



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

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**«Επίδραση της λίπανσης με βόριο στη θρεπτική κατάσταση των φύλλων
και την παραγωγή δένδρων ελιάς ποικ. Κορωνέικη»**

Λασηθιωτάκης Μιχαήλ

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Περσεφόνη Μαλέτσικα

Βόλος 2024

Τίτλος πτυχιακής εργασίας: ‘Επίδραση της λίπανσης με βόριο στη θρεπτική κατάσταση των φύλλων και την παραγωγή δένδρων ελιάς ποικ. Κορωνέικη’

Τίτλος στην αγγλική γλώσσα: ‘Effect of boron fertilization on leaf nutrition and production of olive trees cv. Koroneiki’

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

Το πρώτο και το θερμότερο ευχαριστώ το οφείλω στην Επίκουρο Καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος κα. Μαλέτσικα Περσεφόνη, η οποία ήταν η επιβλέπουσα καθηγήτρια της πτυχιακής μου διατριβής. Η συνεργασία μας ήταν άψογη από την πρώτη μέρα που ζήτησα να εκπονήσω πτυχιακή διατριβή στο εργαστήριο Δενδροκομίας. Ό,τι ζητούσα σε βοήθεια ήταν πρόθυμη να μου το δώσει ώστε το αποτέλεσμα να είναι το καλύτερο δυνατό.

Ακόμα, ευχαριστώ τον Καθηγητή Δενδροκομίας κ. Νάνο Γεώργιο, Διευθυντή του Εργαστηρίου Δενδροκομίας για τις πολύτιμες συμβουλές του στο κομμάτι της συγγραφής. Ιδιαίτερο ευχαριστώ για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφεραν η κα. Ευαγγελία Παναγιωτάκη, μέλος Ε.ΔΙ.Π. του Π.Θ. και η κα. Νικολίτσα Τομαρά, μέλος Ε.Τ.Ε.Π. του Π.Θ. κατά την εκπόνηση των εργαστηριακών μετρήσεων στο Εργαστήριο Δενδροκομίας.

Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω τον κ. Αντωνιάδη Βασίλειο, Διευθυντή του Εργαστηρίου Εδαφολογίας, τον κ. Τσιρόπουλο Νικόλαο, Διευθυντή του Εργαστηρίου Αναλυτικής Χημείας και Γεωργικής Φαρμακολογίας και τον κ. Πετρόπουλο Σπυρίδωνα, Διευθυντή του Εργαστηρίου Λαχανοκομίας για την παραχώρηση των οργάνων που χρησιμοποιήθηκαν.

Το τελευταίο ευχαριστώ το κρατάω για τους γονείς μου οι οποίοι ήταν δίπλα μου σε καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου. Με βοήθησαν στο πειραματικό κομμάτι της διπλωματικής και με ενθάρρυναν να δώσω τα μέγιστα για την λήψη αυτού το πτυχίου.

*Στους γονείς μου για την υποστήριξη καθ’
όλη την διάρκεια των σπουδών μου*

Περίληψη

Σκοπός της ερευνητικής εργασίας ήταν η εφαρμογή βορίου για τη βελτίωση της ανθοφορίας και της καρπόδεσης καθώς και της παραγωγικότητας των ελαιόδενδρων ποικιλίας Κορωνέικης. Για τον σκοπό αυτό μετρήθηκαν η παραγωγικότητα των δέντρων, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών, καθώς και η ελαιοπεριεκτικότητα των καρπών. Μετρήθηκε επίσης η συγκέντρωση των φύλλων προερχόμενων από καρποφορούντες ή μη βλαστούς στα θρεπτικά στοιχεία κάλιο, ασβέστιο, φώσφορος και βόριο για να διαπιστωθεί η θρεπτική κατάσταση των φύλλων σε σχέση με το φορτίο των καρπών και την εφαρμογή βορίου. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε το έτος 2022, στην περιοχή της Επισκοπής Πεδιάδος, στο νομό Ηρακλείου, σε αρδευόμενο ελαιώνα με δέντρα ηλικίας 23 ετών ποικιλίας Κορωνέικη. Το πείραμα περιλάμβανε δύο μεταχειρίσεις, τον μάρτυρα, που δεν εφαρμόστηκε λίπανση με βόριο, και τη λίπανση με βόριο. Η λίπανση με βόριο αφορούσε τη συνδυαστική λίπανση με ριζοπότισμα βόρακα στο έδαφος σε συγκέντρωση βορίου 500 ppm πριν την άνθιση και διαφυλλικά με ένα υδατοδιαλυτό βόριο σε δύο δόσεις σε συγκέντρωση βορίου 300 ppm πριν και μετά την πλήρη άνθιση με διαφορά 15 ημερών η μια από την άλλη. Η λίπανση με βόριο δεν βελτίωσε την παραγωγή ανά δέντρο, την παραγωγικότητα των ελαιόδεντρων και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών σε χρονιά υψηλής καρποφορίας. Αν και δεν βρέθηκε διαφορά στο φορτίο των ελαιόδεντρων μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων, οι καρποί του μάρτυρα είχαν ελαφρώς υψηλότερο δείκτη ωρίμανσης και σημαντικά υψηλότερη ελαιοπεριεκτικότητα σε σχέση με τους καρπούς της μεταχείρισης της λίπανσης με βόριο. Η λίπανση με βόριο πριν και μετά την άνθιση δεν οδήγησε στην αναμενόμενη αύξηση της συγκέντρωσης των φύλλων ελιάς σε βόριο. Ακόμη, η λίπανση με βόριο δεν επηρέασε τη θρεπτική κατάσταση των φύλλων ελιάς ως προς τα στοιχεία κάλιο, φώσφορο και ασβέστιο σε σχέση με τον μάρτυρα, τα οποία γενικά ήταν σε επάρκεια. Οι καρποφορούντες βλαστοί είχαν χαμηλότερη συγκέντρωση σε κάλιο, φώσφορο και υψηλότερη συγκέντρωση σε βόριο και ασβέστιο σε σχέση με τους μη καρποφορούντες και στις δύο μεταχειρίσεις. Στους μη καρποφορούντες βλαστούς, η λίπανση με βόριο διατήρησε τη συγκέντρωση των φύλλων σε επάρκεια, ενώ στην περίπτωση του μάρτυρα η συγκέντρωση βορίου στα φύλλα ήταν σε έλλειψη. Για την καλύτερη κατανόηση της επίδρασης του βορίου στην ελαιοκαλλιέργεια προτείνεται να αξιολογηθεί η επίδραση της λίπανσης με βόριο στην πυκνότητα ανθοφορίας, στο ποσοστό τέλειων ανθέων και στο ποσοστό καρπόδεσης. Τέλος, θα ήταν σημαντικό να

διαπιστωθεί ο ρόλος της λίπανσης με βόριο και στην ανθοφορία και παραγωγικότητα των ελαιόδεντρων την επόμενη χρονιά της εφαρμογής του, ενώ θα πρέπει να διερευνηθεί εκτενέστερα η βέλτιστη περίοδος εφαρμογής του βορίου καθώς και η μορφή και η εφαρμοζόμενη συγκέντρωση ειδικά για τις διαφυλλικές εφαρμογές.

Λέξεις κλειδιά: *Olea europaea*, θρέψη, ανόργανα στοιχεία, ελαιοπεριεκτικότητα,

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	v
1. Εισαγωγή	1
1.1. Ιστορικά στοιχεία της ελαιοκαλλιέργειας στον Ελλαδικό χώρο.....	1
1.2. Παραγωγή ελαιόλαδου ανά την Ελλάδα και ανά τον κόσμο	1
1.3. Η ποικιλία Κορωνέικη.....	2
1.4. Σημασία και διατροφική αξία του ελαιόλαδου στον άνθρωπο	3
1.5. Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις για τα ελαιόδεντρα.....	4
1.6. Βλαστικός κύκλος των δέντρων.....	5
1.7. Άνθιση και καρποφορία της ελιάς	6
1.8. Στάδια ανάπτυξης ελαιόκαρπου	7
1.9. Εγκατάσταση και καλλιεργητικές εργασίες στον ελαιώνα.....	8
1.10. Ανόργανη θρέψη των ελαιόδεντρων	12
1.12. Σκοπός της εργασίας	17
1. Υλικά και Μέθοδοι	18
2. Αποτελέσματα	26
3.1 Παραγωγικότητα των δέντρων.....	26
3.2 Ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών.....	26
3.2.1 Χρώμα καρπών ελιάς.....	26
3.2.2 Βάρος, διαστάσεις, λόγος μήκος/πλάτος, λόγος σάρκας/πυρήνα και ποσοστό % ξηρού βάρους περικαρπίου και ενδοκαρπίου καρπών ελιάς	27
3.3 Δείκτης ωριμότητας καρπών ελιάς	28
3.4 Ελαιοπεριεκτικότητα καρπών	29
3.5 Συγκέντρωση των φύλλων ελιάς σε Κ σε καρποφορούντες και μη καρποφορούντες βλαστούς	29
3.6 Συγκέντρωση των φύλλων ελιάς σε Ca από καρποφορούντες και μη καρποφορούντες βλαστούς	30
3.7 Συγκέντρωση των φύλλων ελιάς σε Ρ από καρποφορούντες και μη καρποφορούντες βλαστούς	31
3.8 Συγκέντρωση των φύλλων ελιάς σε Β από καρποφορούντες και μη καρποφορούντες βλαστούς	32
3. Συζήτηση	33
4. Συμπεράσματα	38
5. Βιβλιογραφία.....	40

1. Εισαγωγή

1.1. Ιστορικά στοιχεία της ελαιοκαλλιέργειας στον Ελλαδικό χώρο

Η καλλιέργεια της ελιάς θεωρείται ως η χαρακτηριστικότερη καλλιέργεια στον ελλαδικό χώρο τόσο στη σύγχρονη όσο και στην αρχαία ιστορία της χώρας, συνδεδεμένη με τον πολιτισμό και την διατροφή της. Η οικονομία πολλών περιοχών στηρίζεται στην παραγωγή βρώσιμων ελιών ή στην εξαγωγή ελαιόλαδου.

Η ιστορία της ξεκινάει από την αρχαία Ελλάδα όπου στους κλάδους του ιερού δέντρου χτίστηκε ολόκληρος ο ελληνικός πολιτισμός. Αποτελούσε μέρος σε διάφορες τελετές καθώς ρίχνοντας το ελαιόλαδο στο έδαφος εκφραζόταν ως θυσία προς τους Θεούς. Η χρήση του εκτός από την διατροφή ήταν στην καθαριότητα, την παρασκευή αρωμάτων, την καλλυντική φροντίδα και την ιατρική. Ήταν σύμβολο της ειρήνης κάτι που έχει μείνει και στη σύγχρονη εποχή. Ακόμα, οι αθλητές άλειφαν το σώμα τους καθώς θεωρούσαν πως θα είναι τυχεροί και δυνατοί στον αγώνα, αλλά αποτελούσε και βραβείο για του νικητές των Ολυμπιακών αγώνων στους οποίους δινόταν ένα στεφάνι αγριελιάς, ο λεγόμενος κότινος.

Ο Όμηρος αποκαλούσε το ελαιόλαδο ως «χρυσό υγρό» και ο Ιπποκράτης ως «μεγάλο θεραπευτή» κάνοντας του χρήση στην ιατρική για να θεραπεύσει τους ασθενείς του.

1.2. Παραγωγή ελαιόλαδου ανά την Ελλάδα και ανά τον κόσμο

Η καλλιέργεια της ελιάς στην Ελλάδα έχει τη μεγαλύτερη έκταση και την περισσότερη παραγωγή σε καρπό από κάθε άλλο οπωροφόρο δέντρο (ΕΛΣΤΑΤ 2021). Η καλλιεργούμενη έκταση φτάνει τα 6.700.000 στρ. και ο αριθμός των δένδρων ανέρχεται στα 133.000.000. Θεωρείται από τις καλλιέργειες που συμβάλλουν σε μεγάλο βαθμό στην οικονομία της χώρας είτε μέσα από την παραγωγή ελαιόλαδου είτε από την παραγωγή βρώσιμης ελιάς.

Σύμφωνα με άρθρο στο Greek Reporter, η Ευρωπαϊκή Ένωση θεωρείται ο κορυφαίος παραγωγός, καταναλωτής και εξαγωγέας ελαιόλαδου με ποσοστό περίπου 67% του παγκόσμιου ελαιόλαδου. Η Ιταλία και η Ισπανία είναι οι μεγαλύτεροι καταναλωτές ελαιόλαδου στην Ε.Ε., με ετήσια κατανάλωση που ανέρχεται στους 500.000 τόνους η καθεμία, ενώ η Ελλάδα κρατάει τα ηνία στη μεγαλύτερη κατά κεφαλήν κατανάλωση με περίπου 12 κιλά ανά άτομο ετησίως.

Αναφορικά με το εμπόριο, η Ε.Ε. παράγει το 65% των παγκόσμιων εξαγωγών με προορισμούς τη Βραζιλία, την Ιαπωνία και το Ηνωμένο Βασίλειο. Η Ελλάδα, όντας μια από τις κυρίαρχες χώρες παραγωγής ελαιόλαδου, έχει αυξήσει κατά 225% στις εξαγωγές από το 2002 έως το 2020 (Sevitel 2021) με τους μεγαλύτερους εισαγωγείς της να είναι η Γερμανία, το Ηνωμένο Βασίλειο, η Αυστρία, η Γαλλία, το Βέλγιο, η Σουηδία και η Κύπρος.

1.3. Η ποικιλία Κορωνέικη

Η καλλιέργεια της ελιάς χρονολογείται από την αρχαιότητα έως τις μέρες μας. Από τότε έως σήμερα έχει καταγραφεί ένας πολύ μεγάλος αριθμός ποικιλιών, που μαζί με την διαφορετική ονομασία σε κάθε περιοχή δημιουργούνται προβλήματα στην ταξινόμηση τους. Η ταξινόμηση των ποικιλιών γίνεται με τα εξής κριτήρια:

- i. Τη μορφολογία του φυλλώματος.
- ii. Τη μορφολογία των βλαστών.
- iii. Το ύψος του δέντρου.
- iv. Τα χαρακτηριστικά των ταξιανθιών και του καρπού.
- v. Την πρωιμότητα και την παραγωγικότητα που έχει.
- vi. Την αντοχή σε εχθρούς και ασθένειες.
- vii. Την ευαισθησία σε εδαφοκλιματικές συνθήκες.
- viii. Στη διαφορετική πρωτεϊνοσύνθεση στα φύλλα

Στην Ελλάδα οι κυριότερες ελαιοποιήσιμες ποικιλίες είναι οι Κορωνέικη, Μεγαρίτικη, Κοθρέικη, Λιανολιά ενώ για επιτραπέζια χρήση είναι οι Καλαμών, Αμφίσσης, Χονδρολιά Χαλκιδικής και Βόλου (Θερίος 2005).

Από τις πιο διαδεδομένες ελαιοποιήσιμες ποικιλίες στον ελλαδικό χώρο θεωρείται η Κορωνέικη (*Olea europaea* var. *microcarpa*), η οποία εντοπίζεται στην Κρήτη, την Πελοπόννησο, στις Κυκλάδες και τα Δωδεκάνησα. Είναι ανθεκτική στο κρύο και τις αντίξοες συνθήκες και ευδοκμεί σε υψόμετρα πάνω από 500 μέτρα.

Το δέντρο της ποικιλίας Κορωνέικη μπορεί να φτάσει σε ύψος έως και τα 15 μέτρα και διάμετρο κόμης 8-10 μέτρα. Τα φύλλα έχουν σχήμα ελλειπτικό-λογχοειδές. Ο καρπός είναι μικρός, σχήματος μαστοειδούς με τη μια πλευρά κυρτωμένη να καταλήγει σε ελαφρά θηλή και το μέσο βάρος του να είναι 1,1 γραμμάρια (Κωστελένος 2011). Ο

πυρήνας είναι επιμήκης με 7-10 αυλακώσεις στην επιφάνεια του και με μυτερή κατάληξη κορυφής.

Θεωρείται από τις πιο αποδοτικές ποικιλίες σε λάδι καθώς μπορεί να φτάσει μέχρι και 27%. Χαρακτηρίζεται από την ποιότητα του λαδιού που δίνει το οποίο έχει πλούσια γεύση και αρώματα και είναι χαμηλής οξύτητας.

1.4. Σημασία και διατροφική αξία του ελαιόλαδου στον άνθρωπο

Το ελαιόλαδο αποτελεί έναν από τους πολυτιμότερους διατροφικούς θησαυρούς της Μεσογειακής διατροφής. Ειδικότερα το εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο, έχει πολυάριθμα οφέλη για την ανθρώπινη υγεία, τα οποία αποδίδονται στα μονοακόρεστα λιπαρά, τις αντιοξειδωτικές ενώσεις και τις αντιφλεγμονώδεις ιδιότητές του.

Το ελαιόλαδο χαρακτηρίζεται από την υψηλή περιεκτικότητά του σε μονοακόρεστα λιπαρά οξέα (κυρίως ελαϊκό οξύ) τα οποία συμβάλλουν στη μείωση της συγκέντρωσης της LDL χοληστερόλης (της λεγόμενης "κακής" χοληστερόλης) στο αίμα, συνεπώς και στη μείωση του κινδύνου καρδιαγγειακών παθήσεων (Gillingham et al. 2011). Επιπλέον, περιέχει μικρές ποσότητες πολυακόρεστων λιπαρών οξέων, όπως το λινελαϊκό οξύ και το α-λινολενικό οξύ.

Ακόμα, το ελαιόλαδο είναι πλούσιο σε αντιοξειδωτικές ουσίες, όπως οι πολυφαινόλες, η βιταμίνη Ε και τα καροτενοειδή. Αυτά τα συστατικά παίζουν κρίσιμο ρόλο στην προστασία των κυττάρων από την οξειδωτική βλάβη, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε χρόνια νοσήματα, όπως ο καρκίνος και οι καρδιοπάθειες (Owen et al. 2004). Οι πολυφαινόλες, συγκεκριμένα, έχουν αποδειχθεί ότι έχουν ισχυρή αντιφλεγμονώδη δράση, προστατεύοντας έτσι τον οργανισμό από φλεγμονώδεις καταστάσεις που συνδέονται με χρόνιες ασθένειες.

Το ελαιόλαδο έχει επίσης συνδεθεί με την καλή υγεία του εγκεφάλου. Μελέτες έχουν δείξει ότι η κατανάλωση ελαιολάδου μπορεί να μειώσει τον κίνδυνο εμφάνισης νευροεκφυλιστικών νοσημάτων, όπως το Αλτσχάιμερ (Hardman et al. 2016). Αυτό οφείλεται εν μέρει στις αντιφλεγμονώδεις και αντιοξειδωτικές του ιδιότητες, οι οποίες προστατεύουν τον εγκέφαλο από τη βλάβη που προκαλείται από τις ελεύθερες ρίζες και τη φλεγμονή. Ακόμα σύμφωνα με τον Karstens et al. (2019) ενισχύει την απόδοση στην μάθηση καινούριων γνώσεων και στην μνήμη.

Ένα ακόμη σημαντικό πλεονέκτημα του ελαιολάδου είναι η συμβολή του στην υγεία του πεπτικού συστήματος. Το ελαιόλαδο βελτιώνει την πέψη και έχει ελαφρώς

καθαρτικές ιδιότητες, οι οποίες συμβάλουν στη ρύθμιση της λειτουργίας του εντέρου. Επίσης, υπάρχουν ενδείξεις ότι το ελαιόλαδο μπορεί να συμβάλει στη μείωση του κινδύνου εμφάνισης πεπτικού έλκους και άλλων γαστρεντερικών προβλημάτων (Bermúdez 2004).

Η διατροφική αξία του ελαιολάδου δεν περιορίζεται μόνο στα παραπάνω οφέλη. Η ελευρωπαΐνη, η οποία περιέχεται στο ελαιόλαδο, έχει αποδειχθεί ότι βοηθάει στην υγεία του δέρματος (Ancora 2004).

Τέλος, η καθημερινή κατανάλωση ελαιολάδου μπορεί να αποτελέσει μέρος μιας υγιεινής διατροφής που προάγει τη μακροζωία και την ευεξία. Για αυτούς τους λόγους, θεωρείται από πολλούς ως ένα από τα πιο σημαντικά διατροφικά στοιχεία στον κόσμο.

1.5. Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις για τα ελαιόδεντρα

Η καλλιέργεια της ελιάς διακρίνεται από την ποικιλομορφία εδαφοκλιματικών συνθηκών και παρέχει τη δυνατότητα για καλλιέργεια τόσο στην εύκρατη όσο και στην υποτροπική ζώνη, δηλαδή μεταξύ 30° και 45° γεωγραφικό πλάτος. Σε τροπικές περιοχές αναπτύσσεται χωρίς να καρποφορεί, εκτός και αν το υψόμετρο είναι αρκετό για να καλυφθούν οι ανάγκες σε χαμηλές θερμοκρασίες. Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής παρατηρείται στις παραμεσόγειες χώρες, όπου οι ήπιοι χειμώνες και τα ζεστά καλοκαίρια βοηθάνε σε ανάπτυξη και καρπόδεση.

Η Ελλάδα θεωρείται χαρακτηριστική χώρα για την καλλιέργεια καθώς ευδοκιμεί στο μεγαλύτερο μέρος της σε υψόμετρα έως και 700-800 μέτρα. Ωστόσο, λόγω των παγετών περιορίζεται στη Βόρεια Ελλάδα σε πιο παραλιακές περιοχές.

Η μέση ετήσια θερμοκρασία για μια ελαιοκομική περιοχή κυμαίνεται μεταξύ 15-20 °C, με ελάχιστη τους -4 °C και μέγιστη τους 40 °C. Ενδεικτικά, θερμοκρασίες κάτω των -7 °C ζημιώνουν τα δέντρα ωστόσο, η επίδραση εξαρτάται από τη διάρκεια των πολύ χαμηλών θερμοκρασιών, την ατμοσφαιρική υγρασία και την ποικιλία (Θεριός 2015). Στο αντίθετο άκρο, θερμοκρασίες άνω των 35 °C μειώνουν τον φωτοσυνθετικό ρυθμό των δέντρων ενώ άνω των 55 °C φέρνουν μόνιμες αλλαγές στα φύλλα.

Τα ελαιόδεντρα έχουν εύκολη προσαρμοστικότητα ακόμα και σε φτωχά, ξηρά, χαλικώδη και ασβεστούχα εδάφη. Ωστόσο, καλύτερη άνθιση παρατηρείται στα βαθιά, αμμοπηλώδη τα οποία έχουν επάρκεια τόσο σε άζωτο, φώσφορο, κάλιο όσο και σε νερό (Θεριός 2015). Το pH σε τέτοιες εκτάσεις πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 5,5 και 8,5 (Fernández 1999).

1.6. Βλαστικός κύκλος των δέντρων

Ο βλαστικός κύκλος των ελαιόδεντρων χωρίζεται σε επτά μακροστάδια τα οποία και αυτά με την σειρά τους έχουν άλλα μικρότερα σύμφωνα με τον Θεριός (2015):

Λήθαργος: Πραγματοποιείται από Ιανουάριο μέχρι μέσα Μαρτίου και αποτελεί τον κύριο λήθαργο του φυτού. Αρχικά ο ακραίος και μασχαλιαίοι οφθαλμοί αναστέλλουν τη βλάστησή τους. Έπειτα από αρχές Φεβρουαρίου υπάρχει διαμόρφωση των οφθαλμών και στη συνέχεια τα δέντρα εξέρχονται του ληθάργου.

Έκπτυξη οφθαλμών και έναρξη νέας βλάστησης: Πραγματοποιείται μέσα Μαρτίου όπου παρατηρείται διόγκωση, φούσκωμα και έκπτυξη των οφθαλμών. Ακόμα, εμφανίζονται τα πρώτα φύλλα και ξεκινάει η νεαρή βλάστηση.

Προανθικό στάδιο: Αρχικά, βλαστάνουν τα πρώτα φύλλα και η ταξιανθία επιμηκύνεται. Τα μπουμπούκια είναι στρογγυλά και διογκωμένα. Έπειτα, τα νεαρά φύλλα αναπτύσσονται παραμένοντας τα άνθη κλειστά. Τέλος, ο διαχωρισμός του κάλυκα με την στεφάνη γίνεται εμφανής, επιμηκύνεται ο μίσχος και παρατηρείται διάσταση του ανθοφόρου οφθαλμού από τον άξονα της ταξιανθίας.

Άνθιση: Ξεκινάει από αρχές Απριλίου και τελειώνει περίπου στα τέλη Μαΐου. Αρχές της συγκεκριμένης περιόδου, εμφανίζεται το πρώτο άνθος με τη στεφάνη να αλλάζει χρώμα και να γίνεται κιτρινοπράσινη. Ακολουθούν και τα υπόλοιπα μέχρι να έρθει το τέλος της περιόδου όπου θα υπάρχει πλήρης άνθιση.

Καρπόδεση και ανάπτυξη καρπού: Αρχικά, τα πέταλα καφετιάζουν, αποχωρίζονται από τον κάλυκα και πέφτουν. Μετά την πτώση των πετάλων ξεπροβάλλουν τα πρώτα καρπίδια μέσα από τον κάλυκα. Τέλος, αναπτύσσεται γρήγορα το καρπίδιο, κυρίως ο πυρήνας του, φτάνοντας τα 8-10 mm. Τα στάδια αυτά ξεκινάνε χρονικά ταυτόχρονα με την άνθιση και ολοκληρώνονται μέσα Ιουνίου.

Φυσιολογική ωρίμανση: Ξεκινάει με μια δεύτερη ανάπτυξη του καρπού πιο βραδεία. Στη συνέχεια από μέσα Ιουνίου μέχρι αρχές Αυγούστου υπάρχει σκλήρυνση του πυρήνα. Τέλος παρατηρείται μεγάλη αύξηση του ξηρού βάρους και γυάλισμα.

Φυσική ωρίμανση: Αρχικά ο καρπός μεγαλώνει σε μέγεθος, χρωματίζεται και ξεκινάει η ωρίμανση του. Έπειτα, αποκτά το τελικό μαύρο χρώμα και τέλος έρχεται η συγκομιδή του. Η περίοδος συγκομιδής καθορίζεται από την ποικιλία και την χρήση του καρπού και εκτείνεται από αρχές Οκτωβρίου μέχρι και τέλη Φεβρουαρίου.

1.7. Άνθιση και καρποφορία της ελιάς

Η ελιά διαθέτει μικτούς βλαστούς μήκους 10-30 cm, οι οποίοι φέρουν ανθοφόρους και βλαστοφόρους οφθαλμούς αποτελώντας έτσι τα κύρια καρποφόρα όργανά της. Επιπλέον, διαθέτει ασθενικούς βλαστούς με μήκος μικρότερο από 10 cm, οι οποίοι φέρουν αρκετούς βλαστοφόρους και λιγότερους ανθοφόρους οφθαλμούς συμβάλλοντας στην άνθιση σε μικρότερο ποσοστό.

Οι βλαστοφόροι οφθαλμοί είναι μικροί στο μέγεθος, κωνικού σχήματος και εντοπίζονται επάκρια και πλάγια των βλαστών. Οι ανθοφόροι αντίθετα είναι μεγαλύτερου μεγέθους, σφαιρικοί, εντοπίζονται πλάγια των βλαστών και σπανιότερα στις επάκριες θέσεις τους. Ακόμα υπάρχουν και οι λανθάνοντες οφθαλμοί οι οποίοι θα βλαστήσουν μετά από αυστηρό κλάδεμα του δέντρου ή από τραυματισμούς από παγετούς.

Η ελιά καρποφορεί σε μέτριας ζωηρότητας μικτούς βλαστούς του προηγούμενου έτους (Lavee 1996). Οι οφθαλμοί στους συγκεκριμένους βλαστούς δεν είναι διαφοροποιημένοι. Η διαφοροποίηση τους ξεκινάει το καλοκαίρι με αλλαγές στο μερίστωμα της κορυφής του οφθαλμού και η μετατροπή της δομής του από βλαστική σε αναπαραγωγική. Μορφολογικά δεν γίνονται διακριτές οι αλλαγές. Οι διαφορές φαίνονται τέλη χειμώνα με αρχές άνοιξης, με το πέρας του λήθαργου, όπου διαμορφώνονται τα άνθη και αναπτύσσονται τα ανθικά μέρη σε διάστημα περίπου 8 εβδομάδων. Σημαντικό ρόλο στη δημιουργία των ανθικών μερών διαδραματίζουν διάφοροι δευτερογενείς μεταβολίτες με προέλευση από άλλα φυτικά όργανα (Badr et al. 1970, Fernández-Escobar et al. 1992) καθώς και οι ώρες χαμηλών θερμοκρασιών που έχουν συλλεγεί κατά την διάρκεια του χειμώνα (Martin 1989). Για την ποικιλία Κορωνέικη, 60 ώρες σε θερμοκρασίες $<7,2^{\circ}\text{C}$ αρκούν για τη διαφοροποίηση των ανθοφόρων οφθαλμών (Θερίος 2015).

Η ταξιανθία είναι βότρυς με τον αριθμό των ανθέων ανά ταξιανθία να ποικίλει ανάλογα την ποικιλία, την υγρασία του εδάφους κατά την ανάπτυξη της και την αζωτούχο λίπανση (Θερίος 2015). Τα άνθη είναι μικρά, ερμαφρόδιτα και υπόγυνα. Διαθέτουν τέσσερα σέπαλα, τέσσερα πέταλα, δύο ανθήρες και ένα κανονικό ή πυρωμένο ύπερο. Η ωοθήκη αποτελείται από δύο καρπόφυλλα, με βραχύ στύλο και δίλοβο στίγμα. Ακόμα οι σπερμοβλάστες είναι δυο.

Η ελιά θεωρείται δέντρο ανδρομόνοικο καθώς διαθέτει τέλεια άνθη, με ανεπτυγμένους στήμονες και ύπερο, και ατελή άνθη. Στην περίπτωση ατελών ανθέων αυτά είτε στερούνται υπέρου είτε φέρουν ένα ατροφικό ύπερο. Θεωρείται ανεμόφιλο είδος μιας και η μεταφορά της γύρης γίνεται με την βοήθεια του ανέμου σε αποστάσεις 500 m. Για την επιτυχή επικονίαση απαιτείται συνεχής εφοδιασμός με γύρη καθ' όλη την περίοδο της υποδεκτικότητας του στίγματος. Συνήθως ανά ταξιανθία μπορεί να δέσει ένας καρπός κάτι που δεν ισχύει στην ποικιλία Κορωνέικη καθώς λόγω του μικρού σχήματος του καρπού μπορεί να δέσουν >3 καρποί ανά ταξιανθία. Το ποσοστό καρπόδεσης για το δέντρο γενικότερα είναι πολύ μικρό. Από τον μεγάλο αριθμό ανθέων που θα σχηματιστούν, μόνο το 1-2% θα δώσει καρπούς (Martin 1990) εξαιτίας του ανταγωνισμού για θρεπτικούς πόρους του φυτού (Rallo and Fernández-Escobar 1985).

Ένα μεγάλο πρόβλημα που συμβάλει στη μικρή ή καθόλου παραγωγή είναι το φαινόμενο της παρεννιαυτοφορίας. Το φαινόμενο οφείλεται στην υπερβολική άνθιση και καρπόδεση της προηγούμενης χρονιάς οι οποίες αποδυνάμωσαν το δέντρο και το καταστούν λιγότερο παραγωγικό για την επόμενη (Lavee 2006). Ακόμα, οφείλεται σε κλιματικές συνθήκες, στα διαθέσιμα θρεπτικά στο δέντρο, σε εχθρούς, σε ασθένειες και στις καλλιεργητικές τεχνικές που εφαρμόζει ο παραγωγός στον ελαιώνα.

1.8. Στάδια ανάπτυξης ελαιόκαρπου

Το ελαιόλαδο ενδείκνυται για τις ευεργετικές του ιδιότητες στην υγεία του ανθρώπου λόγω της περιεκτικότητάς του σε φαινόλες και σε υψηλό ποσοστό μονοακόρεστων λιπαρών οξέων με επικρατέστερο το ελαϊκό οξύ. Από το μεσοκάρπιο εξάγεται το μεγαλύτερο ποσοστό του ελαιόλαδου, το οποίο ανέρχεται περίπου στο 97% του συνόλου. Το υπόλοιπο 3% προέρχεται από το ενδοκάρπιο. Η ανάπτυξη του καρπού της ελιάς διαρκεί 5-7 μήνες και περιλαμβάνει πέντε φάσεις (Conde et al. 2008):

- a) Διαίρεση και ανάπτυξη των κυττάρων του εμβρύου
- b) Ταυτόχρονα με την διαίρεση εναποτίθεται λάδι σε αυτό τον ιστό
- c) Ακολουθεί η σκλήρυνση του ενδοκαρπίου
- d) Έναρξη της περιόδου συσσώρευσης ελαίου στο μεσοκάρπιο
- e) Ωρίμανση και μικρή επιπλέον συσσώρευση ελαίου

Ένας νωπός καρπός ελιάς περιέχει ως ποσοστό επί % του νωπού βάρους του 70% νερό, 17-32% λάδι, 2-6% απλά σάκχαρα, 3-6% πολυσακχαρίτες, 1,5% πηκτίνες, 1,5% πρωτεΐνες και σε μικρότερα ποσοστά οργανικά οξέα, ταννίνες, ελευρωπαΐνη, χρωστικές ουσίες και ανόργανα συστατικά. Το μεγαλύτερο ποσοστό ελαιολάδου κατανέμεται στο μεσοκάρπιο (96-98%) και το υπόλοιπο στο ενδοκάρπιο (2-4%).

Οι διάφορες φάσεις ελαιογένεσης στον καρπό καθώς και η ωρίμανση του διαφοροποιείται από ποικιλία σε ποικιλία. Επηρεάζονται κυρίως από τις περιβαλλοντικές συνθήκες της περιοχής και τις καλλιεργητικές πρακτικές που έχει εφαρμόσει ο παραγωγός. Για την ποικιλία Κορωνέικη η ελαιογένεση ξεκινάει από τον Ιούλιο και διαρκεί μέχρι τον Δεκέμβριο με το μεγαλύτερο ποσοστό να σχηματίζεται μεταξύ Νοεμβρίου και Δεκεμβρίου (Νιαβής και Χρυσόχερης 1958). Κατά την περίοδο αυτή, τα σάκχαρα και τα παράγωγα τους ξεκινάνε με τη μέγιστη συγκέντρωση τα οποία στη συνέχεια μειώνονται για να μετατραπούν σε λάδι.

Σύμφωνα με τον Toplu et al. (2009) διαπιστώθηκε ότι η λίπανση του εδάφους με ουρία, θειικό κάλιο και φωσφορικό μονοαμμώνιο μπορεί να αυξήσει την απόδοση σε καρπό και ελαιόλαδο, το μέσο βάρος των καρπών και την αναλογία σάρκας/πυρήνα. Επίσης, η περιεκτικότητα του καρπού σε έλαιο μπορεί να αυξηθεί με συμπληρωματική λίπανση N-K (Toplu et al. 2009, Malek και Mustapha 2013) ή να μην αυξηθεί (Talaie et al. 2001, Inglese et al. 2002, Morales-Sillero et al. 2007).

1.9. Εγκατάσταση και καλλιεργητικές εργασίες στον ελαιώνα

Στόχος των καλλιεργητικών εργασιών που εφαρμόζονται στον ελαιώνα είναι να ενισχύσουν την παραγωγικότητα των δέντρων και να συμβάλουν στη διαχείριση ασθενειών και φυσικών εχθρών. Αφορούν εργασίες που εφαρμόζονται από την φύτευση των ελαιόδεντρων μέχρι την ανάπτυξη και την σταθεροποίηση της παραγωγής.

Τοποθεσία οπωρώνα

Η ελιά θεωρείται από τα δέντρα με την καλύτερη προσαρμοστικότητα σε έδαφος και κλιματικές συνθήκες. Μπορεί να αναπτυχθεί σε διάφορων τύπων εδάφη όπως και σε διαφορετικές συνθήκες. Ωστόσο, για τη βιωσιμότητα της καλλιέργειας προτιμάται

να καλλιεργείται σε βαθιά και γόνιμα εδάφη και περιοχές με ήπιους χειμώνες και ζεστά καλοκαίρια χωρίς παγετούς και δυνατούς ανέμους.

Προετοιμασία εδάφους και φυτικό κεφάλαιο

Η προετοιμασία του εδάφους πριν τη φύτευση περιλαμβάνει ισοπέδωση, βαθιά άροση, στράγγιση και αφαίρεση των μεγάλων λίθων που θα εμποδίζουν τα γεωργικά μηχανήματα μελλοντικά. Επιπλέον, πριν από τη φύτευση, είναι σημαντικό να γίνεται μια ανάλυση εδάφους με σκοπό τον προσδιορισμό των θρεπτικών συστατικών και των αναγκών για βελτίωση τους. Για φυτικό κεφάλαιο επιλέγονται ποικιλίες ανάλογα την περιοχή και τον σκοπό της καλλιέργειας. Αν οι ελιές προορίζονται για επιτραπέζια χρήση θα επιλεγούν ποικιλίες με μεγάλους καρπούς ενώ αν προορίζονται για εξαγωγή ελαιόλαδου θα επιλεγούν ποικιλίες με μεγάλο ποσοστό ελαιοπεριεκτικότητας.

Άρδευση

Τα ελαιόδεντρα είναι ανθεκτικά στην ξηρασία και την έλλειψη νερού όμως για να αντιμετωπίσουν την καταπόνηση μειώνουν την παραγωγικότητα τους σε καρπούς (Pierantozzi et al. 2011). Η ελεγχόμενη άρδευση μειώνει την τάση του δέντρου για παρεννιαυτοφορία, μειώνει τον πληθυσμό των ατελών ανθέων και βελτιώνει την ανάπτυξη του καρπού και την ελαιοπεριεκτικότητά του (Νάνος και Πλιακώνη 2009). Έτσι, σημαντικό για την καλλιέργεια είναι η άρδευση σε κρίσιμες περιόδους για τα δέντρα. Τέτοιες περίοδοι είναι οι εξής:

- Ιανουάριος-Φεβρουάριος: διαμόρφωση ανθέων
- Απρίλιο-Ιούνιο: άνθιση και καρπόδεση
- Αύγουστο-Οκτώβριο: διαμόρφωση παραγωγής και αύξηση ελαιοπεριεκτικότητας

Η συχνότητα της άρδευσης εξαρτάται από το είδος του εδάφους και τη διαθεσιμότητα σε νερό της περιοχής. Μέθοδοι που χρησιμοποιούνται πλέον είναι με αυλάκια κυρίως σε ορεινούς και δύσβατους ελαιώνες, με ατομικούς μικροεκτοξευτήρες, με σταγόνες υπέργεια και υπόγεια.

Λίπανση

Με τη βοήθεια εδαφολογικών και φυλλοδιαγνωστικών αναλύσεων εξάγονται συμπεράσματα για τις ανάγκες της καλλιέργειας σε θρεπτικά στοιχεία και έπειτα καθορίζεται η λίπανση που θα ακολουθηθεί. Τα ελαιόδεντρα έχουν αυξημένες ανάγκες σε άζωτο και κάλιο, ενώ εξίσου σημαντικό είναι και το βόριο. Ο φώσφορος έχει μικρότερη σημασία για την καλλιέργεια της ελιάς ενώ το ασβέστιο χρησιμοποιείται κυρίως για ρύθμιση του pH του εδάφους. Συχνά στους ελαιώνες, κυρίως στους ξηρικούς, η λίπανση εφαρμόζεται ως βασική τον χειμώνα έως τις αρχές της άνοιξης όπου χορηγούνται όλα τα βασικά θρεπτικά στοιχεία όπως άζωτο, φώσφορος, κάλιο αλλά και βόριο, ή μέρος της εφαρμόζεται επιφανειακά τμηματικά κατά την περίοδο ανάπτυξης της βλάστησης και της καρποφορίας για την βελτίωση της παραγωγής. Το βόριο συχνά εφαρμόζεται διαφυλλικά, σε δόσεις, πριν την άνθιση έως την άνθιση και καρπόδεση.

Κλάδεμα

Το κλάδεμα διακρίνεται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- Κλάδεμα διαμόρφωσης σε νεαρά δέντρα: γίνεται τα πρώτα 1-3 έτη της καλλιέργειας και αποσκοπεί στην διαμόρφωση των ελαιόδεντρων.
- Κλάδεμα καρποφορίας σε παραγωγικά δέντρα: πραγματοποιείται κατά την παραγωγική περίοδο των ελαιόδεντρων και στόχο έχει την διατήρηση του σχήματος του δέντρου, την ισορροπία μεταξύ βλάστησης και καρποφορίας, τον καλό αερισμό και φωτισμό του δέντρου.
- Κλάδεμα ανανέωσης: εφαρμόζεται σε δέντρα μεγάλης ηλικίας με στόχο την ανανέωση των βραχιόνων τους και την αύξηση της παραγωγικότητάς τους.

Έλεγχος ζιζανίων

Τα ζιζάνια ζημιώνουν σημαντικά την καλλιέργεια καθώς την ανταγωνίζονται σε θρεπτικά στοιχεία και νερό. Επίσης, αποτελούν ξενιστές εχθρών και ασθενειών επιβλαβών για αυτή. Έτσι ως συνέπεια αυτού έρχεται η μείωση της παραγωγής και η υποβάθμιση του προϊόντος ποιοτικά. Ο έλεγχος των ζιζανίων μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε μηχανικά με τη βοήθεια γεωργικών μηχανημάτων είτε χημικά με

τη χρήση ζιζανιοκτόνων είτε με συνδυασμό και των δύο μεθόδων. Στους ελαιώνες τα πιο συνήθη ζιζάνια είναι τα εξής:

- a) Αγριάδα (*Cynodon dactylon*)
- b) Οξαλίδα (*Oxalis pesocaprae*)
- c) Σινάπι (*Sinapis spp*)
- d) Βάτα (*Rubus fruticosus*)
- e) Βέλιουρας (*Sorghum halepense*)
- f) Περικοκλάδα (*Convolvulus arvensis*)
- g) Ζωχός (*Sonchus spp*)
- h) Κίρσιο (*Cirsium arvense*)

Προστασία από ασθένειες και φυσικούς εχθρούς

Από τις σημαντικότερες καλλιεργητικές πρακτικές σε έναν ελαιώνα θεωρείται αυτή της φυτοπροστασίας. Διασφαλίζει την υγεία των δενδρυλλίων, τα οποία τα καθιστά πιο παραγωγικά.

Ένας από τους κυριότερους εντομολογικούς εχθρούς της ελιάς είναι ο δάκος (*Bactrocera oleae*), ο οποίος προσβάλλει τους καρπούς της ελιάς και τους καθιστά μη εμπορεύσιμους στην περίπτωση επιτραπέζιας χρήσης και λιγότερο αποδοτικούς στην περίπτωση ελαιοποιήσιμης χρήσης. Η αντιμετώπιση του δάκου περιλαμβάνει τη χρήση χημικών εντομοκτόνων, βιολογικών σκευασμάτων, καθώς και φυσικών μεθόδων όπως η χρήση παγίδων μαζικής σύλληψης. Η ορθολογική χρήση αυτών των μεθόδων είναι κρίσιμη για την αποφυγή ανθεκτικότητας του δάκου στα εντομοκτόνα και την προστασία του περιβάλλοντος.

Επιπλέον, η ελιά βλάπτεται από ασθένειες όπως το κυκλοκόνιο, η βερτισιλλίωση και το γλοιοσπόριο. Η πρόληψη και αντιμετώπισή τους απαιτεί συνδυασμό προληπτικών και θεραπευτικών μέτρων, όπως η επιλογή ανθεκτικών ποικιλιών, η σωστή καλλιεργητική πρακτική και η χρήση κατάλληλων φυτοπροστατευτικών προϊόντων.

Συνολικά, η αποτελεσματική φυτοπροστασία στην ελιά απαιτεί ολοκληρωμένη προσέγγιση, η οποία συνδυάζει παραδοσιακές και σύγχρονες μεθόδους, με κύριο μέλημα την αντιμετώπιση της κρίσης χωρίς τη διατάραξη του οικοσυστήματος. Η συνεχής ενημέρωση των παραγωγών και η έρευνα στον τομέα της φυτοπροστασίας

είναι απαραίτητες για την αντιμετώπιση των νέων προκλήσεων που προκύπτουν από τις κλιματικές αλλαγές και την εμφάνιση νέων εχθρών και ασθενειών.

1.10. Ανόργανη θρέψη των ελαιόδεντρων

Η ανόργανη θρέψη αποτελεί σημαντική παράμετρο για την ανάπτυξη και την παραγωγικότητα των ελαιόδεντρων. Περιλαμβάνει την παροχή βασικών ανόργανων θρεπτικών στοιχείων όπως άζωτο (N), φώσφορος (P), κάλιο (K), ασβέστιο (Ca), βόριο (B) τα οποία αποτελούν σημαντικό παράγοντα για τη σωστή ανάπτυξη και λειτουργία των ελαιόδεντρων.

Η σωστή διαχείριση της ανόργανης θρέψης περιλαμβάνει την τακτική ανάλυση εδάφους και των φύλλων για τον προσδιορισμό των επιπέδων των θρεπτικών στοιχείων. Με βάση τα αποτελέσματα αυτών των αναλύσεων πραγματοποιείται σωστή εφαρμογή των απαιτούμενων θρεπτικών μέσω της λίπανσης. Επιπλέον, η ανόργανη θρέψη πρέπει να συνδυάζεται με άλλες καλλιεργητικές πρακτικές, όπως η άρδευση και η οργανική λίπανση για τη βελτίωση της υγείας του εδάφους και τη μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας των θρεπτικών στοιχείων.

Η αποτελεσματική ανόργανη θρέψη συμβάλλει σημαντικά στη διασφάλιση υψηλών αποδόσεων και στην παραγωγή ελαιόλαδου υψηλής ποιότητας, ενώ παράλληλα προστατεύει το περιβάλλον μέσω της ορθολογικής χρήσης των πόρων.

Άζωτο (N)

Το άζωτο είναι βασικό θρεπτικό στοιχείο που χρησιμοποιείται για τη θρέψη των ελαιόδεντρων. Κύριος ρόλος του είναι η αύξηση του μήκους της νέας βλάστησης και του αριθμού των ταξιανθιών (Erel et al. 2008), στη μείωση την παρεννιαυτοφορίας (Haberman et al. 2019) και στην αύξηση της καρπόδεσης (Erel et al. 2013). Οι επιθυμητές συγκεντρώσεις αζώτου στα φύλλα είναι 1,6-1,8%. Το άζωτο είναι αναγκαίο όλη την περίοδο της ανθοφορίας μέχρι και την ανάπτυξη του καρπού. Η έλλειψη αζώτου έχει ως αποτέλεσμα μια σημαντική μείωση της φωτοσυνθετικής ικανότητας των φυτών αφού ένα μεγάλο μέρος του συνολικού αζώτου των φύλλων κατανέμεται στη φωτοσύνθεση (Boussadia et al. 2010).

Η ανεπάρκεια αζώτου επηρεάζει τον μεταβολισμό των σακχάρων και την κατανομή των υδατανθράκων στα ελαιόδεντρα (Paul 1997) προκαλώντας μείωση του αζώτου στα φύλλα, λιγότερες ταξιανθίες και μειωμένη καρπόδεση. Η λίπανση με άζωτο μπορεί να βελτιώσει την καρπόδεση, με τη διαφυλλική εφαρμογή να είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη στους ελαιώνες. Ο συνδυασμός εδαφικής και διαφυλλικής λίπανσης με ουρία είναι πιο αποτελεσματικός στην αύξηση του αζώτου στα φύλλα (Fernández-Escobar et al. 2009), ενώ η πολλαπλή διαφυλλική εφαρμογή ουρίας μπορεί να αυξήσει σημαντικά το άζωτο στα φύλλα, χωρίς όμως να επηρεάζει την ανθοφορία (Klein 1984).

Η υπερβολική χρήση αζωτούχων λιπασμάτων στους ελαιώνες έχει αυξηθεί, καθώς οι καλλιεργητές θεωρούν ότι αυτό θα ενισχύσει τις αποδόσεις. Ωστόσο, μελέτες δείχνουν ότι η επιπλέον λίπανση με άζωτο δεν βελτιώνει πάντα την ανάπτυξη ή την απόδοση σε δέντρα που παρουσιάζουν ήδη επάρκεια σε άζωτο (Fernández-Escobar et al. 2011). Η υπερβολική λίπανση μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα τόσο στο δέντρο όσο και στο έδαφος, είναι δαπανηρή και μπορεί να έχει αρνητικές περιβαλλοντικές συνέπειες μέσω της απώλειας αζώτου. Η σωστή διαχείριση της λίπανσης με άζωτο είναι κρίσιμη για τη βιώσιμη παραγωγή, αλλά υπάρχουν ακόμα ελλείψεις στη γνώση και τις οδηγίες σχετικά με τον κατάλληλο χρόνο και την ποσότητα εφαρμογής.

Φώσφορος (P)

Ο φώσφορος (P) είναι συστατικό των ενώσεων υψηλής ενέργειας, των νουκλεϊκών οξέων και των φωσφολιπιδίων. Συντελεί στην αύξηση της ρίζας, επιταχύνει την ωριμότητα των ελαιόδεντρων και λαμβάνει μέρος σε διάφορες βιοχημικές δράσεις. Αν και η έλλειψη φωσφόρου είναι σπάνια, τα ελαιόδεντρα εξακολουθούν να τον χρειάζονται για σωστή ανάπτυξη. Στην ελιά, ο φώσφορος αφαιρείται σε μικρές ποσότητες με τη συγκομιδή του καρπού και το κλάδεμα σε σύγκριση με άλλα μακροθρεπτικά συστατικά (Fernández-Escobar et al. 2015).

Η απορρόφηση του φωσφόρου από τα δέντρα πραγματοποιείται παθητικά με διάχυση και ενεργητικά. Απαντάται σε τρεις κυρίως ιοντικές μορφές ανάλογα με το pH τους εδάφους οι οποίες είναι H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} και PO_4^{3-} με συννηθέστερες για τα γεωργικά εδάφη τις δύο πρώτες. Παράγοντες που επιδρούν στην απορρόφηση είναι η παρουσία κατιόντων, η υδατική καταπόνηση και η συγκέντρωση P.

Η βέλτιστη συγκέντρωση στα φύλλα είναι 0,09-0,11%. Χαμηλότερα επίπεδα μπορεί να προκαλέσουν χλωρώσεις και ανεπαρκή ανάπτυξη βλαστών, ενώ η αύξηση του φωσφόρου μπορεί να μειώσει τα επίπεδα καλίου στα φύλλα (Θεριός 2015).

Η εφαρμογή φωσφόρου που συνιστάται είναι περίπου το 1/3-1/5 του χορηγούμενου αζώτου. Αυτό σημαίνει πως για 1 kg N/δένδρο χρειάζονται 200-350 g P₂O₅/δένδρο. Καλό θα ήταν να γίνεται εφαρμογή ανά 2-3 χρόνια λόγω της συγκράτησης του από το έδαφος. Η περίοδος χορήγησης του είναι τέλη Νοεμβρίου-αρχές Δεκεμβρίου.

Κάλιο (K)

Το δεύτερο σημαντικότερο θρεπτικό στοιχείο για ένα ελαιώνα θεωρείται το κάλιο (K) λόγω των πολλαπλών ρόλων που έχει στην καλλιέργεια. Συμμετέχει στην ενεργοποίηση των ενζύμων, τη σύνθεση πρωτεϊνών, τη φωτοσύνθεση και την αναπνοή, τη οσμωτική ρύθμιση, τις κινήσεις των στομάτων, τη σύνθεση και τη μεταφορά υδατανθράκων και την αντοχή στο στρες (Marschner 2012). Μεγάλες ποσότητες καλίου αφαιρούνται με την απομάκρυνση των κλαδευτικών και με τη συγκομιδή του καρπού (Fernandez-Escobar 2004).

Η επιθυμητή συγκέντρωση καλίου στα φύλλα είναι 0,7-0,9% ενώ κάτω από 0,5% παρατηρούνται συμπτώματα έλλειψης. Χαρακτηριστικά συμπτώματα τροφοπενίας καλίου είναι η χλώρωση των φύλλων με ξήρανση της κορυφής τους καθώς και η μικροφυλλία και η πρόωγη φυλλόπτωση. Δεν είναι τόσο ευδιάκριτη όσο οι τροφοπενίες βορίου, φωσφόρου ωστόσο τα συμπτώματα έλλειψης σε κάλιο γίνονται πιο έντονα σε περιόδους ξηρασίας.

Ασβέστιο (Ca)

Το ασβέστιο είναι εξίσου σημαντικό για την ανάπτυξη της ελιάς, καθώς επηρεάζει τις μεριστωματικές ζώνες, την ευπάθεια των ιστών σε προσβολές από μύκητες, την ωρίμανση των καρπών, την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, τη ρύθμιση του pH και τον σχηματισμό των κυτταρικών τοιχωμάτων. Επιπλέον, παίζει ρόλο στη μεταφορά των φυτικών ορμονών, την αναπνοή, την παραγωγή αιθυλενίου και την πρόσληψη καλίου, νατρίου και μαγνησίου. Ακόμα, έρευνες έχουν δείξει ότι υψηλά επίπεδα

ασβεστίου προστατεύουν την κυτταρική μεμβράνη από τις επιπτώσεις της αλατότητας μέσω της βελτίωσης του λόγου K/Na (Hasegawa et al. 2000).

Τα φυτά προσλαμβάνουν το ασβέστιο από το εδαφικό διάλυμα ως κατιόν Ca^{2+} . Ελλείψεις ασβεστίου εμφανίζονται κυρίως σε όξινα, αλκαλιωμένα ή αμμώδη εδάφη και προκαλούν συμπτώματα όπως παραμορφώσεις και νέκρωση στα νεαρά φύλλα. Τροφοπενία παρατηρείται όταν η περιεκτικότητα στα φύλλα φθάσει 0,5% την στιγμή που η επάρκεια ανέρχεται στο 1-4,5%. Αντίθετα, υψηλές συγκεντρώσεις ασβεστίου μπορεί να προκαλέσουν έλλειψη άλλων στοιχείων λόγω ανταγωνισμού.

1.11. Ο ρόλος και η σημασία του βορίου στην καλλιέργεια ελαιόδεντρων

Η έλλειψη βορίου είναι από τα πιο συχνά φαινόμενα που εντοπίζονται στους ελαιώνες (Λιακόπουλος και Καραμπουρνιώτης 2005) και αυτό γιατί βρίσκεται σε μικρές συγκεντρώσεις στο έδαφος και η διαθέσιμη μορφή του είναι περιορισμένη εξαιτίας των σταθερών ενώσεων που σχηματίζει (Simoglou and Dordas 2006). Τα συμπτώματα έλλειψης βορίου στην ελιά διακρίνονται ως εξής:

- i) νεκρή ή κίτρινη άκρη στα φύλλα
- ii) μικρό, εύθραυστο και στενό φύλλο
- iii) οπίσθια οπή βλαστών
- iv) νέκρωση του κορυφαίου οφθαλμού που οδηγεί σε θαμνώδη εμφάνιση
- v) μη φυσιολογική ανάπτυξη καρπού «πρόσωπο πιθήκου» και
- vi) πρόωρη πτώση καρπού (Perica et al. 2001)

Αντίθετα τα συμπτώματα τοξικότητας από βόριο είναι σπανιότερα και γίνονται διακριτά από νεκρώσεις της περιφέρειας και της κορυφής των φύλλων, χωρίς όμως την παρουσία χλωρωτικής ζώνης μεταξύ των υγείων και νεκρωτικών ιστών (Demetriades and Holevas 1968). Πιθανά αίτια τοξικότητας εμφανίζονται σε εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα σε βόριο, από υπερβολική χρήση λιπασμάτων με βόριο και από άρδευση με νερό πλούσιο σε βόριο.

Στην ελιά, συμπτώματα τροφοπενίας βορίου παρατηρήθηκαν όταν η συγκέντρωση των φύλλων σε βόριο έπεσε κάτω από 15 mg kg^{-1} ξηρής ουσίας (Τσαδίλας και Χατζουλάκης 1999) ενώ επάρκεια θεωρείται σε ένα εύρος τιμών από 20 έως 75 mg kg^{-1} (Jones et al. 1991).

Το βόριο διαδραματίζει σημαντικό ρόλο σε λειτουργίες του μεταβολισμού και της ανάπτυξης των ελαιόδεντρων όπως στην επιμήκυνση και την κυτταρική διαίρεση, τον μεταβολισμό των νουκλεϊκών οξέων, υδατανθράκων και πρωτεϊνών, στη μεταφορά σακχάρων, στον μεταβολισμό αυξίνης και φαινόλης, στη διαπερατότητα της μεμβράνης, στη δομή του κυτταρικού τοιχώματος και λειτουργία, στην βλάστηση της γύρης και ανάπτυξη του στύλου και στην ανθοφορία και την καρπόδεση (Marschner 1995).

Τα ελαιόδεντρα έχουν συγκεκριμένες απαιτήσεις σε βόριο στην ανθοφορία τους. Με την είσοδο του στο φυτό, αυτό κινείται μέσα στους ιστούς καθ' όλη την διάρκεια ανάπτυξης των δέντρων (Sibbett and Ferguson, 2002). Διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη μεταφορά των σακχάρων προς τα αναπτυσσόμενα άνθη, αυξάνοντας έτσι την περιεκτικότητα του νέκταρ σε σάκχαρα και τη γονιμότητα των ανθέων (Marschner 1995). Η διαφυλλική εφαρμογή του αυξάνει τις συγκεντρώσεις του στα φύλλα και τις ταξιανθίες (Perica et al. 2001) ενώ επίσης παρατηρείται υψηλότερη περιεκτικότητα βορίου ακόμα και στον καρπό (Perica and Cmelik 2007).

Βοηθάει στη μεταφορά καλίου στα κύτταρα των στομάτων των φύλλων (Romheld and Marschner 1991) αλλά και μαζί με το CO₂ στη φωτοσύνθεση για την μεταφορά των σακχάρων (Sisler et al. 1956).

Η χορήγηση βορίου για την βελτιστοποίηση του στα επιθυμητά επίπεδα στα ελαιόδεντρα μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με εφαρμογή στο έδαφος είτε με διαφυλλικούς ψεκασμούς είτε με συνδυασμό των δύο.

- Στο έδαφος η εφαρμογή γίνεται ανά 2-3 χρόνια με τη χορήγηση 250-300 g βόρακα ανά δέντρο (για ενήλικα δέντρα). Ο βοράκας είναι ορυκτό στοιχείο που αποτελείται από νάτριο, βόριο, οξυγόνο, και υδρογόνο. Η χημική του σύνθεση είναι συνήθως $\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ και συχνά εμφανίζεται ως λευκή κρυσταλλική σκόνη ή ως άχρωμοι κρύσταλλοι. Είναι επίσης γνωστός και ως τετραβορικό νάτριο.
- Η διαφυλλική λίπανση με βόριο πραγματοποιείται μέσα στην άνοιξη την περίοδο της άνθισης και της καρπόδεσης, τότε που οι ανάγκες σε βόριο είναι αυξημένες. Συνιστάται να πραγματοποιούνται 2-3 ψεκασμοί ανά 15 μέρες ώστε να επιτευχθούν καλύτερα αποτελέσματα συγκριτικά με ένα μεμονωμένο ψεκασμό.

1.12. Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της ερευνητικής εργασίας ήταν η εφαρμογή βορίου για τη βελτίωση της ανθοφορίας και της καρπόδεσης καθώς και της παραγωγικότητας των ελαιόδενδρων ποικιλίας Κορωνέικη. Για τον σκοπό αυτό μετρήθηκαν η παραγωγικότητα των δέντρων, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών, καθώς και η ελαιοπεριεκτικότητα του παραγόμενου ελαιόκαρπου. Μετρήθηκε επίσης η συγκέντρωση των φύλλων προερχόμενων από καρποφορούντες ή μη βλαστούς στα θρεπτικά στοιχεία κάλιο, ασβέστιο, φώσφορος και βόριο για να διαπιστωθεί η θρεπτική κατάσταση των φύλλων σε σχέση με το φορτίο των καρπών και την εφαρμογή βορίου.

1. Υλικά και Μέθοδοι

2.1 Χαρακτηριστικά πειραματικού ελαιώνα

Ο πειραματικός ελαιώνας βρίσκεται στην περιοχή της Επισκοπής Πεδιάδος του νομού Ηρακλείου και αποτελείται από δέντρα της ποικιλίας Κορωνέικη. Οι εφαρμογές του πειράματος πραγματοποιήθηκαν και ολοκληρώθηκαν σε μια καλλιεργητική περίοδο, το έτος 2022, τη χρονιά της υψηλής αναμενόμενης παραγωγής.

Η περιοχή χαρακτηρίζεται από ζεστά καλοκαίρια και χειμώνες με ήπιες βροχοπτώσεις χωρίς ακραία καιρικά φαινόμενα. Το καλοκαίρι οι θερμοκρασίες κυμαίνονται από 25-27 °C (αρχές καλοκαιριού) και μπορεί να ανέλθουν έως 33-35 °C (τέλη Ιουλίου – αρχές Αυγούστου). Σε συνδυασμό με τον ήπιο χειμώνα και τα μέσης σύστασης εδάφη της περιοχής ευνοείται η ανάπτυξη και η καρποφορία της ελιάς.

Ο πειραματικός αγρός έχει έκταση 0,8 στρέμματα και τα δέντρα είναι ηλικίας 23 ετών. Οι αποστάσεις φύτευσης είναι 6 x 5 μ. με πυκνότητα φύτευσης 18 δέντρα ανά στρέμμα. Η διαμόρφωση είναι σε κύπελλο με τρεις ή τέσσερις βραχίονες.

Η άρδευση των δέντρων πραγματοποιείται με ατομικούς μικροεκτοξευτήρες κοντά στον λαιμό του δέντρου και σε απόσταση τέτοια ώστε να μην διαβρέχεται. Ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή, η άρδευση πραγματοποιείται Αύγουστο με Σεπτέμβριο. Τη χρονιά του πειράματος η καλλιέργεια δέχτηκε τρεις φορές άρδευση με συνολικά να καταναλώνονται 30 m³ νερού. Η παροχή των μικροεκτοξευτήρων είναι 0,6 m³ ανά δέντρο.

Η διαχείριση των ζιζανίων γίνεται μηχανικά με χρήση καλλιεργητή μια φορά τον Μάιο, με το πέρας των ανοιξιάτικων βροχοπτώσεων.

Κάθε χρόνο πραγματοποιούνται οι ίδιες καλλιεργητικές πρακτικές προσαρμοσμένες στις ανάγκες των δέντρων, τις καιρικές συνθήκες καθώς και την αναμενόμενη παραγωγή. Το έτος διεξαγωγής του πειράματος πραγματοποιήθηκαν οι παρακάτω τεχνικές από τον μήνα Φεβρουάριο έως τον Νοέμβριο.

Οι εργασίες ξεκίνησαν αρχές Φεβρουαρίου με το κλάδεμα καρποφορίας. Με το κλάδεμα επιτυγχάνεται διατήρηση του σχήματος διαμόρφωσης των δέντρων, ο καλός φωτισμός και αερισμός της κόμης των δέντρων και η ισορροπία μεταξύ νέας βλάστησης και καρποφορίας. Ακολούθησε στα μέσα Μαρτίου η λίπανση με το σύνθετο λίπασμα 18-8-14 με 3 kg λιπάσματος ανά δέντρο ή 17,8 kg N, 7,9 kg P₂O₅ και 13,9 kg K₂O ανά στρέμμα. Την αντιμετώπιση του δάκου (*Bactrocera oleae*) αναλαμβάνουν τα υπεύθυνα συνεργεία του Αγροτικού Συνεταιρισμού Επισκοπής. Η παρακολούθηση των

πληθυσμών του δάκου πραγματοποιήθηκε με τη χρήση παγίδων Mc Phail και κατάλληλου προσελκυστικού (θειική αμμωνία 2-3% κατά βάρος) και η αντιμετώπισή του με δολωματικό ψεκασμό με προσελκυστικό (θειική αμμωνία 2-3% κατά βάρος) και εντομοκτόνο (δόλωμα Success 0,24CB, (δραστική ουσία Spinosad) σε συγκέντρωση 10%). Τέλος τον μήνα Νοέμβριο έγινε η συγκομιδή του καρπού και η εξαγωγή του ελαιόλαδου. Η συγκομιδή πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια ελαιοραβδιστικών μπαταρίας τύπου αχινού με παλμοπεριστροφική κίνηση και στο έδαφος είχαν απλωθεί πανιά για την συλλογή του καρπού.

2.2 Περιγραφή μεταχειρίσεων

Το πείραμα περιλάμβανε δύο μεταχειρίσεις, τον μάρτυρα και την εφαρμογή βορίου με έξι δέντρα επαναλήψεις ανά μεταχείριση. Στον μάρτυρα δεν εφαρμόστηκε βόριο, ενώ για τη μεταχείριση της εφαρμογής βορίου πραγματοποιήθηκαν οι εξής εφαρμογές:

- 1) Στις 20 Μαρτίου 2022, πέντε ημέρες πριν την πλήρη άνθηση, η οποία ήταν 25 Μαρτίου, εφαρμόστηκε βόρακας στο έδαφος ο οποίος διαλύθηκε στο νερό και εφαρμόστηκε με ριζοπότισμα σε συγκέντρωση 500 ppm. Η εφαρμογή B στο έδαφος έγινε σε απόσταση 0,5 m από τον κορμό του δέντρου (για την αποφυγή τοξικότητας) και σε μια λωρίδα εδάφους πάχους 30-40 cm. Για την εφαρμογή χρησιμοποιήθηκε βόρακας ETIBOR-48.
- 2) Επιπλέον εφαρμόστηκε B διαφυλλικά σε συγκέντρωση 300 ppm χρησιμοποιώντας το σκεύασμα Strike B. Αμέσως μετά την εφαρμογή του B στο έδαφος ακολούθησε ψεκασμός της κόμης του δέντρου με 300 ppm B με ψεκαστήρα πλάτης.
- 3) Στις 5 Απριλίου 2022, δηλαδή 15 ημέρες από την προηγούμενη εφαρμογή, πραγματοποιήθηκε δεύτερη εφαρμογή B διαφυλλικά σε συγκέντρωση 300 ppm.
- 4) Τέλος, στις 18 Σεπτεμβρίου 2022 εφαρμόστηκαν διαφυλλικά 300 ppm B με Strike B για τη διαφοροποίηση των ανθοφόρων οφθαλμών για την επόμενη χρονιά.

2.3 Μετρήσεις

2.3.1 Παραγωγικότητα των δέντρων

Στην περίοδο της συγκομιδής ζυγίστηκε η συνολική παραγωγή σε kg ανά δένδρο και ανά μεταχείριση. Μετρήθηκε επίσης η διάμετρος του κορμού στα 30 cm πάνω από την επιφάνεια του εδάφους και υπολογίστηκε η επιφάνεια διατομής του κορμού.

Έπειτα υπολογίστηκε η παραγωγή ανά μονάδα επιφάνειας διατομής κορμού ανά δένδρο.

2.3.2 Δειγματοληψία καρπών

Στη συγκομιδή από κάθε δέντρο συλλέχθηκε ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα καρπών το οποίο χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών, του δείκτη ωριμότητάς τους και της ελαιοπεριεκτικότητάς τους.

2.3.3 Μέτρηση ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών στο εργαστήριο

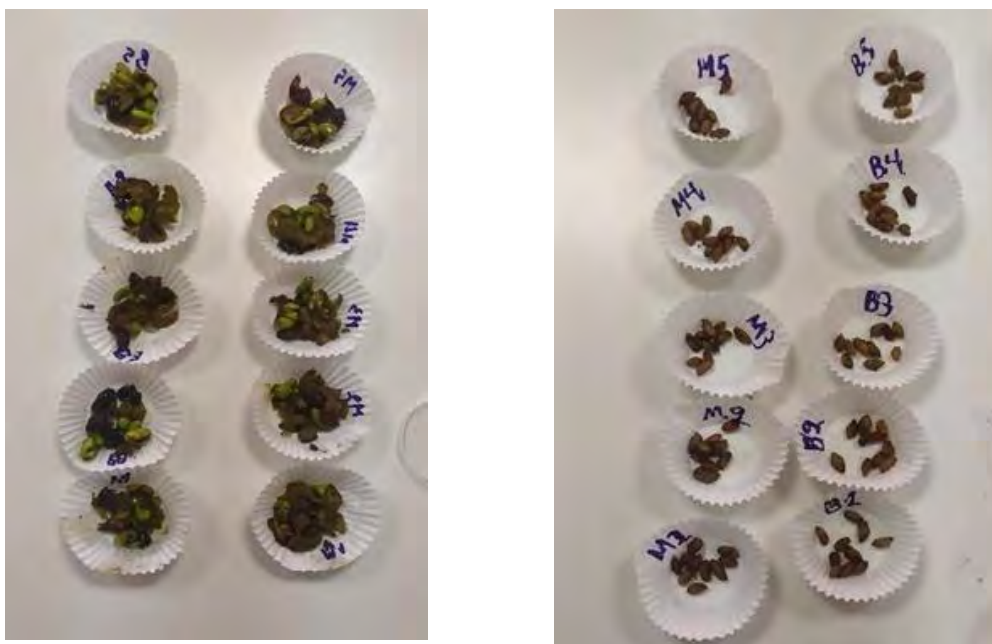
Στις 30/11/2022 έγινε μέτρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών. Οι μετρήσεις των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών πραγματοποιήθηκαν σε πέντε επαναλήψεις των 10 καρπών ανά μεταχείριση και περιλάμβαναν το χρώμα του επικαρπίου, το βάρος καρπού, το βάρος πυρήνα, τον λόγο σάρκας/πυρήνα, τις διαστάσεις καρπού και το ποσοστό % ξηράς ουσίας σάρκας και πυρήνα (Εικόνα 2.1).



Εικόνα 2.1 Μέτρηση ποιοτικών χαρακτηριστικών καρπών ελιάς ποικιλίας Κορωνέικη

Βάρος καρπού και λόγος σάρκας/πυρήνα

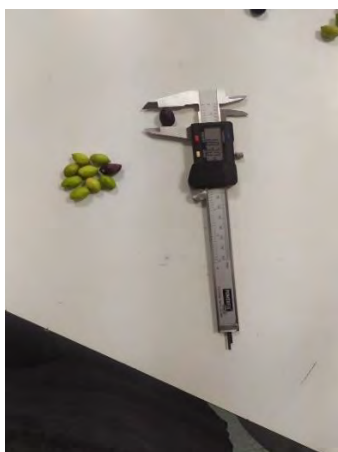
Το βάρος καρπού λήφθηκε με τη ζύγιση των 10 καρπών ανά επανάληψη και διαιρώντας με τον αριθμό των καρπών της επανάληψης. Με το πέρας της ζύγισης του κάθε καρπού, αφαιρέθηκε ο πυρήνας και ζυγίστηκε (Εικόνα 2.2). Έπειτα υπολογίστηκε ο λόγος σάρκας/πυρήνα.



Εικόνα 2.2 Μετρήσεις ποσοστού % ξηράς ουσίας περικαρπίου και πυρήνα)
(αριστερά και δεξιά αντίστοιχα)

Διαστάσεις και σχήμα καρπού

Μετρήθηκε το μήκος και το πλάτος του καρπού (Εικόνα 2.3). Η μέτρηση έγινε με παχύμετρο και στην συνέχεια υπολογίστηκε ο λόγος μήκος/πλάτος και ακολούθησε η περιγραφή του σχήματος του καρπού όπως προαναφέρθηκε.



Εικόνα 2.3 Μέτρηση των διαστάσεων των καρπών με παχύμετρο.

Χρώμα επικαρπίου

Το χρώμα του επικαρπίου μετρήθηκε με τη βοήθεια του χρωματόμετρου Minolta (Model CR-400, Minolta Ltd, Osaka, Ιαπωνία) (Εικόνα 2.4). 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.



Εικόνα 2.4 Μέτρηση του χρώματος του επικαρπίου καρπών ελιάς ποικιλίας Κορωνέικη με το χρωματόμετρο Minolta.

Ο συνδυασμός των παραμέτρων αυτών 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 χαμηλότερο είναι το C^* , τόσο πιο σκούρο χρώμα έχει ο καρπός.

Η γωνία Hue είναι αντιπροσωπευτική της απόχρωσης (Hue = 0° εκφράζει το κόκκινο-μωβ, Hue = 90° εκφράζει το κίτρινο, Hue = 180° το μπλε-πράσινο και Hue = 270° 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 του πειράματος. Ακολούθησε ξήρανση στον φούρνο στους 80 °C και έπειτα ζύγιση του ξηρού βάρους. Τέλος υπολογίστηκε το ποσοστό % ξηράς ουσίας του μεσοκαρπίου του καρπού.

2.3.4 Μέτρηση ελαιοπεριεκτικότητας

Ο προσδιορισμός της ελαιοπεριεκτικότητας πραγματοποιήθηκε με εκχύλιση κατά Soxhlet (Ρούσσης και Μπαδέκα 2020). Για τον προσδιορισμό της ελαιοπεριεκτικότητας χρησιμοποιήθηκε ξηρό δείγμα ελαιομάζας ποσότητας περίπου 5-10 g ανά μεταχείριση και για την εκχύλιση χρησιμοποιήθηκαν 200 mL εξανίου. Η ελαιοπεριεκτικότητα εκφράστηκε ως ποσοστό ελαιόλαδου επί του ξηρού βάρους του περικαρπίου. Έπειτα γνωρίζοντας το ποσοστό ξηράς ουσίας του περικαρπίου υπολογίστηκε η ελαιοπεριεκτικότητα ως ποσοστό ελαιόλαδου επί του νωπού βάρους του περικαρπίου.

2.3.5 Μέτρηση της συγκέντρωσης των φύλλων σε K, P, Ca και B

Για τη μέτρηση των ανόργανων στοιχείων K, P, Ca και B στα φύλλα ελιάς πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία φύλλων στις 30 Ιουλίου του 2022. Τα φύλλα συλλέχθηκαν χωριστά από καρποφορούντες και μη καρποφορούντες ετήσιους βλαστούς ανά δέντρο και μεταχείριση. Τα φύλλα που επιλέχθηκαν ήταν υγιή, καλά αναπτυγμένα και συλλέχθηκαν από το μέσο προς τη βάση των βλαστών. Έπειτα πλύθηκαν, τοποθετήθηκαν σε χάρτινες σακούλες και ακολούθησε η ξήρανση τους φυσικά. Οι μετρήσεις των ανόργανων στοιχείων στα φύλλα πραγματοποιήθηκαν σε τρεις επαναλήψεις των 120 φύλλων ανά μεταχείριση.

Με τη βοήθεια μύλου τα φύλλα λειοτριβήθηκαν μέχρι να γίνουν λεπτή σκόνη. Στη συνέχεια με τη βοήθεια ζυγού δύο δεκαδικών ψηφίων ζυγίστηκαν 0,5 g από κάθε δείγμα 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 (Εικόνα 2.5). Έπειτα για τη χώνευση της τέφρας προστέθηκαν 20 mL 20% HCl (συγκέντρωση 37%, MB=36,5 και $d=1,19 \text{ kg L}^{-1}$). Ακολούθησε η διήθηση του περιεχομένου της κάψας με ένα φίλτρο τύπου Whatman No 40, Ø 110 mm και η

παραλαβή του εκχυλίσματος με τη βοήθεια χωνιού σε ογκομετρική φιάλη των 50 ml. Κατόπιν συμπληρώθηκε απεσταγμένο νερό μέχρι τον τελικό όγκο των 50 ml. Το διάλυμα που προέκυψε (stock) για κάθε δείγμα τοποθετήθηκε σε πλαστικό σωλήνα Falcon και αξιοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των στοιχείων K, P, Ca και B στα φύλλα (Εικ. 2.5).



Εικόνα 2.5 Καύση δειγμάτων στο πυριαντήριο

Οι μετρήσεις της συγκέντρωσης των ανόργανων στοιχείων K και Ca έγινε με φλογοφωτόμετρο (JENWAY PFP7 Flame Photometer, Fisher Scientific UK Ltd). Για τη βαθμονόμηση του οργάνου έγινε η κατασκευή της καμπύλης βαθμονόμησης του οργάνου. Έγινε παρασκευή των πρότυπων διαλυμάτων K (4 ppm, 8 ppm, 12 ppm) και Ca (10 ppm, 30 ppm, 50 ppm) από τα stock διαλύματα K (πρότυπο διάλυμα καλίου 1000 ppm) και Ca (πρότυπο διάλυμα ασβεστίου 1000 ppm). Ο μηδενισμός του οργάνου γινόταν με απεσταγμένο νερό. Από την πρότυπη καμπύλη βαθμονόμησης και της αραίωσης, όπου απαιτήθηκε, προσδιορίστηκε η περιεκτικότητα των φυτικών δειγμάτων σε K και Ca και εκφράστηκαν σε ποσοστό % ξηρού βάρους φύλλου.



Εικόνα 2.6 Εκχυλίσματα φυτικού ιστού φύλλων ελιάς ποικιλίας Κορωνέικη τοποθετημένα σε falcon

Η μέτρηση του φωσφόρου πραγματοποιήθηκε με την χρήση φασματοφωτόμετρου σε μήκος κύματος 882 nm αφού αναπτύχθηκε κυανό χρώμα στο δείγμα. Η συγκέντρωση των φύλλων σε P εκφράστηκε ως ποσοστό % ξηρού βάρους φύλλου.

Η μέτρηση της συγκέντρωσης B στα φύλλα έγινε με τη μέθοδο της χρωματικής αντίδρασης με αζωμεθίνη. Στη συνέχεια μετρήθηκαν τα δείγματα στο φασματοφωτόμετρο στα 420 nm. Επίσης μετρήθηκαν και δείγματα γνωστών συγκεντρώσεων B για τη δημιουργία της καμπύλης αναφοράς. Η συγκέντρωση των φύλλων σε B εκφράστηκε ως mg kg^{-1} ξηρού βάρους φύλλου.

2.6 Στατιστική επεξεργασία

Για τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS (Version 20.0, IBM Corporation, Armonk, NY, USA). Η σύγκριση των μέσων όρων έγινε με το κριτήριο student t-test και με το κριτήριο Tukey για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.

2. Αποτελέσματα

3.1 Παραγωγικότητα των δέντρων

Τα δέντρα της μεταχείρισης της λίπανσης με Β είχαν παρόμοια επιφάνεια διατομής του κορμού με αυτά του μάρτυρα (Πίν. 3.1). Επίσης, η παραγωγή ανά δέντρο και ανά μονάδα επιφάνειας διατομής κορμού ήταν παρόμοια μεταξύ των δέντρων της λίπανσης με Β και αυτών του μάρτυρα (Πίν. 3.1).

Πίνακας 3.1. Επιφάνεια διατομής κορμού, παραγωγή καρπών ανά δένδρο και παραγωγή ανά μονάδα επιφάνεια διατομής κορμού των δέντρων ελιάς ποικιλίας Κορωνέικης των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με Β.

Μεταχείριση	Επιφάνεια διατομής κορμού (cm ²)	Παραγωγή ανά δένδρο (kg)	Παραγωγή ανά μονάδα επιφάνεια διατομής κορμού (g cm ⁻²)
Μάρτυρας	598	41,6	78,8
Λίπανση Β	609	40,5	72,3
Σημαντικότητα			
Μεταχείριση	NS	NS	NS

Σημαντικότητα: NS μη σημαντική διαφορά.

3.2 Ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών

3.2.1 Χρώμα καρπών ελιάς

Οι καρποί των ελαιόδεντρων την ποικιλίας Κορωνέικη που δέχτηκαν διαφυλλικούς ψεκασμούς με Β και εφαρμογή βόρακα στο έδαφος είχαν παρόμοιες τιμές των παραμέτρων L*, C* και Hue του χρώματος του επικαρπίου με αυτούς των ελαιόδεντρων του μάρτυρα (Πίν. 3.2.).

Πίνακας 3.2. Παράμετροι του χρώματος L*, C* και Hue του επικαρπίου των καρπών ελιάς ποικιλίας Κορωνέικη των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με Β στη συγκομιδή στις 30/11/2022.

Μεταχείριση	L*	C*	Hue
Μάρτυρας	39,5	22,5	102
Λίπανση Β	40,7	25,0	104
Σημαντικότητα			
Μεταχείριση	NS	NS	NS

Σημαντικότητα: NS μη σημαντική διαφορά.

3.2.2 Βάρος, διαστάσεις, λόγος μήκος/πλάτος, λόγος σάρκας/πυρήνα και ποσοστό % ξηρού βάρους περικαρπίου και ενδοκαρπίου καρπών ελιάς

Στη συγκομιδή στις 30/11/2022, το βάρος, το μήκος και το πλάτος του καρπού ήταν παρόμοιο στα δέντρα όπου εφαρμόστηκε λίπανση με Β με τα δέντρα του μάρτυρα (Πίν. 3.3). Επιπλέον, ο λόγος μήκος/πλάτος καρπού και το βάρος ενδοκαρπίου ήταν μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων (Πίν. 3.3)

Πίνακας 3.3. Βάρος, μήκος, πλάτος, λόγος μήκος/πλάτος καρπού και βάρος ενδοκαρπίου των καρπών ελιάς ποικιλίας Κορωνέικης των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με Β στη συγκομιδή στις 30/11/2022.

Μεταχείριση	Βάρος καρπού (g)	Μήκος καρπού (mm)	Πλάτος καρπού (mm)	Λόγος μήκος/πλάτος καρπού	Βάρος ενδοκαρπίου (g)
Μάρτυρας	0,85	15,2	10,1	1,50	0,24
Λίπανση Β	0,89	15,1	10,3	1,48	0,25
Σημαντικότητα					
Μεταχείριση	NS	NS	NS	NS	NS

Σημαντικότητα: NS μη σημαντική διαφορά.

Οι καρποί των ελαιόδεντρων που δέχτηκαν λίπανση με Β είχαν παρόμοιο ποσοστό % ξηρού βάρους περικαρπίου με τους καρπούς των ελαιόδεντρων του μάρτυρα (Πίν. 3.4). Επίσης, οι καρποί των ελαιόδεντρων που δέχτηκαν λίπανση με Β είχαν μικρότερο ποσοστό % ξηρού βάρους ενδοκαρπίου από τους καρπούς των ελαιόδεντρων του μάρτυρα (Πίν. 3.4).

Πίνακας 3.4. Λόγος σάρκας/πυρήνα, ποσοστό % ξηράς ουσίας περικαρπίου και ποσοστό % ξηράς ουσίας ενδοκαρπίου των καρπών ελιάς ποικιλίας Κορωνέικης των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με Β στη συγκομιδή στις 30/11/2022.

Μεταχείριση	Ποσοστό ξηρού βάρους περικαρπίου (%)	Ποσοστό ξηρού βάρους ενδοκαρπίου (%)
Μάρτυρας	48,8	78,6a
Λίπανση Β	48,5	75,6b
Σημαντικότητα		
Μεταχείριση	NS	**

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

3.3 Δείκτης ωριμότητας καρπών ελιάς

Ο δείκτης ωριμότητας ελαιόκαρπου των καρπών ελιάς της ποικιλίας Κορωνέικη ήταν ελαφρώς υψηλότερος στους καρπούς του μάρτυρα σε σχέση με τους καρπούς της λίπανσης με Β κατά την περίοδο της συγκομιδής (Πίν. 3.5).

Πίνακας 3.5. Δείκτης ωριμότητας ελαιόκαρπου των καρπών ελιάς ποικιλίας Κορωνέικης των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με Β στη συγκομιδή στις 30/11/2022.

Μεταχείριση	Δείκτης ωριμότητας
Μάρτυρας	2,36
Λίπανση Β	2,22

3.4 Ελαιοπεριεκτικότητα καρπών

Οι καρποί ελιάς του μάρτυρα είχαν υψηλότερη ελαιοπεριεκτικότητα εκφρασμένη επί του ξηρού βάρους και επί του νωπού βάρους περικαρπίου σε σχέση με αυτά της λίπανσης με Β (Πίν. 3.5).

Πίνακας 3.6. Ελαιοπεριεκτικότητα ως ποσοστό % ξηρού βάρους και νωπού βάρους των καρπών ελιάς ποικιλίας Κορωνέικης των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με Β στη συγκομιδή στις 30/11/2022.

Μεταχείριση	Ελαιοπεριεκτικότητα % ξηρού βάρους περικαρπίου	Ελαιοπεριεκτικότητα % νωπού βάρους περικαρπίου
Μάρτυρας	38	18
Λίπανση Β	30	15

3.5 Συγκέντρωση των φύλλων ελιάς σε Κ σε καρποφορούντες και μη καρποφορούντες βλαστούς

Η συγκέντρωση των φύλλων ελιάς σε Κ στα ελαιόδεντρα του μάρτυρα ήταν υψηλότερη στους μη καρποφορούντες από τους καρποφορούντες βλαστούς (Πίν. 3.7). Στα ελαιόδεντρα που εφαρμόστηκε λίπανση με Β η συγκέντρωση των φύλλων ελιάς σε Κ ήταν παρόμοια σε καρποφορούντες και μη καρποφορούντες βλαστούς (Πίν. 3.7).

Σε καρποφορούντες βλαστούς η συγκέντρωση των φύλλων ελιάς σε Κ ήταν παρόμοια στα ελαιόδεντρα με λίπανση Β και σε αυτά του μάρτυρα (Πίν. 3.7). Ομοίως, στους μη καρποφορούντες βλαστούς η συγκέντρωση των φύλλων ελιάς σε Κ ήταν παρόμοια μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων (Πίν. 3.7).

Πίνακας 3.7. Συγκέντρωση σε Κ των φύλλων ελιάς ποικιλίας Κορωνέικης από καρποφορούντες και μη καρποφορούντες βλαστούς των δένδρων των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με Β στις 30 Ιουλίου 2022.

Μεταχείριση	Καρποφορία	K (%)
Μάρτυρας	Με καρπό	0,719b
	Χωρίς καρπό	0,902a
Λίπανση Β	Με καρπό	0,787ab
	Χωρίς καρπό	0,898a
Σημαντικότητα		
Μεταχείριση		**

Σημαντικότητα: ** επίπεδο σημαντικότητας 0,01.

3.6 Συγκέντρωση των φύλλων ελιάς σε Ca από καρποφορούντες και μη καρποφορούντες βλαστούς

Η συγκέντρωση των φύλλων ελιάς σε Ca ήταν μεγαλύτερη σε καρποφορούντες από μη καρποφορούντες βλαστούς στα ελαιόδεντρα του μάρτυρα (Πίν. 3.8). Στη μεταχείριση της λίπανσης με Β η συγκέντρωση των φύλλων ελιάς σε Ca ήταν υψηλότερη σε καρποφορούντες από μη καρποφορούντες βλαστούς (Πίν. 3.8).

Στους καρποφορούντες βλαστούς, η συγκέντρωση των φύλλων ελιάς σε Ca ήταν παρόμοια στα ελαιόδεντρα της λίπανσης Β συγκριτικά με αυτά του μάρτυρα (Πίν. 3.8). Όσον αφορά τους μη καρποφορούντες βλαστούς, η συγκέντρωση των φύλλων ελιάς σε Ca ήταν παρόμοια στα ελαιόδεντρα της λίπανσης Β με αυτά του μάρτυρα (Πίν. 3.8)

Πίνακας 3.8. Συγκέντρωση σε Ca των φύλλων ελιάς ποικιλίας Κορωνέικης από καρποφορούντες και μη καρποφορούντες βλαστούς των δένδρων των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με Β στις 30 Ιουλίου 2022.

Μεταχείριση	Καρποφορία	Ca (%)
Μάρτυρας	Με καρπό	1,98a
	Χωρίς καρπό	1,44b
Λίπανση Β	Με καρπό	1,82a
	Χωρίς καρπό	1,41b

Σημαντικότητα		
Μεταχείριση		***

Σημαντικότητα: *** επίπεδο σημαντικότητας 0,001.

3.7 Συγκέντρωση των φύλλων ελιάς σε P από καρποφορούντες και μη καρποφορούντες βλαστούς

Η συγκέντρωση των φύλλων ελιάς σε P ήταν μεγαλύτερη σε μη καρποφορούντες σε σχέση με καρποφορούντες βλαστούς στα ελαιόδεντρα του μάρτυρα (Πίν. 3.9). Η συγκέντρωση των φύλλων ελιάς σε P ήταν παρόμοια σε καρποφορούντες και μη καρποφορούντες βλαστούς στα ελαιόδεντρα της λίπανσης με B (Πίν. 3.9).

Στους καρποφορούντες βλαστούς, η συγκέντρωση των φύλλων ελιάς σε P ήταν παρόμοια στα ελαιόδεντρα της λίπανσης B και σε αυτά του μάρτυρα (Πίν. 3.9). Στην περίπτωση των μη καρποφορούντων βλαστών, η συγκέντρωση των φύλλων ελιάς σε P ήταν παρόμοια στα ελαιόδεντρα της λίπανσης B σε σχέση με αυτά του μάρτυρα (Πίν. 3.9).

Πίνακας 3.9. Συγκέντρωση σε P των φύλλων ελιάς ποικιλίας Κορωνέικης από καρποφορούντες και μη καρποφορούντες βλαστούς των δένδρων των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με B στις 30 Ιουλίου 2022.

Μεταχείριση	Καρποφορία	P (%)
Μάρτυρας	Με καρπό	0,138b
	Χωρίς καρπό	0,174a
Λίπανση B	Με καρπό	0,136b
	Χωρίς καρπό	0,159ab
Σημαντικότητα		
Μεταχείριση		*

Σημαντικότητα: * επίπεδο σημαντικότητας 0,05.

3.8 Συγκέντρωση των φύλλων ελιάς σε B από καρποφορούντες και μη καρποφορούντες βλαστούς

Η συγκέντρωση των φύλλων ελιάς σε B ήταν υψηλότερη στους μη καρποφορούντες σε σχέση με τους καρποφορούντες βλαστούς στα ελαιόδεντρα του μάρτυρα (Πίν. 3.10). Στη μεταχείριση της λίπανσης με B, η συγκέντρωση των φύλλων ελιάς σε B ήταν παρόμοια σε καρποφορούντες και μη καρποφορούντες βλαστούς (Πίν. 3.10).

Στους καρποφορούντες βλαστούς, η συγκέντρωση των φύλλων ελιάς σε B ήταν παρόμοια στα ελαιόδεντρα της λίπανσης B συγκριτικά με αυτά του μάρτυρα (Πίν. 3.10). Όσον αφορά τους μη καρποφορούντες βλαστούς, η συγκέντρωση των φύλλων ελιάς σε B ήταν παρόμοια σε στα ελαιόδεντρα της λίπανσης B με αυτά του μάρτυρα (Πίν. 3.10).

Πίνακας 3.10. Συγκέντρωση σε B των φύλλων ελιάς ποικιλίας Κορωνέικης από καρποφορούντες και μη καρποφορούντες βλαστούς των δένδρων των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με B στις 30 Ιουλίου 2022.

Μεταχείριση	Καρποφορία	B (mg kg ⁻¹)
Μάρτυρας	Με καρπό	31,6a
	Χωρίς καρπό	16,0b
Λίπανση B	Με καρπό	29,1a
	Χωρίς καρπό	23,7ab
Σημαντικότητα		
Μεταχείριση		*

Σημαντικότητα: * επίπεδο σημαντικότητας 0,05.

3. Συζήτηση

Η λίπανση για τα ελαιόδεντρα θεωρείται από τις σημαντικότερες καλλιεργητικές πρακτικές στους ελαιώνες. Διασφαλίζει τη σωστή ανάπτυξη των ελαιόδεντρων, μία σταθερή ετήσια παραγωγή και συντελεί στην υγεία του φυτού. Οι ελαιοπαραγωγοί επεμβαίνουν συνήθως εμπειρικά με λιπάσματα τον χειμώνα χωρίς όμως να γνωρίζουν τις πραγματικές ανάγκες του φυτού σε θρεπτικά. Αυτό οδηγεί πολλές φορές σε ανισορροπία των θρεπτικών με συνέπεια τη μείωση της παραγωγής (Ψαρράς 2017). Μέσα από εδαφολογικές αναλύσεις, φυλλοδιαγνωστικές και αναλύσεις νερού δίνεται η δυνατότητα στον παραγωγό να καταλάβει τις ανάγκες των ελαιόδεντρων σε θρεπτικά στοιχεία και στη συνέχεια να οργανώσει και να υλοποιήσει ένα στοχευμένο πλάνο θρέψης των φυτών.

Το βόριο αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα ιχνοστοιχεία για την ελιά, η έλλειψη του οποίου για χρόνια αποτελούσε ένα από τα κύρια αίτια μειωμένης παραγωγικότητας του ελαιώνα. Τα τελευταία χρόνια έχει ενταχθεί στο ετήσιο πρόγραμμα λίπανσης των ελαιόδεντρων, ωστόσο η εφαρμογή του βορίου θα έπρεπε να γίνεται με γνώμονα τη φυλλοδιαγνωστική ανάλυση, καθώς υπερβολική λίπανση με βόριο μπορεί να προκαλέσει τοξικότητα στα ελαιόδεντρα. Στη συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία εξετάστηκε η επίδραση της λίπανσης με βόριο (συνδυασμός εφαρμογής βόρακα στο έδαφος και διαφυλλικής εφαρμογής) στην παραγωγικότητα, ποιότητα καρπού και ελαιοπεριεκτικότητα σε ελαιόδεντρα ποικιλίας Κορωνέικη που δεν είχαν λιπανθεί προηγουμένως με βόριο. Μελετήθηκε επίσης η θρεπτική κατάσταση των φύλλων ως προς τα στοιχεία B, K, P, Ca σε καρποφορούντες και μη καρποφορούντες βλαστούς σε δέντρα του μάρτυρα και δέντρα που εφαρμόστηκε βόριο. Με τον τρόπο αυτό θα γινόταν αντιληπτός ο ρόλος της καρποφορίας στη συγκέντρωση των φύλλων στα συγκεκριμένα θρεπτικά στοιχεία.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, η λίπανση με βόριο δεν επηρέασε την παραγωγικότητα των ελαιόδεντρων ποικιλίας Κορωνέικη σε σχέση με τον μάρτυρα. Επίσης, τα χαρακτηριστικά των καρπών όπως το χρώμα, το βάρος καρπού και ενδοκαρπίου και οι διαστάσεις καρπού, ο λόγος σάρκας/πυρήνα και το ποσοστό ξηρού βάρους περικαρπίου δεν επηρεάστηκαν από τη λίπανση με βόριο. Βρέθηκε όμως ότι οι καρποί των δέντρων που εφαρμόστηκε βόριο είχαν μικρότερο ποσοστό ξηράς ουσίας ενδοκαρπίου σε σχέση με τον μάρτυρα. Σε έρευνα τους οι Vishekaii et al. (2019)

εφάρμοσαν σε ελαιόδεντρα διαφορετικά σκευάσματα βορίου, νανο-χηλικής μορφής και βορικού οξέος, σε διαφορετικές συγκεντρώσεις και διαπίστωσαν ότι η εφαρμογή βορίου αύξησε τον αριθμό των τέλειων ανθέων, την καρπόδεση, την παραγωγή ανά δένδρο και την παραγωγικότητα, αύξησε το βάρος καρπού, σάρκας και πυρήνα και του λόγου σάρκας/πυρήνα. Ειδικά το σκεύασμα βορίου νανο-χηλικής μορφής σε συγκέντρωση 300 mg B L^{-1} ήταν πιο αποτελεσματικό σε σχέση με το βορικό οξύ λόγω της υψηλότερης απορρόφησης και διαθεσιμότητας του βορίου στο δέντρο. Σε κάθε περίπτωση έχει αναφερθεί ότι η εφαρμογή βορίου κατά την περίοδο της διαμόρφωσης των ανθοφόρων οφθαλμών στην ελιά είναι σημαντική για τον σχηματισμό τέλειων ανθέων και συνεπώς η εφαρμογή βορίου τη συγκεκριμένη περίοδο είναι ιδιαίτερα σημαντική (Bouranis et al., 2001). Οι Singih et al. (2003) αναφέρουν ότι η αύξηση της καρπόδεσης με την εφαρμογή βορίου κατά την περίοδο της διόγκωσης των ανθοφόρων οφθαλμών θα μπορούσε να εξηγηθεί με την ωφέλιμη δράση του στη βιωσιμότητα της γύρης και την επιμήκυνση του γυρεοσωλήνα.

Όπως προαναφέρθηκε η εφαρμογή βορίου δεν επηρέασε το μέγεθος του καρπού και του ενδοκαρπίου. Έχει αναφερθεί ότι το βόριο διαδραματίζει κάποιο ρόλο στη σύνθεση της αυξίνης, η οποία εμπλέκεται στη διαίρεση των κυττάρων, στην ενίσχυση και τη διαφοροποίηση του κυτταρικού τοιχώματος (Shireen et al., 2018). Το βόριο έχει επίσης ευεργετικό ρόλο στη μεταφορά των σακχάρων και τη μετακίνηση των ρυθμιστών ανάπτυξης από τον παραγωγό στον καταναλωτή ιστό (Shireen et al., 2018). Οι συγκεκριμένες δράσεις του βορίου συνδέονται με τη βελτίωση των χαρακτηριστικών των καρπών κάτι όμως που δεν εντοπίστηκε στη συγκεκριμένη ερευνητική εργασία.

Το σημαντικότερο χαρακτηριστικό για μια ελαιοποιήσιμη ποικιλία είναι η περιεκτικότητα της σε λάδι. Η ποικιλία Κορωνέικη είναι μια ποικιλία πολύ παραγωγική, μικρόκαρπη, χαρακτηριστική για την ελαιοπεριεκτικότητά της η οποία μπορεί να ανέλθει έως και 27% επί του νωπού βάρους (Θεριός 2015). Στη συγκεκριμένη χρονιά η ελαιοπεριεκτικότητα των καρπών ήταν σχετικά χαμηλή αφού κυμάνθηκε από 18% στον μάρτυρα έως 15% στη μεταχείριση της λίπανσης με βόριο. Το γεγονός αυτό πιθανόν να συνδέεται με τον χαμηλό βαθμό ωρίμανσης που κυμάνθηκε από 2,36 στον μάρτυρα έως 2,22 στη μεταχείριση της λίπανσης με βόριο. Επίσης, έχει αναφερθεί ότι στη χρονιά της υψηλής παραγωγής η ελαιοπεριεκτικότητα των καρπών ήταν σημαντικά χαμηλότερη στο ξεκίνημα της περιόδου συγκομιδής σε

σχέση με τη χρονιά της χαμηλής παραγωγής (Dag et al. 2011). Ενδεχομένως αν ο παραγωγός συγκόμιζε αργότερα να επιτύγχανε υψηλότερη παραγωγή σε ελαιόλαδο εις βάρος όμως της ποιότητας του ελαιολάδου.

Στις περισσότερες ποικιλίες ελιάς η συσσώρευση του ελαιολάδου στους καρπούς ξεκινά προς το τέλος της σκλήρυνσης του ενδοκαρπίου και συνεχίζει γραμμικά μέχρι την αλλαγή του χρώματος (Lavee and Wodner 1991). Στο πείραμά μας τα δέντρα των δύο μεταχειρίσεων είχαν υψηλό και παρόμοιο φορτίο καρπών, ωστόσο στη συγκομιδή βρέθηκε ότι οι καρποί του μάρτυρα είχαν ελαφρώς μεγαλύτερο βαθμό ωρίμανσης γεγονός στο οποίο μπορεί να οφείλεται η υψηλότερη ελαιοπεριεκτικότητα στον μάρτυρα σε σχέση με τη μεταχείριση της λίπανσης με βόριο. Στο πείραμά μας η ελαιοπεριεκτικότητα βάσει ξηρού βάρους περικαρπίου βρέθηκε 8% υψηλότερη στον μάρτυρα (38% έναντι 30%), ενώ βάσει νωπού βάρους ήταν 3% υψηλότερη (18% έναντι 15%) προκαλώντας ερωτήματα σχετικά με την επίδραση που είχε η λίπανση με βόριο σε αυτή. Σε πείραμα τους οι Larbi et al. (2011) διαπίστωσαν πως οι διαφυλλικοί ψεκασμοί δεν βοήθησαν τα ελαιόδεντρα στην αύξηση της ελαιοπεριεκτικότητας των καρπών. Επίσης, συμπέραναν πως η εφαρμογή βορίου έδειξε διαφορά μόνο όταν η ανθοφορία ήταν χαμηλή. Στο δικό μας πείραμα, τα δέντρα ήταν σε χρονιά υψηλής καρποφορίας και η άνθιση ήταν ιδιαίτερα πλούσια και ενδεχομένως γι' αυτόν τον λόγο η προσθήκη βορίου δεν άλλαξε την τελική περιεκτικότητα του καρπού σε λάδι.

Το βόριο είναι το σημαντικότερο ιχνοστοιχείο για την ελιά και ταυτόχρονα εκείνο το οποίο εντοπίζεται συχνότερα σε έλλειψη σε ένα ελαιώνα. Έχει σημαντικό ρόλο κατά την περίοδο της άνθισης και της ανάπτυξης των καρπών ενισχύοντας την ποιότητα τους τελικού προϊόντος. Σύμφωνα με τους Jones et al. (1991) οι επιθυμητές συγκεντρώσεις βορίου στα φύλλα της ελιάς κυμαίνονται από 20 έως 75 mg kg⁻¹, το οποίο οδηγεί στο συμπέρασμα πως οι συγκεντρώσεις των φύλλων στο πείραμά μας ήταν στα όρια επάρκειας χωρίς να παρατηρείται έλλειψη. Εξάιρεση αποτελούν οι μη καρποφορούντες βλαστοί του μάρτυρα του οποίου τα φύλλα είχαν σημαντικά μικρότερη συγκέντρωση βορίου σε σχέση με τους καρποφορούντες και μάλιστα ήταν σε έλλειψη (16 mg kg⁻¹). Μια περίπτωση που θα μπορούσε να δικαιολογήσει το συγκεκριμένο αποτέλεσμα είναι πως σύμφωνα με τους Dell και Hung (1997) αλλά και τους Blevins και Lukaszewski (1998) τα αναπαραγωγικά όργανα του φυτού, δηλαδή οι ταξιανθίες, συσσωρεύουν περισσότερο βόριο από τα βλαστικά όργανα. Άλλο ένα αποτέλεσμα που ενισχύει τις συγκεκριμένες έρευνες είναι πως οι τιμές των συγκεντρώσεων σε βόριο είναι πιο κοντά

στην ελάχιστη τιμή (20 mg kg^{-1}) παρά στην μέγιστη (75 mg kg^{-1}). Σε παρόμοιο συμπέρασμα κατέληξαν και οι Perica et al. (2001) καθώς βρήκε πως οι συγκεντρώσεις βορίου στα άνθη ήταν υψηλότερες από τα φύλλα. Στην ίδια έρευνα κατέληξε στο συμπέρασμα πως τα ελαιόδεντρα είχαν καλύτερη αντίδραση στην εφαρμογή βορίου τη χρονιά με λιγότερους καρπούς από την χρονιά με περισσότερους κάτι που πιθανόν ισχύει και στην παρούσα πτυχιακή εργασία η οποία πραγματοποιήθηκε σε χρονιά υψηλής παραγωγής. Γενικά πάντως αναφέρεται ότι η εφαρμογή βορίου αυξάνει τη συγκέντρωση βορίου στα φύλλα της ελιάς (Perica et al. 2001) ενώ στο πείραμά μας δεν ανιχνεύθηκε αυτή η αύξηση. Ωστόσο, στη μεταχείριση της λίπανσης με βόριο τα φύλλα είχαν πάντα επάρκεια σε βόριο τόσο στους μη καρποφορούντες όσο και στους καρποφορούντες βλαστούς γεγονός που μπορεί να λειτουργούσε ευεργετικά στην παραγωγή της επόμενης χρονιάς. Παρόλα αυτά την επόμενη χρονιά, το 2023, η παραγωγή ήταν εκμηδενισμένη λόγω αντίξοων καιρικών συνθηκών και δεν ήταν εφικτό να ανιχνευθεί ο ρόλος των εφαρμογών βορίου στην παραγωγικότητα των δέντρων την επόμενη χρονιά της εφαρμογής του.

Το κάλιο είναι από τα σημαντικότερα θρεπτικά στοιχεία για την ελαιοκαλλιέργεια καθώς και αυτό που απαντάται στο μεγαλύτερο ποσοστό στους καρπούς. Από αυτό γίνεται αντιληπτό πως με τη συγκομιδή το φυτό χάνει αρκετές ποσότητες καλίου οι οποίες πρέπει να αναπληρωθούν με τη θρέψη. Στις αναλύσεις φύλλων τον Ιούλιο το κάλιο βρέθηκε να είναι σε επάρκεια. Επίσης, τόσο στη μεταχείριση με βόριο όσο και στον μάρτυρα, έγινε διακριτό πως η συγκέντρωση καλίου στα φύλλα ήταν μεγαλύτερη στους μη καρποφορούντες από τους καρποφορούντες βλαστούς υποδεικνύοντας τη μεγάλη ζήτηση των ελαιόκαρπων σε κάλιο. Σε αυτό δεν επηρεάζει η λίπανση με βόριο μιας και σε πείραμα τους οι Erel et al. (2008) κατέληξαν πως το κάλιο δεν επιδρά στις συγκεντρώσεις του αζώτου, φωσφόρου και βορίου στα φύλλα της ελιάς. Ακόμα επισήμανε πως και πιθανές αλληλεπιδράσεις μεταξύ αυτών των θρεπτικών δεν επιδρούν στην ανθοφορία και τον αριθμό των καρπών. Αντίθετα σύμφωνα με τον Genaidy et al. (2020) η προσθήκη σκευάσματος νανο-βορίου μπορεί να αυξήσει τα ποσοστά καλίου στα φύλλα.

Αναφορικά με τον φώσφορο, οι αναλύσεις σε φύλλα καρποφορούντων και μη βλαστών δεν έδειξαν διαφορές μεταξύ της λίπανσης με βόριο και του μάρτυρα, ωστόσο οι τα φύλλα μη καρποφορούντων βλαστών είχαν υψηλότερη συγκέντρωση σε φώσφορο σε σχέση με των καρποφορούντων. Σύμφωνα με τους Fernandez-Escobar et

al. (1999) η περιεκτικότητα των φύλλων σε φώσφορο ήταν χαμηλότερη σε ελαιόδεντρα υψηλής καρποφορίας λόγω μεγάλης κατανάλωσης από τους καρπούς. Πάντως οι συγκεντρώσεις στα φύλλα ήταν αρκετά υψηλές και πάνω από τα όρια επάρκειας. Τροφοπενίες φωσφόρου παρατηρούνται σπάνια στα δέντρα της ελιάς. Διαφορές στη συγκέντρωση φωσφόρου είναι πιο εύκολο να παρατηρηθούν μεταξύ διαφορετικών ποικιλιών όπως στο πείραμα των Jiménez-Moreno και Fernández-Escobar (2017) οι οποίοι εντόπισαν διαφορές στα επίπεδα φωσφόρου μεταξύ εικοστεσσάρων ποικιλιών ελιάς.

Σχετικά με τις συγκεντρώσεις ασβεστίου στα φύλλα παρατηρείται ότι τα δέντρα που λιπάνθηκαν με βόριο είχαν ελάχιστα πιο μειωμένη συγκέντρωση σε ασβέστιο χωρίς όμως αυτή να διαφέρει σημαντικά. Το συγκεκριμένο έρχεται σε αντίθεση με την έρευνα των Amit et al. (2014) οι οποίοι βρήκαν πως η προσθήκη βορικού οξέος αύξησε την περιεκτικότητα των φύλλων σε κάλιο, ασβέστιο και μαγνήσιο. Το άξιο σχολιασμού, στη συγκέντρωση του ασβεστίου στα φύλλα, είναι οι διαφορές που εντοπίστηκαν μεταξύ βλαστών που έφεραν καρπούς και αυτών που δεν έφεραν. Οι καρποφορούντες βλαστοί είχαν μεγαλύτερη συγκέντρωση σε ασβέστιο από τους μη τόσο στα ελαιόδεντρα που λιπάνθηκαν με βόριο όσο και σε αυτά του μάρτυρα. Οι Fernandez-Escobar et al. (1999) δεν βρήκαν μεταβολή με την καρποφορία στην περιεκτικότητα των φύλλων ελιάς σε ασβέστιο.

Συνολικά εξάγεται το συμπέρασμα ότι τα ελαιόδεντρα ήταν σε καλή θρεπτική κατάσταση και διαφορές μεταξύ της λίπανσης με βόριο και του μάρτυρα δεν υπήρξαν. Σε πείραμα του ο Bustan et al. (2013) σε χρονιά υψηλής παραγωγής και σε χρονιά χαμηλής κατέληξε στο συμπέρασμα πως δεν υπήρχαν κίνδυνοι οξείας ανεπάρκειας θρεπτικών κατά τη διάρκεια του διετούς κύκλου.

4. Συμπεράσματα

Από την παρούσα διπλωματική εργασία μπορούν να βγουν τα εξής ενδιαφέροντα συμπεράσματα:

- Η συνδυαστική λίπανση με βόριο στο έδαφος (500 ppm B) πριν την άνθιση και διαφυλλικά (δύο δόσεις 300 ppm B πριν και μετά την πλήρη άνθιση) δεν βελτίωσε την παραγωγή ανά δέντρο και την παραγωγικότητα σε ελαιόδεντρα ποικιλίας Κορωνέικη σε χρονιά υψηλής καρποφορίας.
- Η λίπανση με βόριο, κατά την περίοδο που προαναφέρθηκε, δεν είχε κάποια επίδραση στο μέγεθος καρπού και ενδοκαρπίου, τις διαστάσεις του καρπού και το ποσοστό ξηράς ουσίας περικαρπίου συγκριτικά με τον μάρτυρα.
- Αν και δεν βρέθηκε διαφορά στο φορτίο των ελαιόδεντρων που λιπάνθηκαν με βόριο σε σχέση με τον μάρτυρα, οι καρποί του μάρτυρα είχαν ελαφρώς υψηλότερο δείκτη ωρίμανσης και σημαντικά υψηλότερη ελαιοπεριεκτικότητα σε σχέση με τους καρπούς της μεταχείρισης της λίπανσης με βόριο.
- Η λίπανση με βόριο πριν και μετά την άνθιση δεν οδήγησε σε αύξηση της συγκέντρωσης των φύλλων ελιάς σε βόριο.
- Η λίπανση με βόριο δεν επηρέασε τη θρεπτική κατάσταση των φύλλων ελιάς ως προς τα στοιχεία κάλιο, φώσφορο και ασβέστιο σε σχέση με τον μάρτυρα, και γενικά ήταν σε επάρκεια.
- Οι καρποφορούντες βλαστοί είχαν χαμηλότερη συγκέντρωση σε κάλιο, φώσφορο και υψηλότερη συγκέντρωση σε βόριο και ασβέστιο σε σχέση με τους μη καρποφορούντες και στις δύο μεταχειρίσεις.
- Στους μη καρποφορούντες βλαστούς, η λίπανση με βόριο διατήρησε τη συγκέντρωση των φύλλων σε επάρκεια, ενώ στην περίπτωση του μάρτυρα η συγκέντρωση βορίου στα φύλλα ήταν σε έλλειψη.

Στην κατανόηση των αποτελεσμάτων της παρούσας εργασίας θα βοηθούσε μια εδαφολογική ανάλυση ώστε να εξαχθούν καλύτερα συμπεράσματα για την θρέψη των ελαιόδεντρων και την απορρόφηση των θρεπτικών που έχουν διαθέσιμα. Ακόμα, για καλύτερα συμπεράσματα για την επίδραση του βορίου στην ανθοφορία της καλλιέργειας προτείνεται να αξιολογηθεί η επίδραση της λίπανσης με βόριο στην πυκνότητα ανθοφορίας, στο ποσοστό τέλειων ανθέων και στο ποσοστό καρπόδεσης. Τέλος, θα ήταν σημαντικό να διαπιστωθεί ο ρόλος της λίπανσης με βόριο και στην

ανθοφορία και παραγωγικότητα των ελαιόδεντρων την επόμενη χρονιά της εφαρμογής του, ενώ θα πρέπει να διερευνηθεί αν η εφαρμογή βορίου κατά την περίοδο της διαφοροποίησης ή/και διαμόρφωσης των ανθέων θα ήταν πιο αποτελεσματική σε σχέση με την εφαρμογή την περίοδο πριν και μετά την άνθιση, που είναι και η επικρατέστερη τεχνική.

5. Βιβλιογραφία

Διεθνής βιβλιογραφία

- Ancora P. et al., 2004. Evaluation of cosmetic efficacy of oleuropein. Atti del Congresso. A cura dell'Ente organizzatore del Congresso.
- Badr S.A. et al., 1970. Endogenous gibberellins and inhibitors in relation to flower induction and inflorescence development in the olive. Plant Physiol.
- Bermúdez B., Pacheco Y. M., López S., Abia R. and Muriana, F. J., 2004. Digestion and absorption of olive oil. Grasas y aceites, 55:1-10.
- Bouranis D., Zakynthinos G., Kapetanios C., Chorianopoulou S., Kitsaki C., Drossopoulos J., 2001. Dynamics of nitrogen and phosphorus partition in four olive tree cultivars during bud differentiation. Journal of Plant Nutrition, 24:1535-1550.
- Christopoulou N., Chatzistathis T., Papatheodorou E.M., Aschonitis V. and Monokrousos N., 2021. The crucial role of soil organic matter in satisfying the phosphorus requirements of olive trees (*Olea europaea* L.). Agriculture, 11:111.
- Conde C. et al., 2008. Physiological, biochemical and molecular changes occurring during olive development and ripening. J. Plant Physiol.
- Dag A., Kerem Z., Yogev N., Zipori I., Lavee S., Ben-David E., 2011. Influence of time of harvest and maturity index on olive oil yield and quality. Scientia Horticulturae, 127:358-366.
- Erel R., Dag A., Ben-Gal A., Schwartz A. and Yermiyahu U., 2008. Flowering and fruit set of olive trees in response to nitrogen, phosphorus, and potassium. Journal of the American Society for Horticultural Science, 133:639-647.
- Erel R., Yermiyahu U., Van Opstal J., Ben-Gal A., Schwartz A., Dag A., 2013. The importance of olive (*Olea europaea* L.) tree nutritional status on its productivity. Scientia Horticulturae, 159:8-18.
- Fernández-Escobar R., 2011. Use and abuse of nitrogen in olive fertilization. Acta Horticulturae, 888:249-257.
- Fernández-Escobar R., Moreno R. and García-Creus M. 1999. Seasonal changes of mineral nutrients in olive leaves during the alternate-bearing cycle. Scientia Horticulturae, 82:25-45.
- Fernandez-Escobar R., Moreno R. and Sanchez-Zamora M.A., 2004. Nitrogen dynamics in the olive bearing shoot. HortScience, 39:1406-1411.

- Gillingham L. G., Harris-Janz S. and Jones, P. J., 2011. Dietary monounsaturated fatty acids are protective against metabolic syndrome and cardiovascular disease risk factors. *Lipids*, 46:209-228.
- Haberman A., Dag A., Shtern N., Zipori I., Erel R., Ben-Gal A. and Yermiyahu U., 2019. Significance of proper nitrogen fertilization for olive productivity in intensive cultivation. *Scientia horticulturae*, 246:710-717.
- Hardman R. J., Kennedy G., Macpherson H., Scholey A. B. and Pipingas A., 2016. Adherence to a Mediterranean-style diet and effects on cognition in adults: a qualitative evaluation and systematic review of longitudinal and prospective trials. *Frontiers in nutrition*, 3:212467.
- Hegazi E. S., El-Motaium R. A., Yehia T. A. and Hashim M. E., 2018. Effect of foliar boron application on boron, chlorophyll, phenol, sugars and hormones concentration of olive (*Olea europaea* L.) buds, leaves, and fruits. *Journal of Plant Nutrition*, 41:749-765.
- Jiménez-Moreno M.J., Fernández-Escobar R., 2017. Influence of nutritional status of phosphorus on flowering in the olive (*Olea europaea* L.), *Scientia Horticulturae*, 223:1-4.
- Jones J.B. and Case V.W., 1990. Sampling, handling and analyzing plant tissue samples. In: Westerman (ed). *Soil testing and plant analysis*. Soil science society of America, 677 s. Segoe R.D. Madison, WI 53711, USA.
- Jones P. et al., 1991. Retailing. Macmillan Education UK Demetriades, S.D. et Gavalas N.A 1962. La carence potassique de L'olivier en Grece. *Proc. 7th Congress Int. Potash Inst.*, Berne, pp. 395-400.
- Karstens A. J. Et al., 2019. Associations of the Mediterranean diet with cognitive and neuroimaging phenotypes of dementia in healthy older adults. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 109:361-368.
- Klein I. and Lavee S., 1977. The effect of nitrogen and potassium fertilizers on olive production, 295-304.
- Kotsias D., Kavvadias V. and Pappas C., 2024. Response of olive trees (*Olea europaea* L.) cv. Kalinioti to nitrogen fertilizer application. *Physiologia*, 4:43-53.
- Larbi A., Gargouri K., Ayadi M., Dhiab A. B. and Msallem M., 2011. Effect of foliar boron application on growth, reproduction, and oil quality of olive trees

conducted under a high density planting system. *Journal of Plant Nutrition*, 34:2083-2094.

- Larbi A., Kchaou H., Gaaliche B., Gargouri K., Boulal H. and Morales F., 2020. Supplementary potassium and calcium improves salt tolerance in olive plants. *Scientia Horticulturae*, 260:108912.
- Lavee S. and Wodner M., 1991. Factors affecting the nature of oil accumulation in fruit of olive. *Journal of Horticultural Science*, 66:583-591.
- Marschner H., 2011. Marschner's mineral nutrition of higher plants. Academic Press.
- Martin G.C., 1990. Olive flower and fruit population dynamics. *Acta Horti*, 286:141-153.
- McGuire R.G., 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27:1254-1255.
- Owen R. W., Haubner R., Würtele G., Hull W. E., Spiegelhalder B. and Bartsch H., 2004. Olives and olive oil in cancer prevention. *European Journal of Cancer Prevention*, 13:319-326.
- Perica S., Brown P.H., Connell J.H., Nyomora A.M.S., Dordas C. and Hu H., 2001. Foliar boron application improves flower fertility and fruit set of olive. *HortScience*, 36:714-716.
- Pierantozzi P., Torres M. and Maestri D., 2011. Water requirements and irrigation management in olive: improving water use efficiency in semiarid regions with dry winter season. XVth World Water Congress. Scotland
- Publio V. and Marzia V., 2009. Virgin olive oil as a fundamental nutritional component and skin protector. *Clinics in Dermatology*, 27:159-165.
- Regni L. and Proietti P., 2019. Effects of nitrogen foliar fertilization on the vegetative and productive performance of the olive tree and on oil quality. *Agriculture*, 9:252.
- Rodrigues M.Â., Ferreira I.Q., Claro A.M. and Arrobas M., 2012. Fertilizer recommendations for olive based upon nutrients removed in crop and pruning. *Scientia Horticulturae*, 142:205-211.
- Román C., Jackson R.E., Reis J., Román A.N., Toledo J.B. and Toledo E., 2019. Extra-virgin olive oil for potential prevention of Alzheimer disease. *Revue Neurologique*, 175:705-723.

- Shireen F., Nawaz M., Chen C., Zhang Q., Zheng Z., Sohail H., Sun J., Cao H., Huang Y. and Bie Z., 2018. Boron: functions and approaches to enhance its availability in plants for sustainable agriculture. *International Journal of Molecular Sciences*, 19:1856.
- Singih M., Batra V., Bhatia A., Singh V. and Arora S., 2003. Response of foliar application of micronutrients on tomato variety hisar Arun. *Vegetable Science*, 30:182-184.
- Tsabarducas V., Chatzistathis T., Therios I. and Patakas A., 2017. How nitrogen form and concentration affect growth, nutrient accumulation and photosynthetic performance of *Olea europaea* L. (cv. 'Kalamon'). *Scientia Horticulturae*, 218:23-29.
- Vishekaii Z., Soleimani A., Fallahi E., Ghasemnezhad M. and Hasani A., 2019. The impact of foliar application of boron nano-chelated fertilizer and boric acid on fruit yield, oil content, and quality attributes in olive (*Olea europaea* L.). *Scientia Horticulturae*, 257.
- Vishekaii Z., Soleimani A., Fallahi E., Hasani A. and Ghasemnezhad M., 2022. Response of olive (*Olea europaea* L.) trees to foliar spray of nano chelated and chemical potassium fertilizers. *Journal of Plant Nutrition*, 46:1159-1171.
- Zipori I., Erel R., Yermiyahu U., Ben-Gal A. and Dag A., 2020. Sustainable management of olive orchard nutrition: A review. *Agriculture*, 10:11.

Ελληνική βιβλιογραφία

- Θεριός Ι., 2015. Ελαιοκομία. Εκδόσεις Άγι-Σάββα Δ. Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα.
- Νάνος Γ., 2021. Διδακτικές Σημειώσεις για το μάθημα Ελαιοκομία, Παν/μιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής & Αγροτικού Περιβάλλοντος.
- Νιαβής Κ. και Χρυσοχέρης Φρ., 1958. Σπουδαιότητα της φυσιολογίας του ελαιοκάρπου. Μέρος 1. Αύξεις του ελαιοκάρπου και ελαιογένεσις, Αθήνα
- Ρούσσης Ι. και Μπαδέκα Α., 2020. Σημειώσεις Εργαστηρίου Ανάλυσης και Τεχνολογίας Τροφίμων. Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

- Ψαρράς Γ., 2017. Ορθολογική λίπανση ελιάς. Σε: Ζαμπούνης Β. (εκδ.), Εγκυκλοπαίδεια Ελαιοκομίας. Το Ελαιόλαδο. Συλλογικό Έργο. GAIA ΕΠΙΧΕΙΡΕΙΝ, Άξιον Εκδοτική, Αθήνα.

Ηλεκτρονικές πηγές

- <https://www.statistics.gr/documents/20181/ec959ef6-cf3c-8d49-efdc-8a5bb8b4ccaa>
- <https://greekreporter.com/2021/06/16/greek-olive-oil-exports-increase-by-225-in-2002-2020/>