων, του ποσοστού % ξηράς ουσίας φύλλου και της συγκέντρωσης χλωροφύλλης.

2.4. Μέτρηση της παραγωγικότητας των δέντρων

Στη συγκομιδή από τις 05/11/2022 έως τις 30/11/2022 πραγματοποιήθηκε η μέτρηση της συνολικής παραγωγής των πειραματικών δέντρων. Συγκεκριμένα, ζυγίστηκε ξεχωριστά η παραγωγή του κάθε δέντρου με τη χρήση ειδικής πλάστιγγας. Ακολούθησε διαχωρισμός των καρπών σε μεγέθη με τον διαλογέα ανά δέντρο και ζύγιση των επιμέρους ποσοτήτων. Ο διαχωρισμός των καρπών έγινε σε τρεις κατηγορίες μεγεθών τα οποία ήταν 150, 200 και 270, όπως αυτά ορίζονται για την εμπορία τους. Τα μεγέθη αυτά υποδηλώνουν τον αριθμό καρπών που χρειάζονται για την συμπλήρωση ενός κιλού καρπών.

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} .

2.5. Μέτρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών

Στη συγκομιδή των καρπών, στα μέσα Νοεμβρίου, πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία καρπών ελιάς για τη μέτρηση των ποιοτικών τους χαρακτηριστικών (Εικ. 8). Συλλέχθηκαν 20 καρποί ανά κατηγορία μεγέθους (150, 200, 270), ανά δέντρο και ανά μεταχείριση για τη μέτρηση των ποιοτικών τους χαρακτηριστικών. Άμεσα μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο και πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις των ποιοτικών τους χαρακτηριστικών.

Η μέτρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών πραγματοποιήθηκε σε πέντε επαναλήψεις των 10 καρπών ανά κατηγορία μεγέθους και ανά μεταχείριση και περιλάμβανε το βάρος καρπού, το βάρος πυρήνα, τον λόγο σάρκας/πυρήνα, τις διαστάσεις καρπού και πυρήνα, το χρώμα φλοιού και το ποσοστό % ξηράς ουσίας.

Βάρος καρπού και λόγος σάρκας/πυρήνα

Το βάρος καρπού λήφθηκε με τη ζύγιση των 10 καρπών ανά επανάληψη και διαιρώντας με τον αριθμό των καρπών της επανάληψης. Μετά τη ζύγιση του κάθε καρπού, αφαιρέθηκε ο πυρήνας και ζυγίστηκε. Στη συνέχεια υπολογίστηκε ο λόγος σάρκας/πυρήνα.

Διαστάσεις και σχήμα καρπού

Μετρήθηκε το μήκος και το πλάτος του καρπού με παχύμετρο και έπειτα υπολογίστηκε ο λόγος μήκος/πλάτος.

Χρώμα φλοιού

Το χρώμα του επικαρπίου των καρπών μετρήθηκε με το χρωματόμετρο Minolta (Model CR-400, Minolta Ltd, Osaka, Ιαπωνία). Οι μετρήσεις χρώματος έγιναν σύμφωνα με το σύστημα μέτρησης CIELAB (CIE 1976, L^* , a^* , b^*). Η μέτρηση του χρώματος αφορούσε τις παραμέτρους του χρώματος L^* , a^* και b^* . Στη συνέχεια, υπολογίζονταν οι παράμετροι της καθαρότητας του χρώματος C^* (Chroma) και της απόχρωσης Hue.

Ο συνδυασμός των παραμέτρων C^* και Hue αποδίδει το πραγματικό χρώμα των καρπών. Οι παράμετροι υπολογίζονται ως εξής:

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

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

Το C^* είναι μία παράμετρος ανάλογη με την ένταση του χρώματος από το γκρι μέχρι το έγχρωμο. Όσο υψηλότερο είναι το C^* , τόσο πιο έντονο καθαρό χρώμα έχει ο καρπός.

Η γωνία Hue αντιπροσωπεύει την απόχρωση ($\text{Hue} = 0^\circ$ εκφράζει το κόκκινο-μωβ, $\text{Hue} = 90^\circ$ εκφράζει το κίτρινο, $\text{Hue} = 180^\circ$ το μπλε-πράσινο και $\text{Hue} = 270^\circ$ το μπλε) (McGuire 1992).

Ποσοστό % ξηράς ουσίας

Για τη μέτρηση του ποσοστού % ξηράς ουσίας του περικαρπίου του καρπού, ζυγίστηκε το νωπό βάρος 10 τεμαχίων καρπών από τους 10 καρπούς της κάθε επανάληψης. Ακολούθησε η τοποθέτησή τους στο φούρνο ξήρανσης στους 80°C και έπειτα ζύγιση του ξηρού βάρους. Έπειτα υπολογίστηκε το ποσοστό % ξηράς ουσίας του περικαρπίου του καρπού.



Εικόνα 8. Καρποί ελιάς ποικιλίας Καλαμών κατηγορίας 150 για τη μέτρηση των ποιοτικών τους χαρακτηριστικών.

2.6. Αντιοξειδωτικά χαρακτηριστικά καρπών

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. 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). 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 7000 g για 5 λεπτά. Το υπερκείμενο πλύθηκε με 20 mL εξάνιο και στη συνέχεια ακολούθησε η διαδικασία μέτρησης των ολικών διαλυτών φαινολικών.

2.6.2. Μέτρηση της περιεκτικότητας των καρπών σε ολικά φαινολικά συστατικά

Ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης των ολικών φαινολικών συστατικών στους καρπούς (σάρκα και φλοιός) πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τη μέθοδο των Swain and Hillis (1959) μετά από κάποιες τροποποιήσεις. Ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης των ολικών φαινολικών έγινε σε 2 mL εκχυλίσματος. Σε δοκιμαστικό σωλήνα προστέθηκαν 2 mL εκχυλίσματος, 2 mL απιονισμένου νερού και 10 mL διαλύματος Folin-Ciocalteu συγκέντρωσης 2 N (αραιωμένο με νερό 1:10). Ακολούθησε ανακίνηση με Vortex για μερικά δευτερόλεπτα, στη συνέχεια προστέθηκαν 8 mL διαλύματος 1 N Na₂CO₃, έγινε ανακίνηση με Vortex και τα δείγματα παρέμειναν για μία ώρα στο σκοτάδι. Έπειτα έγινε η μέτρηση της απορρόφησης στα 760 nm σε φασματοφωτόμετρο OPTIZEN POP (UV/VIS Spectrophotometer, Mecasys Co., Ltd). Η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών συστατικών στους καρπούς εκφράστηκε σε mg γαλλικού οξέος ανά g ν.β. 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).

2.6.3. Μέτρηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας των καρπών

Η μέτρηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας των καρπών (σάρκας και φλοιού) έγινε με τη μέθοδο της ελεύθερης ρίζας DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl). Η συνολική αντιοξειδωτική ικανότητα που προσδιορίζεται με τη μέθοδο της ελεύθερης ρίζας DPPH βασίζεται στη μέθοδο των Brand-Williams et al. (1995) μετά από κάποιες τροποποιήσεις. Για τη μέτρηση προστέθηκαν σε δοκιμαστικό σωλήνα 100 μL από το μεθανολικό εκχύλισμα και 2900 μL DPPH συγκέντρωσης 100 μM. Ακολούθησε ανακίνηση των δειγμάτων με Vortex, τα δείγματα τοποθετήθηκαν στο σκοτάδι 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 αντιοξειδωτική ικανότητα του εκχυλίσματος προσδιορίστηκε με βάση την πρότυπη καμπύλη αναφοράς του L-ασκορβικού οξέος και εκφράστηκε ως ισοδύναμα μmol L-ασκορβικού οξέος ανά g ν.β. καρπού.

2.7. Δειγματοληψία φύλλων για φυλλοδιαγνωστική και καρπών για μέτρηση της συγκέντρωσής του σε ανόργανα στοιχεία

Η δειγματοληψία των φύλλων ελιάς για φυλλοδιαγνωστική πραγματοποιήθηκε στα τέλη Ιουλίου (22/07/2022) και στα μέσα Ιανουαρίου (15/01/2023) με σκοπό την μέτρηση της συγκέντρωσης των ανόργανων στοιχείων καλίου και ασβεστίου. Συνολικά συλλέχθηκαν τρεις επαναλήψεις των 120 φύλλων με μίσχο από κάθε μεταχείριση. Τα φύλλα ήταν υγιή, από ετήσιους βλαστούς (μη καρποφορούντες) και λαμβάνονταν από την μέση και προς την βάση του βλαστού. Με το πέρας της συλλογής τους πραγματοποιήθηκε τρεις φορές πλύση με απιονισμένο νερό για καθαρισμό της σκόνης ή άλλων υπολειμμάτων. Στη συνέχεια, τοποθετήθηκαν σε χάρτινα σακουλάκια και τοποθετήθηκαν σε φούρνο ξήρανσης στους 70°C μέχρι θρυμματισμό τους.

Η μέτρηση της συγκέντρωσης του περικαρπίου των καρπών ελιάς σε ανόργανα στοιχεία πραγματοποιήθηκε σε τρεις επαναλήψεις των 10 καρπών ανά μεταχείριση. 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.

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

Μετά το στάδιο της ξήρανσης των φυτικών ιστών, ακολούθησε λειοτρίβηση των φύλλων και των καρπών με μύλο μέχρι να γίνουν λεπτή σκόνη. Στη συνέχεια με τη βοήθεια ζυγού δύο δεκαδικών ψηφίων ζυγίστηκαν 0,5 g από κάθε δείγμα φύλλων ή 1 g από κάθε δείγμα καρπών και τοποθετήθηκαν σε πορσελάνινες κάψες τύπου HCT 126/80 DIN. Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε πυριαντήριο στους 480 °C για τρεις ώρες μέχρι να γίνουν τέφρα. Έπειτα για τη χώνευση της τέφρας προστέθηκαν 20 ml 20% HCl (συγκέντρωση 37%, MB=36,5 και d=1,19 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 στους καρπούς ελιάς.

Οι μετρήσεις της συγκέντρωσης των ανόργανων στοιχείων K και Ca στα φύλλα και K στους καρπούς 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 φύλλων σε K και Ca και των καρπών σε K και εκφράστηκαν σε ποσοστό % ξηρού βάρους φύλλου ή καρπού.

2.9. Στατιστική επεξεργασία

Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS (Version 20.0, IBM Corporation, Armonk, NY, USA). Η σύγκριση των μέσων όρων έγινε με το κριτήριο Tukey για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1. Φυσιολογικά χαρακτηριστικά φύλλων

3.1.1. Ποσοστό % ξηρού βάρους και ειδικό βάρος φύλλων

Οι μετρήσεις των φυσιολογικών χαρακτηριστικών των φύλλων πραγματοποιήθηκαν στις 22 Ιουλίου 2022. Τα φύλλα των δέντρων που εφαρμόστηκε λίπανση καλίου στο έδαφος είχαν παρόμοιο ποσοστό % ξηράς ουσίας με τα φύλλα των δέντρων που εφαρμόστηκε διαφυλλική λίπανση καλίου ενώ τα φύλλα του μάρτυρα είχαν τη μικρότερη τιμή.

Όσον αφορά το ειδικό βάρος φύλλου, δεν παρατηρήθηκαν αξιοσημείωτες διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων (Πιν. 3.5.1).

Πίνακας 3.5.1. Ποσοστό % ξηράς ουσίας και ειδικό βάρος φύλλων των δέντρων ελιάς ποικιλίας Καλαμών των μεταχειρίσεων του μάρτυρα, της λίπανσης με K στο έδαφος και της διαφυλλικής εφαρμογής K στις 22 Ιουλίου 2022.

Μεταχείριση	Ξ.Ο. (%)	Ειδικό βάρος φύλλων (mg cm ⁻²)
Μάρτυρας	46,7b	21,08
Έδαφος K	48,7a	20,12
Διαφυλλικά K	48,2a	20,34
Σημαντικότητα		
Μεταχείριση	**	NS

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

3.1.2. Συγκέντρωση των φύλλων σε χλωροφύλλη

Η συγκέντρωση των φύλλων σε χλωροφύλλη α, χλωροφύλλη β και ολική χλωροφύλλη εκφρασμένες ως mg ανά g ξηρού βάρους φύλλων ή ως mg ανά m² φύλλων δεν παρουσίασαν αξιοσημείωτες διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων. Ομοίως, ο λόγος χλωροφύλλη α/χλωροφύλλη β ήταν παρόμοιος μεταξύ των μεταχειρίσεων (Πίν. 3.5.2).

Πίνακας 3.5.2. Συγκέντρωση σε χλωρ. α, χλωρ. β και ολ. χλωρ. εκφρασμένες σε mg g^{-1} και mg m^{-2} και του λόγου χλωρ. α/χλωρ. β των φύλλων των δέντρων ελιάς ποικιλίας Καλαμών των μεταχειρίσεων του μάρτυρα, της λίπανσης με K στο έδαφος και της διαφυλλικής εφαρμογής K στις 22 Ιουλίου 2022.

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	3,46	1,35	4,81	581	227	809	2,56b
Έδαφος K	3,36	1,37	4,73	552	224	776	2,46c
Διαφυλλικά K	3,50	1,31	4,81	598	223	820	2,67a
Σημαντ.							
Μεταχείριση	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

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

3.2. Παραγωγικότητα των δέντρων

Τα δέντρα που επιλέχθηκαν για την εκπόνηση του πειράματος είχαν παρόμοια διάμετρο κορμού και παρόμοια επιφάνεια διατομής κορμού μεταξύ των μεταχειρίσεων (Πίν. 3.5.3). Όσον αφορά την παραγωγή ανά δέντρο, τα δέντρα των μεταχειρίσεων της εφαρμογής καλίου στο έδαφος και της διαφυλλικής εφαρμογής καλίου παρουσίασαν υψηλότερη παραγωγή ανά δέντρο συγκριτικά με τα δέντρα του μάρτυρα. Η παραγωγικότητα των δέντρων εκφρασμένη ως g ανά cm^2 διατομής κορμού ήταν υψηλότερη στη μεταχείριση της εφαρμογής καλίου στο έδαφος, έπειτα στη μεταχείριση της διαφυλλικής εφαρμογής καλίου ενώ η μικρότερη τιμή βρέθηκε στον μάρτυρα.

Πίνακας 3.5.3. Επιφάνεια διατομής κορμού, παραγωγή καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών ανά δέντρο και ανά επιφάνεια διατομής κορμού των μεταχειρίσεων του μάρτυρα, της λίπανσης με K στο έδαφος και της διαφυλλικής εφαρμογής K στις 25/11/2022.

Μεταχείριση	Διάμετρος κορμού (cm)	Επιφάνεια διατομής κορμού (cm^2)	Παραγωγή ανά δέντρο (kg)	Παραγωγή ανά επιφάνεια διατομής κορμού (g cm^{-2})
-------------	--------------------------	--	--------------------------------	--

Μάρτυρας	19,2	289	79,3b	274c
Έδαφος Κ	19,5	292	87,0a	293b
Διαφυλλικά Κ	19,3	297	90,4a	310a
Σημαντικότητα				
Μεταχείριση	NS	NS	*	**

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

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

Μετά τη ζύγιση της συνολικής ποσότητας καρπών ανά δέντρο ακολούθησε η διαλογή των καρπών σε τρεις κατηγορίες μεγέθους: 150 καρποί ανά κιλό, 200 καρποί ανά κιλό και 270 καρποί ανά κιλό.

Στην κατηγορία μεγέθους 150 η μεγαλύτερη ποσότητα καρπών παρατηρήθηκε στη μεταχείριση που εφαρμόστηκε λίπανση καλίου στο έδαφος, ακολούθησε η μεταχείριση της διαφυλλικής λίπανσης καλίου, ενώ η μικρότερη ποσότητα παρατηρήθηκε στον μάρτυρα.

Στην κατηγορία μεγέθους 200 οι μεταχειρίσεις λίπανση καλίου στο έδαφος και διαφυλλική λίπανση με κάλιο είχαν παρόμοια ποσότητα καρπών ενώ η μικρότερη ποσότητα παρατηρήθηκε στον μάρτυρα.

Στην κατηγορία μεγέθους 270 η μικρότερη ποσότητα καρπών παρατηρήθηκε στη μεταχείριση που εφαρμόστηκε λίπανση καλίου στο έδαφος. Οι μεταχειρίσεις διαφυλλική λίπανση με κάλιο και ο μάρτυρας είχαν παρόμοια ποσότητα καρπών μεταξύ τους και υψηλότερη συγκριτικά με τη μεταχείριση της λίπανσης με κάλιο στο έδαφος (Πίν. 3.5.4).

Πίνακας 3.5.4. Ποσότητα καρπών ανά κατηγορία μεγέθους ανά δέντρο ελιάς ποικιλίας Καλαμών των μεταχειρίσεων του μάρτυρα, της λίπανσης με Κ στο έδαφος και της διαφυλλικής εφαρμογής Κ στις 30/11/2022.

Μεταχείριση	Κατηγορία 150	Κατηγορία 200	Κατηγορία 270
	Ποσότητα (kg)		
Μάρτυρας	8,56c	36,2b	34,5a
Έδαφος Κ	13,4a	46,1a	27,5b
Διαφυλλικά Κ	12,0b	45,9a	32,7a
Σημαντικότητα			
Μεταχείριση	***	***	**

Διαφορετικά γράμματα εντός της ίδιας στήλης δείχνουν στατιστικές σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σύμφωνα με το κριτήριο Tukey ($p \leq 0,05$). Σημαντικότητα: ** επίπεδο σημαντικότητας 0,01 και *** επίπεδο σημαντικότητας 0,001.

Όταν η παραγωγή ανά κατηγορία μεγέθους εκφράστηκε ως ποσοστό επί % της συνολικής παραγωγής ανά δέντρο και ανά μεταχείριση διαπιστώθηκε ότι στον μάρτυρα το μεγαλύτερο ποσοστό της ποσότητας των καρπών παρατηρήθηκε στην κατηγορία μεγέθους 200 καταλαμβάνοντας το 45,6%, ακολούθησε η κατηγορία μεγέθους 270 με 43,6% και μόνο το 10,8% των καρπών ανήκε στην κατηγορία μεγέθους 150.

Στη μεταχείριση της λίπανσης με κάλιο στο έδαφος, το μεγαλύτερο ποσοστό της ποσότητας των καρπών παρατηρήθηκε στην κατηγορία μεγέθους 200 καταλαμβάνοντας το 53%, ακολούθησε η κατηγορία μεγέθους 270 με 31,6% ενώ το 15,4% των καρπών ανήκε στην κατηγορία μεγέθους 150.

Τέλος, στη μεταχείριση της διαφυλλικής λίπανσης καλίου, το μεγαλύτερο ποσοστό της ποσότητας των καρπών παρατηρήθηκε στην κατηγορία μεγέθους 200 καταλαμβάνοντας το 50,8%, ακολούθησε η κατηγορία μεγέθους 270 με 36,2% και το 13,3% των καρπών ανήκε στην κατηγορία μεγέθους 150 (Πίν. 3.5.5).

Πίνακας 3.5.5. Ποσότητα καρπών ανά κατηγορία μεγέθους ως ποσοστό % επί της συνολικής ποσότητας καρπών ανά δέντρο ελιάς ποικιλίας Καλαμών των μεταχειρίσεων του μάρτυρα, της λίπανσης με Κ στο έδαφος και της διαφυλλικής εφαρμογής Κ στις 30/11/2022.

Μεταχείριση	Κατηγορία 150	Κατηγορία 200	Κατηγορία 270
	Ποσοστό % της συνολικής παραγωγής ανά δέντρο		
Μάρτυρας	10,8	45,6	43,5
Έδαφος Κ	15,4	53,0	31,6
Διαφυλλικά Κ	13,3	50,8	36,2

3.3. Ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών ανά κατηγορία μεγέθους

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών ανά κατηγορία μεγέθους.

Ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών κατηγορίας μεγέθους 150

Στην κατηγορία μεγέθους 150 η παράμετρος L^* του χρώματος του επικαρπίου παρουσίασε την υψηλότερη τιμή στη μεταχείριση που εφαρμόστηκε επιπλέον λίπανση καλίου στο έδαφος και τη μικρότερη τιμή στον μάρτυρα. Οι καρποί της μεταχείρισης

της διαφυλλικής εφαρμογής καλίου είχαν ενδιάμεση τιμή της παραμέτρου L^* του χρώματος του επικαρπίου και δεν διέφερε από τις άλλες δύο μεταχειρίσεις.

Η παράμετρος του χρώματος C^* του επικαρπίου δεν παρουσίασε αξιοσημείωτες διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων.

Η παράμετρος του χρώματος Hue του επικαρπίου παρουσίασε την υψηλότερη τιμή στη μεταχείριση που εφαρμόστηκε κάλιο διαφυλλικά, ακολούθησε ο μάρτυρας, ενώ τη μικρότερη τιμή παρουσίασε η μεταχείριση της εφαρμογής καλίου στο έδαφος. (Πιν. 3.5.6).

Πίνακας 3.5.6. Χρώμα L^* , C^* και Hue των καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών της κατηγορίας μεγέθους 150 των μεταχειρίσεων του μάρτυρα, της λίπανσης με K στο έδαφος και της διαφυλλικής εφαρμογής K στις 22/11/2022.

Μεταχείριση	L^*	C^*	Hue
Μάρτυρας	29,0b	0,80	38,7b
Έδαφος K	30,3a	0,79	16,4c
Διαφυλλικά K	29,3ab	0,63	51,8a
Σημαντικότητα			
Μεταχείριση	*	NS	*

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

Στην κατηγορία μεγέθους 150, το βάρος καρπού ήταν παρόμοιο μεταξύ των μεταχειρίσεων. Όσον αφορά τις διαστάσεις των καρπών, το μήκος καρπού της μεταχείρισης που εφαρμόστηκε κάλιο διαφυλλικά και του μάρτυρα δεν διέφερε, ενώ σημαντικά μεγαλύτερη τιμή παρουσίασε η μεταχείριση της εφαρμογής καλίου στο έδαφος. Το πλάτος καρπού δεν παρουσίασε αξιοσημείωτες διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων.

Τελικά, ο λόγος μήκος/πλάτος καρπού της διαφυλλικής εφαρμογής καλίου παρουσίασε παρόμοια τιμή με τον μάρτυρα και ήταν μεγαλύτερος σε σχέση με τους καρπούς της μεταχείρισης της εφαρμογής καλίου στο έδαφος.

Το βάρος ενδοκαρπίου παρουσίασε παρόμοιες τιμές στις μεταχειρίσεις διαφυλλικής λίπανσης καλίου και λίπανσης καλίου στο έδαφος και ήταν μικρότερο σε σχέση με τον μάρτυρα (Πιν. 3.5.7).

Πίνακας 3.5.7. Βάρος, μήκος, πλάτος, λόγος μήκος/πλάτος καρπού και βάρος ενδοκαρπίου των καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών της κατηγορίας μεγέθους 150 των μεταχειρίσεων του μάρτυρα, της λίπανσης με K στο έδαφος και της διαφυλλικής εφαρμογής K στις 22/11/2022.

Μεταχείριση	Βάρος καρπού (g)	Μήκος καρπού (mm)	Πλάτος καρπού (mm)	Λόγος μήκος/πλάτος καρπού	Βάρος ενδοκαρπίου (g)
Μάρτυρας	6,55	29,8a	20,1	1,49a	0,97a
Έδαφος K	6,38	28,2b	20,1	1,40b	0,83b
Διαφυλλικά K	6,38	29,4a	20,0	1,47a	0,85b
Σημαντικότητα					
Μεταχείριση	NS	**	NS	**	***

Διαφορετικά γράμματα εντός της ίδιας στήλης δείχνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σύμφωνα με το κριτήριο Tukey ($p \leq 0,05$). Σημαντικότητα: NS μη σημαντική διαφορά, * επίπεδο σημαντικότητας 0,05, ** επίπεδο σημαντικότητας 0,01 και *** επίπεδο σημαντικότητας 0,001.

Στην κατηγορία μεγέθους 150 ο λόγος σάρκας/πυρήνα παρουσίασε παρόμοιες τιμές στις μεταχειρίσεις που εφαρμόστηκε κάλιο διαφυλλικά και στο έδαφος και σαφώς μεγαλύτερες από τις τιμές που παρουσίασε ο μάρτυρας (Πιν. 3.5.8). Το ποσοστό % της ξηράς ουσίας περικαρπίου δεν παρουσίασε αξιοσημείωτες διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων ωστόσο, οι μεταχειρίσεις που εφαρμόστηκε κάλιο είχαν ελαφρώς υψηλότερη τιμή σε σχέση με τον μάρτυρα (Πιν. 3.5.8). Το ποσοστό % ξηρού βάρους ενδοκαρπίου παρουσίασε την μικρότερη τιμή στην μεταχείριση της διαφυλλικής λίπανσης καλίου, ακολούθησε η μεταχείριση της εφαρμογής καλίου στο έδαφος, ενώ η μεγαλύτερη τιμή βρέθηκε στον μάρτυρα (Πιν. 3.5.8).

Πίνακας 3.5.8. Λόγος σάρκας/πυρήνα, ποσοστό % ξηράς ουσίας περικαρπίου και ποσοστό % ξηράς ουσίας ενδοκαρπίου των καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών της κατηγορίας μεγέθους 150 των μεταχειρίσεων του μάρτυρα, της λίπανσης με K στο έδαφος και της διαφυλλικής εφαρμογής K στις 22/11/2022.

Μεταχείριση	Λόγος σάρκας/ πυρήνα	Ποσοστό ξηρού βάρους περικαρπίου (%)	Ποσοστό ξηρού βάρους ενδοκαρπίου (%)
Μάρτυρας	5,76b	36,5	70,7a
Έδαφος Κ	6,66a	37,7	70,3ab
Διαφυλλικά Κ	6,52a	37,7	68,8b
Σημαντικότητα			
Μεταχείριση	***	NS	*

Διαφορετικά γράμματα εντός της ίδιας στήλης δείχνουν στατιστικές σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σύμφωνα με το κριτήριο Tukey ($p \leq 0,05$). Σημαντικότητα: NS μη σημαντική διαφορά, * επίπεδο σημαντικότητας 0,05 και *** επίπεδο σημαντικότητας 0,001.

Ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών κατηγορίας μεγέθους 200

Στην κατηγορία μεγέθους 200 η παράμετρος L^* του χρώματος του επικαρπίου δεν παρουσίασε αξιοσημείωτες διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων.

Στην κατηγορία μεγέθους 200 η παράμετρος C^* του χρώματος του επικαρπίου παρουσίασε μεγαλύτερη τιμή στην μεταχείριση της εφαρμογής καλίου στο έδαφος και την μικρότερη τιμή τόσο στην μεταχείριση διαφυλλικής λίπανσης καλίου όσο και στον μάρτυρα που είχαν παρόμοιες τιμές μεταξύ τους.

Στην κατηγορία μεγέθους 200 η παράμετρος Hue του χρώματος του επικαρπίου παρουσίασε παρόμοιες τιμές στην μεταχείριση διαφυλλικής λίπανσης καλίου και στον μάρτυρα αλλά μεγαλύτερες σε σχέση με την τιμή στην μεταχείριση της εφαρμογής καλίου στο έδαφος (Πιν. 3.5.9).

Πίνακας 3.5.9. Χρώμα L^* , C^* και Hue των καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών της κατηγορίας μεγέθους 200 των μεταχειρίσεων του μάρτυρα, της λίπανσης με Κ στο έδαφος και της διαφυλλικής εφαρμογής Κ στις 22/11/2022.

Μεταχείριση	L^*	C^*	Hue
Μάρτυρας	29,9	0,95b	18,4a
Έδαφος Κ	30,7	1,82a	-3,27b
Διαφυλλικά Κ	29,9	0,82b	18,9a
Σημαντικότητα			

Μεταχείριση	NS	**	*
--------------------	----	----	---

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

Στην κατηγορία μεγέθους 200 το βάρος καρπού δεν παρουσίασε αξιοσημείωτες διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων. Το μήκος καρπού παρουσίασε μεγαλύτερη τιμή στην μεταχείριση της διαφυλλικής λίπανσης καλίου, τη μικρότερη τιμή στη μεταχείριση της εφαρμογής καλίου στο έδαφος ενώ ο μάρτυρας είχε ενδιάμεση τιμή και δεν διέφερε από τις άλλες δύο μεταχειρίσεις. Το πλάτος καρπού παρουσίασε παρόμοιες τιμές στις μεταχειρίσεις διαφυλλικής λίπανσης καλίου και εφαρμογής καλίου στο έδαφος οι οποίες ήταν μεγαλύτερες σε σχέση με την τιμή που παρουσίασε ο μάρτυρας.

Ο λόγος μήκος/πλάτος καρπού παρουσίασε την μικρότερη τιμή στην μεταχείριση της εφαρμογής καλίου στο έδαφος και την μεγαλύτερη τιμή τόσο στην μεταχείριση διαφυλλικής λίπανσης καλίου όσο και στον μάρτυρα οι οποίες είχαν παρόμοιες μεταξύ τους τιμές (Πιν. 3.5.10).

Το βάρος ενδοκαρπίου παρουσίασε παρόμοιες τιμές στις μεταχειρίσεις διαφυλλικής λίπανσης καλίου και εφαρμογής καλίου στο έδαφος και μικρότερες σε σχέση με την τιμή που παρουσίασε ο μάρτυρας (Πιν. 3.5.10).

Πίνακας 3.5.10. Βάρος, μήκος, πλάτος, λόγος μήκος/πλάτος καρπού και βάρος ενδοκαρπίου των καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών της κατηγορίας μεγέθους 200 των μεταχειρίσεων του μάρτυρα, της λίπανσης με Κ στο έδαφος και της διαφυλλικής εφαρμογής Κ στις 22/11/2022.

Μεταχείριση	Βάρος καρπού (g)	Μήκος καρπού (mm)	Πλάτος καρπού (mm)	Λόγος μήκος/πλάτος καρπού	Βάρος ενδοκαρπίου (g)
Μάρτυρας	4,92	26,4ab	17,8b	1,49a	0,77a
Έδαφος Κ	4,89	26,0b	18,2a	1,43b	0,70b
Διαφυλλικά Κ	5,06	27,1a	18,2a	1,50a	0,72b
Σημαντικότητα					
Μεταχείριση	NS	*	**	**	**

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

Στην κατηγορία μεγέθους 200 οι καρποί των μεταχειρίσεων διαφυλλικής λίπανσης καλίου και εφαρμογής καλίου στο έδαφος παρουσίασαν παρόμοιο λόγο σάρκας/πυρήνα και σημαντικά μεγαλύτερο σε σχέση με τον μάρτυρα (Πιν. 3.5.11). Το ποσοστό % ξηρού βάρους περικαρπίου και το ποσοστό % ξηρού βάρους ενδοκαρπίου δεν παρουσίασαν αξιοσημείωτες διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων (Πιν. 3.5.11).

Πίνακας 3.5.11. Λόγος σάρκας/πυρήνα, ποσοστό % ξηράς ουσίας περικαρπίου και ποσοστό % ξηράς ουσίας ενδοκαρπίου των καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών της κατηγορίας μεγέθους 200 των μεταχειρίσεων του μάρτυρα, της λίπανσης με Κ στο έδαφος και της διαφυλλικής εφαρμογής Κ στις 22/11/2022.

Μεταχείριση	Λόγος σάρκας/ πυρήνα	Ποσοστό ξηρού βάρους περικαρπίου (%)	Ποσοστό ξηρού βάρους ενδοκαρπίου (%)
Μάρτυρας	5,41b	37,5	70,8
Διαφυλλικά Κ	5,98a	38,6	70,2
Έδαφος Κ	6,00a	38,6	70,8
Σημαντικότητα			
Μεταχείριση	***	NS	NS

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

Σημαντικότητα: NS μη σημαντική διαφορά, * επίπεδο σημαντικότητας 0,05, ** επίπεδο σημαντικότητας 0,01 και *** επίπεδο σημαντικότητας 0,001.

Ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών κατηγορίας μεγέθους 270

Στην κατηγορία μεγέθους 270 η παράμετρος L^* του χρώματος του επικαρπίου δεν παρουσίασε αξιοσημείωτες διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων.

Στην κατηγορία μεγέθους 270 η παράμετρος C^* του χρώματος του επικαρπίου παρουσίασε την μικρότερη τιμή στην μεταχείριση διαφυλλικής λίπανσης καλίου ενώ την μεγαλύτερη τιμή παρουσίασε ο μάρτυρας. Η μεταχείριση της εφαρμογής καλίου στο έδαφος είχε ενδιάμεση τιμή με τις άλλες μεταχειρίσεις.

Στην κατηγορία μεγέθους 270 η παράμετρος Hue του χρώματος του επικαρπίου παρουσίασε την μεγαλύτερη τιμή στην μεταχείριση διαφυλλικής λίπανσης καλίου, ακολούθησε ο μάρτυρας, ενώ η μικρότερη τιμή βρέθηκε στην μεταχείριση εφαρμογής καλίου (Πίν. 3.5.12).

Πίνακας 3.5.12. Χρώμα L*, C* και Hue των καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών ίδιας κατηγορίας μεγέθους 270 των μεταχειρίσεων του μάρτυρα, ίδιας λίπανσης με Κ στο έδαφος και ίδιας διαφυλλικής εφαρμογής Κ ίδιας 22/11/2022.

Μεταχείριση	L*	C*	Hue
Μάρτυρας	30,0	1,73a	8,04ab
Έδαφος Κ	30,7	1,55ab	-1,82b
Διαφυλλικά Κ	30,0	1,12b	15,7a
Σημαντικότητα			
Μεταχείριση	NS	*	*

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

Στην κατηγορία μεγέθους 270 το βάρος καρπού, το μήκος καρπού, το πλάτος καρπού, ο λόγος μήκος/πλάτος καρπού και το βάρος ενδοκαρπίου δεν παρουσίασαν αξιοσημείωτες διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων (Πίν. 3.5.13).

Πίνακας 3.5.13. Βάρος, μήκος, πλάτος, λόγος μήκος/πλάτος καρπού και βάρος ενδοκαρπίου των καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών της κατηγορίας μεγέθους 270 των μεταχειρίσεων του μάρτυρα, της λίπανσης με Κ στο έδαφος και της διαφυλλικής εφαρμογής Κ στις 22/11/2022.

Μεταχείριση	Βάρος καρπού (g)	Μήκος καρπού (mm)	Πλάτος καρπού (mm)	Λόγος μήκος/πλάτος καρπού	Βάρος ενδοκαρπίου (g)
Μάρτυρας	3,44	23,8	15,8	1,51	0,58
Έδαφος Κ	3,45	23,5	16,0	1,47	0,55
Διαφυλλικά Κ	3,43	23,6	15,8	1,50	0,56
Σημαντικότητα					

Μεταχείριση	NS	NS	NS	NS	NS
--------------------	----	----	----	----	----

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

Στην κατηγορία μεγέθους 270 ο λόγος σάρκας/πυρήνα δεν παρουσίασε αξιοσημείωτες διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων. Το ποσοστό % ξηράς ουσίας περικαρπίου παρουσίασε μεγαλύτερη τιμή στην μεταχείριση εφαρμογής καλίου στο έδαφος, ακολούθησε η μεταχείριση της διαφυλλικής εφαρμογής καλίου, ενώ η μικρότερη τιμή βρέθηκε στον μάρτυρα. Το ποσοστό % ξηράς ουσίας ενδοκαρπίου παρουσίασε την μικρότερη τιμή στην μεταχείριση διαφυλλικής λίπανσης. Η μεταχείριση εφαρμογής καλίου στο έδαφος παρουσίασε παρόμοια τιμή με τον μάρτυρα (Πιν. 3.5.14).

Πίνακας 3.5.14. Λόγος σάρκας/πυρήνα, ποσοστό % ξηράς ουσίας περικαρπίου και ποσοστό % ξηράς ουσίας ενδοκαρπίου των καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών της κατηγορίας μεγέθους 270 των μεταχειρίσεων του μάρτυρα, της λίπανσης με K στο έδαφος και της διαφυλλικής εφαρμογής K στις 22/11/2022.

Μεταχείριση	Λόγος σάρκας/ πυρήνα	Ποσοστό ξηράς ουσίας περικαρπίου (%)	Ποσοστό ξηράς ουσίας ενδοκαρπίου (%)
Μάρτυρας	4,95	35,9b	68,8a
Έδαφος K	5,26	38,2a	69,4a
Διαφυλλικά K	5,20	36,4ab	67,0b
Σημαντικότητα			
Μεταχείριση	NS	**	***

Διαφορετικά γράμματα εντός της ίδιας στήλης δείχνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σύμφωνα με το κριτήριο Tukey ($p \leq 0,05$). Σημαντικότητα: NS μη σημαντική διαφορά, ** επίπεδο σημαντικότητας 0,01 και *** επίπεδο σημαντικότητας 0,001.

3.4. Αντιοξειδωτικά χαρακτηριστικά καρπών

Οι μετρήσεις των αντιοξειδωτικών χαρακτηριστικών των καρπών περιλάμβαναν τη συγκέντρωση σε ολικά φαινολικά συστατικά και την ολική αντιοξειδωτική ικανότητα. Η συγκέντρωση ολικών φαινολικών συστατικών και η αντιοξειδωτική ικανότητα με τη

μέθοδο DPPH των καρπών ελιάς δεν παρουσίασαν αξιοσημείωτες διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων (Πιν. 3.5.15).

Πίνακας 3.5.15. Συγκέντρωση ολικών φαινολικών συστατικών και αντιοξειδωτική ικανότητα DPPH των καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών των μεταχειρίσεων του μάρτυρα, της λίπανσης με K στο έδαφος και της διαφυλλικής εφαρμογής K στις 23/11/2022.

Μεταχείριση	Ολικά φαινολικά (ισοδύναμα γαλλικού οξέος mg/g ν.β.)	Αντιοξειδωτική ικανότητα DPPH (ισοδύναμα ασκορβικού οξέος μmol/g ν.β.)
Μάρτυρας	4,29	23,7
Έδαφος K	4,46	23,2
Διαφυλλικά K	4,20	25,6
Σημαντικότητα Μεταχείριση	NS	NS

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

3.5. Συγκέντρωση των φύλλων ελιάς σε κάλιο και ασβέστιο

Η συγκέντρωση των φύλλων ελιάς σε κάλιο μειώθηκε ελαφρώς από τις 21/7/2022 έως τις 28/1/2023 σε όλες τις μεταχειρίσεις αλλά η μεταβολή δεν ήταν σημαντική. Ομοίως η συγκέντρωση των φύλλων σε ασβέστιο ήταν παρόμοια μεταξύ των ημερομηνιών σε όλες τις μεταχειρίσεις.

Η συγκέντρωση των φύλλων ελιάς σε κάλιο δεν διέφερε μεταξύ των μεταχειρίσεων ωστόσο, στις 28/1/2023 τα φύλλα των μεταχειρίσεων που εφαρμόστηκε κάλιο στο έδαφος ή διαφυλλικά είχαν ελαφρώς υψηλότερη συγκέντρωση κάλιο συγκριτικά με τον μάρτυρα (Πίν. 3.5.16).

Η συγκέντρωση των φύλλων ελιάς σε ασβέστιο ήταν παρόμοια μεταξύ των μεταχειρίσεων και στις δύο ημερομηνίες δειγματοληψίας, 21/07/2022 και 28/01/2023 (Πίν. 3.5.16).

Πίνακας 3.5.16 . Συγκέντρωση των φύλλων ελιάς ποικιλίας Καλαμών σε K και Ca στις 21 Ιουλίου 2022 και στις 28 Ιανουαρίου 2023 των μεταχειρίσεων του μάρτυρα, της λίπανσης με K στο έδαφος και της διαφυλλικής εφαρμογής K.

Ημερομηνία	Μεταχείριση	K (%)	Ca (%)
------------	-------------	-------	--------

21 Ιουλίου 2022	Μάρτυρας	1,01ab	1,10
	Έδαφος K	1,03a	1,50
	Διαφυλλικά K	0,93ab	1,52
28 Ιανουαρίου 2023	Μάρτυρας	0,77b	1,54
	Έδαφος K	0,88ab	1,64
	Διαφυλλικά K	0,88ab	1,80
Σημαντικότητα			
Μεταχείριση		*	NS

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

3.6. Συγκέντρωση των καρπών ελιάς σε K

Στη συγκομιδή, η συγκέντρωση των καρπών ελιάς σε K ήταν υψηλότερη στη μεταχείριση της διαφυλλικής λίπανσης με κάλιο, ακολούθησε η μεταχείριση της λίπανσης με K στο έδαφος ενώ τη μικρότερη συγκέντρωση είχαν οι καρποί του μάρτυρα (Πίν. 3.5.17).

Πίνακας 3.5.17. Συγκέντρωση των καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών σε K των μεταχειρίσεων του μάρτυρα, της λίπανσης με K στο έδαφος και της διαφυλλικής εφαρμογής K στη συγκομιδή.

Μεταχείριση	K (%)
Μάρτυρας	0,93c
Έδαφος K	1,05b
Διαφυλλικά K	1,14a
Σημαντικότητα	
Μεταχείριση	**

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

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η λίπανση της ελιάς αποσκοπεί στην κάλυψη των αναγκών της καλλιέργειας σε θρεπτικά στοιχεία, τη διατήρηση της γονιμότητας του εδάφους, τη σταθερή παραγωγή ετησίως, τη μείωση της παρεννιαυτοφορίας και την παραγωγή ποιοτικών προϊόντων ελιάς. Η ορθολογική λίπανση της ελιάς βασίζεται στην εφαρμογή των θρεπτικών στοιχείων στα κρίσιμα στάδια της καλλιέργειας, με την πιο αποτελεσματική μέθοδο, με τα κατάλληλα λιπάσματα και στις κατάλληλες ποσότητες. Η πιο συνήθης πρακτική λίπανσης στην ελιά που ακολουθούν οι ελαιοπαραγωγοί είναι η βασική λίπανση στα τέλη του χειμώνα εμπειρικά με τη χρήση σύνθετων λιπασμάτων, ενώ σπάνια πραγματοποιούν εδαφολογικές αναλύσεις και φυλλοδιαγνωστικές. Σημαντικές ποσότητες θρεπτικών αφαιρούνται από τους ελαιώνες οι οποίες μέσω της λίπανσης θα έπρεπε να αναπληρώνονται. Το κάλιο είναι από τα σημαντικότερα θρεπτικά στοιχεία για την ελιά και ιδιαίτερα υψηλές είναι οι ανάγκες στο στοιχείο αυτό ιδιαίτερα από τον Ιούλιο και μετά που αναπτύσσεται ο καρπός και λαμβάνει χώρα η ελαιογένεση (Ψαρράς 2017). Ειδικά για το κάλιο από έναν ελαιώνα αφαιρούνται ετησίως 0,95 kg K/100 kg καρπού, 0,56 kg K/100 kg φύλλα και 0,39 kg K/100 kg ξύλου (Θεριός 2021).

Το κάλιο αναφέρεται ότι συμβάλλει στη βελτίωση του μεγέθους του καρπού της ελιάς και του λόγου σάρκας προς πυρήνα, χαρακτηριστικά ιδιαίτερα σημαντικά για την παραγωγή βρώσιμης ελιάς. Σκοπός της πτυχιακής εργασίας ήταν η βελτίωση του μεγέθους του καρπού της ελιάς ποικιλίας Καλαμών για αύξηση της εμπορικής της αξίας ως βρώσιμη ελιά. Για τον σκοπό αυτό μελετήθηκε η επίδραση μιας διαφοροποιημένης από την εφαρμοζόμενη από τον παραγωγό λίπανσης με κάλιο στην παραγωγικότητα, τα χαρακτηριστικά των φύλλων, τη θρεπτική κατάσταση και την ποιότητα του ελαιόκαρπου δένδρων ελιάς ποικιλίας Καλαμών. Η διαφοροποιημένη λίπανση με κάλιο έγινε με δύο τρόπους: εφαρμογή καλίου στο έδαφος σε τρεις δόσεις από τα τέλη Ιουνίου έως τα τέλη Αυγούστου και διαφυλλική εφαρμογή καλίου σε τρεις δόσεις από τα τέλη Ιουνίου έως τα τέλη Αυγούστου. Στις τρεις μεταχειρίσεις του πειράματος εφαρμόστηκαν οι εξής ποσότητες αζώτου, φωσφόρου και καλίου: στον μάρτυρα (λίπανση που εφάρμοσε ο παραγωγός) ως βασική λίπανση σε μία δόση στα τέλη του χειμώνα προστέθηκαν συνολικά 8 kg N, 8 kg P₂O₅, 8 kg K₂O ανά στρέμμα. Στη μεταχείριση της επιπλέον λίπανσης με κάλιο στο έδαφος εφαρμόστηκαν σε όλη την καλλιεργητική περίοδο 8,87 kg N, 8 kg P₂O₅, 17,19 kg K₂O με το 53,4% του καλίου να εφαρμόζεται επιφανειακά στο έδαφος από τα τέλη Ιουνίου έως τα τέλη Αυγούστου.

Στη μεταχείριση της επιπλέον διαφυλλικής λίπανσης με κάλιο, σε όλη την καλλιεργητική περίοδο εφαρμόστηκαν 9,11 kg N, 8 kg P₂O₅, 11,94 kg K₂O με το 33,1% του καλίου να εφαρμόζεται διαφυλλικά από τα τέλη Ιουνίου έως τα τέλη Αυγούστου.

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, Tränkner et al. 2018). Στο πείραμά μας η επιπλέον λίπανση με κάλιο δεν επηρέασε τη συγκέντρωση των φύλλων σε χλωροφύλλη, ούτε το ειδικό βάρος φύλλου, αλλά αύξησε σημαντικά το ποσοστό ξηράς ουσίας στα φύλλα. Η μεταφορά και η συσσώρευση ξηράς ουσίας στα φύλλα συνδέεται με τον αυξημένο ρυθμό φωτοσύνθεσης και πιθανόν η λίπανση με κάλιο να συνέβαλε στην αύξηση της φωτοσύνθεσης. Σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε ποικιλίες ελιάς Mission, Koroneiki και Dezfuli παρατηρήθηκε αύξηση της συγκέντρωσης χλωροφύλλης στα φύλλα μετά τις λιπάνσεις με κάλιο (Zivdar et al. 2016).

Η επιπλέον λίπανση με κάλιο είτε στο έδαφος είτε διαφυλλικά είχε θετική επίδραση στην παραγωγικότητα των δέντρων και οδήγησε σε αύξηση της παραγωγής ανά δέντρο και ανά μονάδα επιφάνειας διατομής κορμού συγκριτικά με τον μάρτυρα. Ειδικά η μεταχείριση της λίπανσης με κάλιο διαφυλλικά είχε την υψηλότερη παραγωγικότητα από όλες τις μεταχειρίσεις. Γενικά το έτος υλοποίησης του πειράματος τα ελαιόδεντρα είχαν πολύ υψηλή παραγωγή. Το γεγονός αυτό μπορεί να οδηγήσει σε καρπούς μικρότερου μεγέθους με συνέπεια τη χαμηλότερη τιμή εμπορίας των καρπών. Παρατηρήθηκε ότι και στις τρεις μεταχειρίσεις το μεγαλύτερο ποσοστό της παραγωγής βρέθηκε στην κατηγορία μεγέθους 200 (μέσο βάρος καρπού των τριών μεταχειρίσεων 4,96 g) με ποσοστά 45,6%, 53,0% και 50,8% για τον μάρτυρα, τη λίπανση καλίου στο έδαφος και τη διαφυλλική λίπανση καλίου αντίστοιχα. Ακολούθησε η κατηγορία 270 (μέσο βάρος καρπού των τριών μεταχειρίσεων 3,44 g) με ποσοστά 43,6%, 31,6% και 36,2% και τελευταία με μικρότερα ποσοστά η κατηγορία 150 (μέσο βάρος καρπού των τριών μεταχειρίσεων 6,44 g) έχοντας 10,8%, 15,4% και 13,3% για τον μάρτυρα, την λίπανση καλίου στο έδαφος και την διαφυλλική λίπανση καλίου αντίστοιχα. Όπως φαίνεται η λίπανση με κάλιο οδήγησε σε μεγαλύτερο μέγεθος καρπών αφού στην κατηγορία μεγέθους 150 οι μεταχειρίσεις της λίπανσης με κάλιο είχαν μεγαλύτερη ποσότητα καρπών σε σχέση με τον μάρτυρα και ειδικά η λίπανση καλίου στο έδαφος. Στον μάρτυρα, που ήταν η λίπανση που εφάρμοσε ο παραγωγός, το μεγαλύτερο ποσοστό της παραγόμενης ποσότητας ανήκε στη μικρότερη κατηγορία μεγέθους

καρπού. Σε παρόμοιο πείραμα που διεξήχθη στην Τουρκία σε ελιές ποικιλίας Memecik, πραγματοποιήθηκε εφαρμογή νιτρικού καλίου διαφυλλικά και στο έδαφος το καλοκαίρι και συγκεκριμένα δύο φορές, μία αμέσως μετά την καρπόδεση και η δεύτερη την περίοδο σκλήρυνσης του πυρήνα (περίπου 20 ημέρες διαφορά μεταξύ τους). Στα αποτελέσματα του πειράματος διαπιστώθηκε ότι η εφαρμογή του νιτρικού καλίου διαφυλλικά έδρασε θετικά στα ελαιόδεντρα και παρατηρήθηκε αύξηση στο μέγεθος του καρπού, στο νωπό βάρος τους και στον λόγο σάρκας/πυρήνα (Dikmelik et al. 1999). Επίσης, η διαφυλλική λίπανση με νιτρικό κάλιο κατά τη δεύτερη και τρίτη φάση ανάπτυξης του ελαιόκαρπου βρέθηκε να βελτιώνει το μέγεθος του καρπού και τον λόγο σάρκας προς πυρήνα, ενώ η ποιότητα του ελαιόλαδου ελάχιστα επηρεάστηκε (Inglese et al. 2002).

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). Στην ελιά Καλαμών οι καρποί εκτιμώνται ιδιαίτερα λόγω το μεγάλου μεγέθους του καρπού, το ελλειπτικό τους σχήμα, τη συνεκτική υφή, το φυσικό μαύρο χρώμα τους, τη γεύση τους και τη διαδικασία ζύμωσης που συμβαίνει στην άλμη χωρίς άλλη προσθήκη χημικών ουσιών (Tsantili 2014). Στην παρούσα διατριβή, το χρώμα του επικαρπίου των ελαιόκαρπων επηρεάστηκε από την επιπλέον λίπανση με κάλιο αλλά και από τη διαφορετική μέθοδο εφαρμογής του καλίου. Οι καρποί των δέντρων που εφαρμόστηκε λίπανση με κάλιο στο έδαφος είχαν πάντα τη μικρότερη τιμή Hue και συνήθως την υψηλότερη τιμή C* ενώ οι καρποί της μεταχείρισης της διαφυλλικής λίπανσης με κάλιο είχαν την υψηλότερη τιμή Hue και συνήθως τη χαμηλότερη τιμή C*. Στην παρούσα μελέτη η μεταχείριση της λίπανσης με κάλιο στο έδαφος βελτίωσε το χρώμα των καρπών οδηγώντας σε καρπούς με πιο έντονο μελανοϊώδες χρώμα σε σχέση με τις άλλες μεταχειρίσεις. Το χρώμα των καρπών της ελιάς μεταβάλλεται με την ωρίμανση από πράσινο σε ιώδες, μελανοϊώδες και μαύρο με την παράλληλη αύξηση της συγκέντρωσης των ανθοκυανών. Επίσης, είναι ιδιαίτερα γνωστό ότι το κάλιο συμβάλλει στον καλύτερο χρωματισμό διάφορων φρούτων και καρπών ενισχύοντας τον σχηματισμό χρωστικών ουσιών όπως για παράδειγμα των ανθοκυανών (Karanjeen et al., 2019). Ενδεχομένως βέβαια η λίπανση με κάλιο στο έδαφος να προήγαγε την ωρίμανση των καρπών. Οι Mimoun et al. (2004) ανέφεραν ότι οι διαφυλλικές εφαρμογές καλίου στην ελιά προήγαγαν την ωρίμανση

των καρπών. Στην περίπτωση μας η μεταβολή αυτή ήταν πιο ξεκάθαρη στη μεταχείριση της λίπανσης με κάλιο στο έδαφος και όχι στην περίπτωση της διαφυλλικής εφαρμογής.

Στη μέτρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών βρέθηκε ότι το βάρος του καρπού ήταν παρόμοιο μεταξύ των μεταχειρίσεων. Όπως προαναφέρθηκε η επιλογή των καρπών έγινε με διαλογέα οπότε ήταν αναμενόμενο οι καρποί να είναι παρόμοιου μεγέθους σε κάθε κατηγορία. Ο καρπός της ποικιλίας Καλαμών έχει σχήμα κυλινδρικό και το βάρος του κυμαίνεται από 3 έως 6 g (Kailis and Harris 2007). Οι καρποί στις τρεις κατηγορίες μεγέθους του πειράματος είχαν βάρος 3,44 g, 4,96 g και 6,44 g αντίστοιχα. Στην Ελλάδα εμπορικά η κατάταξη των καρπών ελιάς βασίζεται σε μία κλίμακα 13 βαθμών σύμφωνα με τον αριθμό καρπών ανά kg του τελικού προϊόντος, που κυμαίνεται από 91-100 ελιές ανά kg έως 351-380 ελιές (Tsantili 2014). Οι ελιές Καλαμών ανήκουν στο μεσαίο μέγεθος αυτής της κλίμακας και γι' αυτόν το λόγο στο πείραμα χρησιμοποιήθηκε η κλίμακα 150, 200 και 270 .

Το σχήμα του καρπού μετριέται με τον λόγο μήκος προς πλάτος καρπού (Rallo et al. 2018). Παρατηρήθηκε ότι οι καρποί της μεταχείρισης της εφαρμογής καλίου στο έδαφος είχαν τον μικρότερο λόγο μήκος/πλάτος καρπού στις κατηγορίες μεγέθους 150 και 200 σε σχέση με τις άλλες μεταχειρίσεις λόγω του μικρότερου μήκους καρπού.

Χαρακτηριστικό ήταν το μικρότερο βάρος ενδοκαρπίου στις μεταχειρίσεις που εφαρμόστηκε επιπλέον κάλιο σε σχέση με τον μάρτυρα τόσο στην κατηγορία μεγέθους 150 όσο και στην κατηγορία 200. Ως αποτέλεσμα οι καρποί ελιάς των μεταχειρίσεων που εφαρμόστηκε κάλιο διαφυλλικά και στο έδαφος είχαν σαφώς μεγαλύτερο λόγο σάρκας προς πυρήνα σε σχέση με τον μάρτυρα στις κατηγορίες μεγέθους 150 και 200. Ομοίως, σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε σε ελαιώνες στην Τυνησία οι διαφυλλικές λιπάνσεις καλίου αύξησαν το βάρος και τον λόγο σάρκας προς πυρήνα των καρπών (Mimoun et al. 2004). Οι Rosati et al. (2015) βρήκαν ότι η ισορροπημένη λίπανση αζώτου και καλίου στην ελιά οδήγησε σε καρπούς υψηλότερου βάρους και υψηλότερης ξηράς ουσίας, με μεγαλύτερο λόγο σάρκας προς πυρήνα καθώς και με μεγαλύτερη ελαιοπεριεκτικότητα επί του ξηρού βάρους.

Το ποσοστό % της ξηράς ουσίας περικαρπίου ήταν ελαφρώς υψηλότερο στις μεταχειρίσεις που εφαρμόστηκε επιπλέον λίπανση με κάλιο σε σχέση με τον μάρτυρα ενώ στην κατηγορία μεγέθους 270 ήταν σημαντικά υψηλότερο με τη μέγιστη τιμή στην λίπανση με κάλιο στο έδαφος.

Οι βρώσιμες ελιές περιέχουν αρκετά συστατικά με ιδιαίτερη διατροφική αξία. Συγκεκριμένα οι καρποί της ελιάς περιέχουν 60-68% νερό, 12-28% έλαιο, 8-12% υδατάνθρακες, 0,7-2% πρωτεΐνες, φυτικές ίνες, βιταμίνες όπως η α-τοκοφερόλη και ανόργανα στοιχεία. Οι βρώσιμες ελιές είναι επίσης σημαντική πηγή πολυφαινολών με τη συγκέντρωση να κυμαίνεται περίπου 2-3% επί του νωπού βάρους καρπών (Κυριτσάκης 2007). Οι φαινολικές ενώσεις είναι δευτερογενείς μεταβολίτες και η γεύση τους και οι ευεργετικές στην υγεία ιδιότητές τους επηρεάζουν την εμπορική αξία των προϊόντων ελιάς (Visioli et al. 2002). Σε μεγαλύτερη αφθονία βρίσκονται οι φαινολικές ενώσεις ελευρωπαΐνη (στην οποία οφείλεται η πικράδα του ελαιόκαρπου) και η υδροτυροσόλη (Κυριτσάκης 2007). Στην παρούσα έρευνα η συγκέντρωση των καρπών σε φαινολικά συστατικά και η αντιοξειδωτική τους ικανότητα δεν επηρεάστηκαν από την ποσότητα ή από τη μέθοδο εφαρμογής του καλίου. Σε πείραμα στην Τυνησία οι διαφυλλικές λιπάνσεις με κάλιο στην ελιά αύξησαν τη συγκέντρωση των πολυφαινολών στους καρπούς (Mimoun et al. 2004). Είναι γνωστό ότι οι καρποί της ελιάς καθώς ωριμάζουν η συγκέντρωσή τους σε πολυφαινόλες μειώνεται σημαντικά. Σε πλήρως ώριμους μαύρους καρπούς η συγκέντρωση σε ελευρωπαΐνη σχεδόν μηδενίζεται ενώ η συγκέντρωση σε ανθοκυάνες αυξάνεται (Kailis and Harris 2007).

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, 0,01-0,13% θειάφι, 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). Στη συγκεκριμένη μελέτη η συγκέντρωση των καρπών ελιάς σε κάλιο αυξήθηκε σημαντικά με την επιπλέον της βασικής εφαρμογή καλίου κατά την περίοδο της έντονης αύξησης του καρπού σε σχέση με τον μάρτυρα που εφαρμόστηκε βασική λίπανση με κάλιο τον Φεβρουάριο. Ιδιαίτερα αποτελεσματική ήταν διαφυλλική λίπανση με κάλιο σε σχέση με την επιφανειακή λίπανση με κάλιο στο έδαφος αν και με τη διαφυλλική εφαρμογή προστέθηκαν λιγότερες μονάδες καλίου. Το κάλιο είναι το στοιχείο που απαντάται στις υψηλότερες συγκεντρώσεις στον ελαιόκαρπο και σημαντικές ποσότητες απομακρύνονται με τη συγκομιδή. Στο συγκεκριμένο πείραμα η συγκέντρωση του περικαρπίου των ελαιόκαρπων της ποικιλίας Καλαμών κυμάνθηκε από 0,93 έως 1,14% μεταξύ των μεταχειρίσεων.

Όσον αφορά τη θρεπτική κατάσταση των φύλλων, αυτά είχαν επάρκεια σε κάλιο και τις δύο περιόδους δειγματοληψίας (τέλη Ιουλίου 2022 και τέλη Ιανουαρίου 2023) εκτός από τα φύλλα του μάρτυρα που στα τέλη Ιανουαρίου ήταν οριακά σε έλλειψη (Fernández-Escobar et al. 2007). Τον Ιούλιο είχε εφαρμοστεί μία δόση καλίου, από τις προτεινόμενες των μεταχειρίσεων, και δεν βρέθηκε να επηρεάζει τη συγκέντρωση των φύλλων σε κάλιο σε σχέση με τον μάρτυρα. Τον Ιανουάριο παρατηρήθηκε σχετική μείωση της συγκέντρωσης καλίου στα φύλλα της κάθε μεταχείρισης με τις μεγαλύτερες απώλειες (οι πειραματικές μεταχειρίσεις δεν παρουσίασαν μεταξύ τους σημαντική διαφορά) να είναι στον μάρτυρα. Τον Ιανουάριο όμως, μετά την περίοδο συγκομιδής των καρπών, αποδείχθηκε ότι η επιπλέον εφαρμογή καλίου το καλοκαίρι συνέβαλε σημαντικά στο να παραμείνει η συγκέντρωση του καλίου σε επίπεδα επάρκειας παρά το γεγονός ότι οι εκροές καρπών ήταν σημαντικά υψηλότερες στις μεταχειρίσεις που εφαρμόστηκε επιπλέον κάλιο. Ωστόσο, δεν ήταν στατιστικώς σημαντική η αύξηση στη συγκέντρωση καλίου των φύλλων που εφαρμόστηκε επιπλέον κάλιο σε σχέση με τον μάρτυρα. Αντίθετα οι καρποί αντέδρασαν σημαντικά θετικά στην επιπλέον λίπανση με κάλιο παρουσιάζοντας αυξημένη συγκέντρωση καλίου σε σχέση με τον μάρτυρα.

Έχει αναφερθεί ότι οι εκροές καλίου είναι οι μεγαλύτερες στην καλλιέργεια της ελιάς και απομακρύνονται περίπου 4,5 g K/kg ελαιόκαρπων (Fernández-Escobar et al. 2007). Σύμφωνα με έρευνες που έχουν γίνει, οι διαφυλλικές λιπάνσεις με κάλιο στην ελιά αύξησαν την περιεκτικότητα καλίου στα φύλλα (Inglese et al. 2002, Mimoun et al. 2004, Restrepo-Díaz et al. 2009). Οι διαφυλλικές εφαρμογές με άλατα καλίου (KCl, K₂SO₄, KNO₃, K₂CO₃, and KH₂PO₄) βρέθηκαν να αυξάνουν αποτελεσματικά τη συγκέντρωση των φύλλων σε κάλιο και οι διαφυλλικές εφαρμογές ήταν πιο αποτελεσματικές στα νεαρά φύλλα (Restrepo-Díaz et al. 2009). Διάφοροι παράγοντες μπορεί να επηρεάσουν την πρόσληψη του καλίου διαφυλλικά όπως ηλικία φύλλου, τύπος άλατος και συγκέντρωση, αριθμός διαφυλλικών εφαρμογών και θρεπτική κατάσταση δέντρων (Restrepo-Díaz et al. 2009).

Από τα ανόργανα στοιχεία μετρήθηκε επίσης η συγκέντρωση των φύλλων των ελαιόδεντρων σε ασβέστιο. Στο πείραμα δεν έγινε κάποια επέμβαση με ασβέστιο. Ωστόσο, το ασβέστιο στα φύλλα ελιάς ήταν σε επάρκεια τόσο πριν όσο και μετά τη συγκομιδή. Παρά τη μεγάλη παραγωγή των δέντρων και την αφαίρεση τεράστιας ποσότητας καρπών από τα δέντρα, η συγκέντρωση ασβεστίου στα φύλλα παρέμεινε σταθερή χωρίς στατιστικώς σημαντικές διαφορές. Είναι γεγονός ότι σπάνια παρατηρείται έλλειψη ασβεστίου σε ελαιώνες όπου τα εδάφη έχουν pH>7 που

θεωρούνται και τα καταλληλότερα για την καλλιέργεια της ελιάς (Ψαρράς 2017). Η αφαίρεση των καρπών που περιέχουν ασβέστιο στον πυρήνα, στη σάρκα και στον φλοιό δεν μείωσε τις συγκεντρώσεις ασβεστίου από τα φύλλα όπως συνέβη σε πείραμα στο Ισραήλ όπου μετά την συγκομιδή παρατηρήθηκε μείωση της συγκέντρωσης στα φύλλα (Amnon Bastan et al. 2013). Οι μεγαλύτερες ποσότητες ασβεστίου παρατηρούνται στις ρίζες του φυτού ενώ τα φύλλα περιέχουν συγκέντρωση ασβεστίου 1,0%-2,5% (Θερίος 2005).

Συγκρίνοντας τις μεθόδους λίπανσης είναι ξεκάθαρο ότι η βασική λίπανση με κάλιο δεν ήταν επαρκής αφού τα δέντρα αντέδρασαν θετικά στην επιπλέον καλιούχο λίπανση που εφαρμόστηκε είτε στο έδαφος είτε διαφυλλικά σταδιακά από τα τέλη Ιουνίου έως τα τέλη Αυγούστου οδηγώντας σε αύξηση της παραγωγικότητάς τους. Με την εφαρμογή καλίου στο έδαφος προστέθηκε 44% περισσότερο κάλιο σε σχέση με τη διαφυλλική εφαρμογή καλίου. Η επιπλέον λίπανση στο έδαφος είχε πιο θεαματικά αποτελέσματα ως προς το μέγεθος και το χρώμα του καρπού σε σχέση με τη διαφυλλική λίπανση. Ωστόσο, η διαφυλλική λίπανση με κάλιο βρέθηκε να είναι πιο αποτελεσματική στην τροφοδοσία των καρπών σε κάλιο και αύξησε περισσότερο την παραγωγικότητα των δένδρων. Γενικά η διαφυλλική λίπανση θεωρείται μία αξιόπιστη μέθοδος προκειμένου να επιτευχθεί γρήγορη απόκριση των οπωροφόρων δέντρων στη λίπανση (Restrepo-Diaz et al. 2009).

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Πολλά σημαντικά συμπεράσματα προέκυψαν από την παρούσα πτυχιακή εργασία:

- Η επιπλέον λίπανση με κάλιο δεν επηρέασε τη συγκέντρωση των φύλλων σε χλωροφύλλη, ούτε το ειδικό βάρος φύλλου, αλλά αύξησε σημαντικά το ποσοστό ξηράς ουσίας στα φύλλα.
- Η επιπλέον λίπανση με κάλιο είτε στο έδαφος είτε διαφυλλικά είχε θετική επίδραση στην παραγωγικότητα των δέντρων και οδήγησε σε αύξηση της παραγωγής ανά δέντρο και ανά μονάδα επιφάνειας διατομής κορμού συγκριτικά με τον μάρτυρα και ειδικά η διαφυλλική λίπανση καλίου.
- Η λίπανση με κάλιο οδήγησε σε μεγαλύτερο μέγεθος καρπών αφού στη μεγαλύτερη κατηγορία μεγέθους κατάταξης των καρπών οι μεταχειρίσεις της λίπανσης με κάλιο είχαν μεγαλύτερη ποσότητα καρπών σε σχέση με τον μάρτυρα και ειδικά η λίπανση καλίου στο έδαφος.
- Το χρώμα του επικαρπίου των ελαιόκαρπων επηρεάστηκε από την επιπλέον λίπανση με κάλιο αλλά και από τη διαφορετική μέθοδο εφαρμογής του καλίου. Η μεταχείριση της λίπανσης με κάλιο στο έδαφος βελτίωσε το χρώμα των καρπών οδηγώντας σε καρπούς με πιο έντονο μελανοϊώδες χρώμα σε σχέση με τις άλλες μεταχειρίσεις. Ενδεχομένως βέβαια η λίπανση με κάλιο στο έδαφος να προήγαγε την ωρίμανση των καρπών.
- Οι καρποί ελιάς των μεταχειρίσεων που εφαρμόστηκε κάλιο διαφυλλικά και στο έδαφος είχαν σαφώς μεγαλύτερο λόγο σάρκας προς πυρήνα σε σχέση με τον μάρτυρα στις κατηγορίες μεγέθους 150 και 200.
- Η συγκέντρωση των καρπών σε φαινορικά συστατικά και η αντιοξειδωτική τους ικανότητα δεν επηρεάστηκαν από την ποσότητα ή από τη μέθοδο εφαρμογής του καλίου.
- Η συγκέντρωση των καρπών ελιάς σε κάλιο αυξήθηκε σημαντικά με την επιπλέον της βασικής εφαρμογή καλίου κατά την περίοδο της έντονης αύξησης του καρπού.
- Ιδιαίτερα αποτελεσματική ήταν διαφυλλική λίπανση με κάλιο σε σχέση με την επιφανειακή λίπανση με κάλιο στο έδαφος στη βελτίωση της συγκέντρωσης των καρπών σε κάλιο αν και με τη διαφυλλική εφαρμογή προστέθηκαν λιγότερες μονάδες καλίου.

- Η θρεπτική κατάσταση των φύλλων δεν επηρεάστηκε σημαντικά από την επιπλέον λίπανση με κάλιο.
- Τον Ιανουάριο παρατηρήθηκε σχετική μείωση της συγκέντρωσης καλίου στα φύλλα της κάθε μεταχείρισης με τις μεγαλύτερες απώλειες να είναι στον μάρτυρα.
- Τον Ιανουάριο μετά την περίοδο συγκομιδής των καρπών, αποδείχθηκε ότι η επιπλέον εφαρμογή καλίου το καλοκαίρι συνέβαλε σημαντικά στο να παραμείνει η συγκέντρωση του καλίου σε επίπεδα επάρκειας παρά το γεγονός ότι οι εκροές καρπών ήταν σημαντικά υψηλότερες στις μεταχειρίσεις που εφαρμόστηκε επιπλέον κάλιο.
- Συγκρίνοντας τις μεθόδους λίπανσης είναι ξεκάθαρο ότι η βασική λίπανση με κάλιο δεν ήταν επαρκής αφού τα δέντρα αντέδρασαν θετικά στην επιπλέον καλιούχο λίπανση κατά την περίοδο της έντονης ανάπτυξης των καρπών οδηγώντας σε αύξηση της παραγωγικότητάς τους.

Επομένως η διαφοροποιημένη λίπανση με κάλιο βελτίωσε τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών ελιάς ποικιλίας Καλαμών γεγονός που μπορεί να συμβάλει στην αύξηση της εμπορικής της αξίας ως βρώσιμη ελιά. Περαιτέρω μελέτη χρειάζεται για τη βελτιστοποίηση της αποτελεσματικότητας της λίπανσης της ελιάς. Αναδεικνύονται οι αυξημένες ανάγκες της ελιάς σε κάλιο ιδιαίτερα το έτος της αναμενόμενης υψηλής παραγωγής. Επίσης είναι σαφής η αξία τη σταδιακής εφαρμογής του καλίου και η αξιοποίηση περισσότερων μεθόδων λίπανσης σε αρδευόμενους ελαιώνες όπως ο μελετώμενος. Τέλος είναι αναγκαία η αξιολόγηση της ποσότητας και της μορφής του καλίου που πρέπει να εφαρμόζεται για την εξασφάλιση του καλύτερου αποτελέσματος στην παραγωγικότητα των ελαιόδεντρων και την ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος.

6. Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

1. 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.
2. Boskou, D., 1996. History and characteristics of the olive tree. In *Olive Oil Chemistry and Technology*; Boskou, D., Ed.; Am. Oil Chem. Soc. Press: Champaign, IL, USA.
3. Conte P., Fadda C., Del Caro A., Urgeghe P.P. and Piga A., 2020. Table Olives: An Overview on Effects of Processing on Nutritional and Sensory Quality. *Foods*, 9(4):514.
4. Dikmelik U., Püskülcü G., Altuğ M. and İrget M. E., 1999. The effect of KNO₃ application on the yield and fruit quality of olive. In: Anac D., Martin-Prevel P. (eds) *Improved Crop Quality by Nutrient Management. Developments in Plant and Soil Sciences*, vol 86. Springer, Dordrecht.
5. Elbadawy N., Hegazi E., Yehia T., Abourayya M. and Mahmoud T., 2016. Effect of Nitrogen Fertilizer on Yield, Fruit Quality and Oil Content in Manzanillo Olive Trees. *Journal of Arid Land Studies*, 26-3:175-177.
6. Elloumi O., Ghrab M. and Ben Mimoun M., 2009. Responses of olive trees (cv. Chemlali) after five years of experiment to potassium mineral nutrition under rainfed condition. *The Proceedings of the International Plant Nutrition Colloquium XVI*, UC Davis.
7. Erel R., Yermiyahu, U., Opstal, J.V., Gal, A.B., Schwartz, A. and Dag, A., 2013. The importance of olive (*Olea europaea* L.) tree nutritional status on its productivity. *Scientia Horticulturae*, 159, 8-18.
8. 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. *American Society for Horticultural Science*, 135(5):639-647.
9. Erel R., Yermiyahu U., Yasuor H., Cohen Chamus D., Schwartz A., Ben-Gal A. and Dag A., 2016. Phosphorous nutritional level, carbohydrate reserves, and flower quality in olives. *Plos One*, 11.
10. Erel R., Yermiyahu U., Ben-Gal A. and Dag A., 2018. Olive fertilization under intensive cultivation management. *Acta Horticulturae*, 1217:207-224.

11. Fernandez J.E. and Cuevas M.V., 2010. Irrigation scheduling from stem diameter variations: A review. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150:135-151.
12. Fernández-Escobar R., 2007. Fertilization. In: *Production techniques in olive growing*. International Olive Council.
13. Fernández-Escobar R., García-Novelo J. M., Molina-Soriaa C. and Parra M.A., 2012. An approach to nitrogen balance in olive orchards. *Scientia Horticulturae*, 135:219-226.
14. Fernández-Escobar R., Ortiz-Urquiza A., Prado M. and Rapoport H.F., 2008. Nitrogen status influence on olive tree flower quality and ovule longevity. *Environmental and Experimental Botany*, 64:113-119.
15. Fernández-Escobar R., Sánchez-Zamora M.A., García-Novelo J.M. and Molina-Soria C., 2015. Nutrient removal from olive trees by fruit yield and pruning. *HortScience* 50(3):1-5.
16. Ferreira I.Q., Rodrigues M.A., Moutinho-Pereira J.M., Correia C.M. and Arrobas M., 2018. Olive tree response to applied phosphorus in field and pot experiments. *Scientia Horticulturae*, 234:236-244.
17. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2017. FAOSTAT database.
18. Gregoriou, K. and Mohamed, E.K., 2010. Olive GAP Manual, Good agricultural practices for the near east & north Africa countries, Cairo. Fertilization.
19. Jones J.B. and Case V.W., 1990. Sampling, handling and analyzing plant tissue samples. In: Westerman R.L. (ed.), *Soil Testing and Plant Analysis*, Soil Science Society of America, 677 s. Segoe R.D. Madison, WI 53711, USA.
20. Kailis S and Harris DJ., 2007. *Producing Table Olives*. Landlinks Press, Collingwood, Australia.
21. Karanjeev K., Kumari M. and Sanjay S., 2019. Response of different sources of potassium on fruit quality and fruit colour enhancement in litchi. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(6):1990-1993.
22. McGuire R.G., 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27:1254-1255.
23. Mimoun B. M., Loumi O., Ghrab M., Latiri K. and Hellali R., 2007. Foliar potassium application on olive tree. IPI Workshop on potassium and fertigation development in WANA.

24. Paiva-Martins F. and Kiritsakis A., 2017. Olive fruit and olive oil composition and their functional compounds. In: Olives and Olive Oil as Functional Foods (eds F. Shahidi and A. Kiritsakis).
25. Perica S., Brown P.H., Connell J.H., Nyomora A.M., Dordas C., Hu H. and Stangoulis J., 2001. Foliar boron application improves flower fertility and fruit set of olive. *HortScience*, 36(4):714-716.
26. 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.
27. Restrepo Diaz H., Benlloch M. and Fernández Escobar R., 2009. Leaf potassium accumulation in olive plants related to nutritional K status, leaf age, and foliar application of potassium salts. *Journal of Plant Nutrition*, 1108-1121.
28. Restrepo-Diaz H., Benlloch M., Navarro C. and Fernández-Escobar R., 2008. Potassium fertilization of rainfed olive orchards. *Scientia Horticulturae*, 116:399-403.
29. 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.
30. Stellacci A. M., Caliandro A., Mastro M. A. and Guarini D., 2008. Effect of foliar boron application on olive (*Olea europaea* L.) fruit set and yield. *ISHS Acta Horticulturae* 868: VI International Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Crops.
31. Swain T. and Hillis W.E., 1959. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 10:63-68.
32. Tränkner M., Tavakol E. and Jáklí B., 2018. Functioning of potassium and magnesium in photosynthesis, photosynthate translocation and photoprotection. *Physiologia Plantarum*, 163:414-431.
33. Tsantili E., 2014. Quality attributes and their relations in fresh black ripe ‘Kalamon’ olives (*Olea europaea* L.) for table use – phenolic compounds and total antioxidant capacity. *International Journal of Food Science & Technology*, 49:657-665.
34. Visioli F., Poli A. and Galli C., 2002. Antioxidant and other biological activities of phenols from olives and olive oil. *Medicinal Research Reviews*, 22:65-75.

35. Winternans 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.
36. Zipori, I., Erel, R., Yermiyahu, U., Gal, A.B., Dag, A., 2020. Sustainable management of olive orchard nutrition. *Agriculture*, 10:11.
37. Zivdar Sh, Arzani K., Souri M. K., Moallemi N. and Seyyednejad S. M., 2016. Physiological and biochemical Response of Olive (*Olea europaea* L.) cultivars to foliar potassium application. *Journal Agriculture Science Technology*, 18:1897-1908.

Ελληνική βιβλιογραφία

1. Ασημακόπουλος Ι., Μπόβης Κ., Οιχαλιώτης Κ., 2009. Γονιμότητα του εδάφους. Διδακτικές σημειώσεις του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.
2. Ανδρουλάκης Ι.Ι. και Λουπασάκη Μ.Η., 1995. Η λίπανση της ελιάς. *Γεωργία-Κτηνοτροφία*, 9:160-175
3. Βασιλακάκης Μ., 2016. Γενική και Ειδική Δενδροκομία. Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη.
4. Γαβαλάς Ν.Α., 1978. Η Ανόργανος Θρέψη και η Λίπανση της ελαιάς. Εκδόσεις Μπενάκειου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου, Αθήνα.
5. ΔΟΕΠΕΛ. Στατιστικά στοιχεία 2022.
6. ΕΛΣΤΑΤ. Στατιστικά στοιχεία 2022.
7. Θεριός Ι., 2007. Ελαιοκομία. Εκδόσεις Άγι-Σάββα Δ. Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα.
8. Θεριός Ι.Ν., 2021. Ανόργανη Θρέψη και Λιπάσματα. Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη.
9. Κυριτσάκης Α. 2007. Ελαιόλαδο, βρώσιμη ελιά και πάστα ελιάς. Αυτοέκδοση, Θεσσαλονίκη.
10. 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, 32-46.
11. Νάνος Γ., 2018. Ειδική Δενδροκομία. Διδακτικές σημειώσεις μαθήματος του τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος.

12. Μήτσιος Ι., 1997. Γονιμότητα εδαφών και στοιχεία θρέψης φυτών. Βόλος
13. Σφακιωτάκης Ε.Μ., 1993. Μαθήματα Ελαιοκομίας. Εκδόσεις Tyroman, Θεσσαλονίκη.
14. Τζαγκαράκης Γ.Σ., 2012. Η ημερήσια διακύμανση της διαμέτρου του κορμού της ελιάς κατά τη διάρκεια του έτους. Μεταπτυχιακή διατριβή. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
15. Τσαντήλας Χ., 1998. Αξιολόγηση αποτελεσμάτων εδαφικών και φυτικών αναλύσεων. Θρέψη φυτών. Γεωργία-Κτηνοτροφία, 2: 46-52.
16. Τσουράκη, Ν., 2008. Η επίδραση της χαραγής σε τρεις ποικιλίες ελιάς, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, 17-26.
17. Χατζουλάκης Σ., 2016. Βασικές πληροφορίες για τη λίπανση της ελιάς. Ελληνική Γεωργία.
18. Ψαρράς Γ., 2017. Ορθολογική λίπανση ελιάς. Σε: Ζαμπούνης Β. (εκδ.), Εγκυκλοπαίδεια Ελαιοκομίας. Το Ελαιόλαδο. Συλλογικό Έργο. GAIA ΕΠΙΧΕΙΡΕΙΝ, Άξιον Εκδοτική, Αθήνα, σελ. 119-138.