



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΑΣ



**‘Παραγωγή οργανικής ουσίας (απορρόφηση CO₂) σε επικλινή και επίπεδο
ελαιώνα ποικ. Κορωνέικη’**

Ονοματεπώνυμο Φοιτητή (Α.Μ.)
ΓΟΥΡΓΟΥΛΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ (Ο2393)
Επιβλέπων Καθηγητής
ΝΑΝΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Βόλος, 2025

‘Παραγωγή οργανικής ουσίας (απορρόφηση CO₂) σε επικλινή και επίπεδο ελαιώνα ποικ. Κορωνέικη’

‘Organic matter accumulation (carbon sequestration) in olive groves cv. Koroneiki with different soil terrain’

Η Εξεταστική Επιτροπή αποτελείται από τους:

Καθηγητή Γεώργιο Νάνο (ως επιβλέπων μέλος ΔΕΠ)

Επίκ. Καθηγήτρια Περσεφόνη Μαλέτσικα

Δρ. Χρήστος Καβαλάρης, Ε.ΔΙ.Π.

«Εγώ ο Γεώργιος Γουργούλης, βεβαιώνω ότι είμαι ο συγγραφέας αυτής της πτυχιακής διατριβής, η οποία εκπονήθηκε σύμφωνα με τον Κανονισμό Εκπόνησης Πτυχιακής Εργασίας του ΤΓΦΠΑΠ»

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου Γεώργιο Νάνο για την καθοδήγηση και την στήριξη του στην προσπάθεια μου αυτή. Η άμεση ανταπόκριση του , η εμπειρία και η γνώση του με βοήθησαν πολύ στην ολοκλήρωση της εργασίας μου.

Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω το εργαστήριο εδαφολογίας για την πολύτιμη βοήθεια του στην ανάλυση των εδαφικών δειγμάτων καθώς ήταν καθοριστικά για την εργασία

Τέλος, οφείλω να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους φίλους μου για την κατανόηση που έδειξαν και την υποστήριξη που μου προσέφεραν απλόχερα κατά την διάρκεια των ετών φοίτησης μου

Περιεχόμενα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	3
Περίληψη.....	6
Abstract	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή.....	9
Βοτανικά Χαρακτηριστικά της Ελιάς.....	9
Ριζικό Σύστημα και Δομή του Κορμού	9
Ανάπτυξη και Καρποφορία.....	9
Φύλλα και Φωτοσύνθεση	10
Επικοινωνία και Γενετική Ποικιλότητα.....	10
Προσαρμοστικότητα και Ανθεκτικότητα.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Η Επίδραση της Κλιματικής Αλλαγής στην Καλλιέργεια της Ελιάς.....	12

Αλλαγές στα Κλιματικά Πρότυπα.....	12
Υδατική Διαθεσιμότητα.....	12
Περίοδοι Ανθοφορίας και Καρποφορίας.....	13
Εμφάνιση Ασθενειών.....	13
Αποθήκευση Άνθρακα και Οικολογικό Όφελος.....	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Καλλιεργητικές Τεχνικές για την Ανάπτυξη και Καρποφορία της Κορωνέικης Ελιάς.....	15
Πρακτικές Καλλιέργειας της Ελιάς	15
Άρδευση της Ελιάς.....	15
Λίπανση της Ελιάς.....	17
Κλάδεμα της Ελιάς.....	18
Στόχοι του Κλαδέματος	18
Τεχνικές Κλαδέματος	18
Παραδοσιακές και Σύγχρονες Μέθοδοι Συγκομιδής.....	19
Επίδραση της Ημερομηνίας Συγκομιδής.....	20
Βέλτιστη Περίοδος Συγκομιδής.....	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Οικονομία Άνθρακα και Δέσμευση Άνθρακα σε Ελαιώνα	22
Δέσμευση Άνθρακα σε Ελαιώνα	22
Ξύλα και υπολείμματα από τα κλαδέματα.....	22
Καρποί και Υποπροϊόντα.....	22
Εισροές και Εκροές Άνθρακα	22
Ο ρόλος της Βιομάζας στην Αποθήκευση Άνθρακα	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Πειραματικό μέρος.....	24
Υλικά και Μέθοδοι	24
Χαρακτηριστικά ελαιώνα.....	24
Μεταχειρίσεις ελαιώνα.....	24
Μετρήσεις αγρού	25
Μετρήσεις εργαστηρίου	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Αποτελέσματα	30
Συμπεράσματα – Συζήτηση	38
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	41

Περίληψη

Η ελιά (*Olea europaeae*) ευδοκιμεί στην περιοχή της Μεσογείου, όπου την χαρακτηρίζει το θερμό εύκρατο έως υποτροπικό κλίμα. Για πολλούς καλλιεργητές της Μεσογείου αποτελεί κύρια πηγή εισοδήματος. Η κλιματική αλλαγή, που μαστίζει τον πλανήτη, έχει επηρεάσει την καλλιέργεια της ελιάς και συνάμα την παραγωγή που αποδίδει. Οι απότομες αλλαγές στη θερμοκρασία και οι αλλαγές στην διαθεσιμότητα εδαφικού νερού επηρεάζουν την παραγωγή και την ποιότητα του ελαιόλαδου. Η ελιά, όπως όλα τα φυτά, έχει την ικανότητα να δεσμεύει το διοξείδιο του άνθρακα και να το μετατρέπει σε οργανικό άνθρακα ο οποίος αποθηκεύεται στη βιομάζα του δέντρου σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό από άλλα φυτά και για πολύ μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, λειτουργώντας έτσι ως «δεσμευτής», που συμβάλλει στη μείωση της ποσότητας του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Σημαντικό κομμάτι για την καλή υγεία και παραγωγή της ελιάς είναι η ορθή λίπανση με N, K και B πέραν των λοιπών

μακροστοιχείων και ιχνοστοιχείων. Στην παρούσα εργασία, σε ελαιώνα 30 στρεμμάτων στο Ξηροχώρι Ηλείας, που έφερε 600 δένδρα υψηλής και 150 δένδρα χαμηλής παραγωγής διεξήχθη εδαφική ανάλυση και επιλέχθηκαν, τέσσερα δένδρα υψηλής παραγωγής και τέσσερα δένδρα χαμηλής παραγωγής, χρησιμοποιήθηκαν ως μάρτυρες, κλαδεύτηκαν και συλλέχθηκε ένα μέρος από τον καρπό τους. Από τον ελαιώνα συλλέχθηκαν και ζιζάνια κάτω και εκτός της κόμης των οκτώ δένδρων. Τα κλαδευτικά χωρίστηκαν σε λεπτά κλαδιά και χοντρά κλαδιά και υπολογίστηκε το νωπό και ξηρό τους βάρος. Το ίδιο έγινε και για τον καρπό και για τα ζιζάνια. Έστερα, από το ξηρό βάρος των κλαδευτικών και του καρπού υπολογίστηκαν τα θρεπτικά άζωτο, φώσφορο και κάλιο που απομακρύνθηκαν από τον ελαιώνα. Από τα κλαδευτικά και τα ζιζάνια υπολογίστηκε η απορρόφηση του άνθρακα και από τα κλαδευτικά και τον καρπό η απομάκρυνση των θρεπτικών. Συνολικά, για όλο τον ελαιώνα, ο άνθρακας που είχε δεσμευτεί ήταν 16.027,9 kg για τα 600 δέντρα υψηλής παραγωγής και 1.484,1 kg στα 150 χαμηλής. Στα ζιζάνια είχε δεσμευτεί 5.001 kg άνθρακας. Τα θρεπτικά που απομακρύνθηκαν από τον ελαιώνα από τα κλαδευτικά ήταν 852,7 Kg άζωτο, 80,1 kg φώσφορο και 496,9 kg κάλιο για τα 600 δέντρα υψηλής παραγωγής και 78,9 kg άζωτο, 7,4 kg φώσφορο και 46 kg κάλιο για τα 150 χαμηλής. Με τον καρπό απομακρύνθηκαν 986,3 kg άζωτο, 92,7 kg φώσφορο και 574,7 kg κάλιο συνολικά από τα 30 στρέμματα.

Abstract

The olive (*Olea europaea*) thrives in the Mediterranean region, where it is characterized by a warm temperate to subtropical climate. For many Mediterranean farmers it is a main source of income. Climate change, which is plaguing the planet, has negatively affected olive cultivation by diminishing olive fruit production. Abrupt changes in air temperature and changes in soil water availability affect olive oil production and quality. The olive tree can bind carbon dioxide and convert it into organic carbon, which is stored in the biomass of the tree in large quantities and for many decades, thus acting as a "binding agent", which contributes to reducing the amount of carbon dioxide in the atmosphere. An important part for the good health and production of olives is the correct fertilization mainly with nitrogen, potassium and boron. In the present work, in an olive grove of 3 hectares in Xirohori Ilia, which 600 trees of high fruit production and 150 trees of low production, a soil analysis was conducted and four high production trees and four low production trees were selected, used as controls, pruned and a part of their fruit was collected. Weeds were also collected from the olive grove underneath and outside the crown of eight trees. Prunings were divided into thin branches and thick branches and their fresh and dry weights were calculated. The same was done for the fruit and the weeds. Then, from the dry weight of the prunings and the fruit, the nitrogen, phosphorus and potassium nutrients removed from the olive grove were calculated. Carbon uptake was calculated from prunings and weeds and nutrient removal from prunings and fruit. In total, for the whole olive grove, the carbon sequestered was 16.027,9 kg for the 600 trees with high production and 1.484,1 kg for the 150 trees with low production. Above ground biomass of weeds sequestered around 166.7 kg of carbon. Nutrients removed from the olive trees from the whole farm by prunings were 852.7 kg nitrogen, 80.1 kg phosphorus and 496.9 kg potassium for the 600 trees with high production and 78.9 kg nitrogen, 7.4 kg phosphorus and 46 kg potassium for the 150 trees with low production. Also, 986,3 kg of nitrogen, 92,7 kg of phosphorus and 574,7 kg of potassium were removed from the fruit from the entire 30 hectares.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή

Βοτανικά Χαρακτηριστικά της Ελιάς

Η ελιά (*Olea europaea*) είναι ένα αειθαλές δέντρο ή θάμνος, χαρακτηριστικό της υποτροπικής περιοχής της Μεσογείου. Λόγω της προσαρμοστικότητάς της σε ακραίες περιβαλλοντικές και καλλιεργητικές συνθήκες, η ελιά έχει την ικανότητα να ζει για αιώνες. Αυτή η μακροβιότητα συμβάλλει σημαντικά στη βιοποικιλότητα και τη διατήρηση των οικοσυστημάτων (Baldoni et al., 2006).

Ριζικό Σύστημα και Δομή του Κορμού

Το ριζικό σύστημα της ελιάς είναι εκτεταμένο και επιφανειακό, αποτελούμενο κυρίως από τυχαίες ρίζες που απλώνονται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Αυτή η διάταξη επιτρέπει στο δέντρο να εκμεταλλεύεται την υγρασία του εδάφους ακόμη και σε ξηρές συνθήκες. Ο κορμός της ελιάς έχει ομαλό γκριζοπράσινο φλοιό μέχρι την ηλικία των δέκα ετών, μετά την οποία γίνεται παραμορφωμένος και περιβάλλεται από σκουρόχρωμο φλοιό. Οι παλαιότερες ελιές μπορούν να φτάσουν σε μεγάλα ύψη και πλάτη, δημιουργώντας εντυπωσιακά και αρχαία δέντρα που αποτελούν πολιτιστική και φυσική κληρονομιά (Baldoni et al., 2006).

Ανάπτυξη και Καρποφορία

Η ελιά αναπτύσσεται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, με μείωση της δραστηριότητας κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Τα άνθη της ελιάς είναι πολυάριθμα και μπορεί να είναι ερμαφρόδιτα ή χωρίς ύπερο (αρσενικά) (τέλεια και ατελή άνθη, αντίστοιχα). Ο καρπός της ελιάς, γνωστός ως ελιά, είναι ωοειδής, πράσινος πριν την ωρίμανση και μαλακός-ιώδης μετά την ωρίμανσή του. Το μέγεθος των καρπών ποικίλλει μεταξύ 1 και 2,5 εκατοστών σε μήκος και είναι μικρότερο στις άγριες ποικιλίες σε σύγκριση με τις καλλιεργημένες μορφές. Ο καρπός είναι η πιο σημαντική παραγωγή της ελιάς, χρησιμοποιούμενος είτε μετά από απομάκρυνση της πικράδας για κατανάλωση (επιτραπέζιες ελιές) είτε για την παραγωγή ελαιολάδου (Breton et al., 2009).

Η ελιά αρχίζει να παράγει καρπούς όταν φτάσει την ηλικία των 3-4 ετών, αλλά η επιθυμητή απόδοση επιτυγχάνεται από δέντρα ηλικίας 12-20 ετών. Η παραγωγικότητα της ελιάς μπορεί να διατηρηθεί για έως και >100 χρόνια και, εάν αναζωογονηθεί με κλάδεμα, η παραγωγή καρπών μπορεί να διαρκέσει για πολλά ακόμη χρόνια. Η καρποφορία της ελιάς ακολουθεί ένα δίχρονο κύκλο, με υψηλή παραγωγή έναν χρόνο και χαμηλή τον επόμενο, επηρεαζόμενη από την ετήσια βλαστική ανάπτυξη και τους ενδογενείς μεταβολικούς παράγοντες (Gregoriou et al., 2007).

Φύλλα και Φωτοσύνθεση

Τα φύλλα της ελιάς αναπτύσσονται από την άνοιξη έως το φθινόπωρο και πέφτουν κανονικά μετά από δύο χρόνια. Είναι διατεταγμένα σε αντίθετες στροφές και έχουν ολόκληρα περιθώρια. Είναι ελλειπτικά ή λογχοειδή, μεταβλητά σε μέγεθος, με σκούρο λαμπερό πράσινο χρώμα πάνω και αδιαφανή ασημί-γκρι κάτω. Η φωτοσύνθεση στα εξωτερικά φύλλα είναι σημαντικά υψηλότερη σε σχέση με τα εσωτερικά φύλλα που είναι λιγότερο εκτεθειμένα στο φως. Τα φύλλα είναι περίπου επίπεδα και μήκους 30-80 mm, αλλά η διάστασή τους ποικίλλει ανάλογα με την ηλικία του φυτού, τη σφριγηλότητα του δέντρου και τη φάση ανάπτυξης αυτού (Gregoriou et al., 2007).

Η φωτοσύνθεση ενισχύει τη διαδικασία απορρόφησης CO₂, μετατρέποντας το σε οργανική ύλη που αποθηκεύεται στον ξυλώδη κορμό και τις ρίζες του δέντρου. Αυτή η ιδιότητα καθιστά την ελιά έναν σημαντικό παράγοντα στην αποθήκευση άνθρακα και στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, προσφέροντας μια φυσική λύση στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής (Galán-Martín et al., 2022).

Επικονίαση και Γενετική Ποικιλότητα

Η ελιά είναι ένα φυτό με τέλεια και ατελή άνθη, που εξαρτάται από τον άνεμο για την επικονίαση. Τα καλλιεργημένα φυτά συνήθως επικονιάζονται από γειτονικές ποικιλίες ή ακόμα και από την άγρια μορφή της ελιάς, την *Olea sylvestris*. Τα άνθη της ελιάς είναι μικρά και κρεμαστά, με λευκό ή κίτρινο χρώμα. Η γενετική ποικιλότητα της ελιάς είναι υψηλή, με πολλές ποικιλίες να έχουν αναπτυχθεί για διαφορετικές κλιματικές και γεωργικές συνθήκες (Gregoriou et al., 2007).

Προσαρμοστικότητα και Ανθεκτικότητα

Η ελιά έχει εξαιρετική ανθεκτικότητα σε δύσκολες περιβαλλοντικές συνθήκες, συμπεριλαμβανομένων των ξηρασιών και των υψηλών θερμοκρασιών. Η προσαρμοστικότητα της ελιάς σε διαφορετικά περιβάλλοντα οφείλεται στη δυνατότητά της να κλείνει τα στομάτια των φύλλων κατά τις θερμές ώρες της ημέρας, μειώνοντας έτσι την απώλεια νερού. Το ξύλο της ελιάς είναι πολύ ανθεκτικό και χρησιμοποιείται για την κατασκευή επίπλων και χειροτεχνιών, ενώ σε ορισμένα μέρη χρησιμοποιείται ως καυσόξυλο, καθώς καίγεται ακόμα και όταν είναι βρεγμένο (Gregoriou et al., 2007).

Η μακροζωία της ελιάς επιτρέπει στα δέντρα να αποθηκεύουν μεγάλες ποσότητες άνθρακα. Η ιδιότητα αυτή καθιστά την ελιά σημαντικό παράγοντα στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, μέσω της δέσμευσης του διοξειδίου του άνθρακα από την

ατμόσφαιρα και της αποθήκευσης του ως οργανική ύλη στον ξυλώδη κορμό και τις ρίζες του δέντρου (Loumou & Giourga, 2003).

Παραγωγή και Επεξεργασία Καρπών

Η ελιά παράγει καρπούς κάθε δεύτερη χρονιά, με ένα έτος χαμηλής παραγωγής να συνοδεύεται συνήθως από υψηλή φυτική δραστηριότητα και το αντίστροφο. Οι καρποί της ελιάς, γνωστοί ως ελιές, είναι ωοειδείς και περιέχουν ένα ξυλώδες ενδοκάρπιο και ένα σπέρμα στο εσωτερικό τους. Οι καρποί έχουν λεπτό φλοιό, και ένα σαρκώδες μεσοκάρπιο πλούσιο σε έλαιο. Το μέγεθος των ώριμων ελιών ποικίλλει ανάλογα με τις συνθήκες καλλιέργειας και μπορεί να φτάσει τα 2-3 εκατοστά σε διάμετρο. Η ποιότητα και η ποσότητα του παραγόμενου ελαιολάδου εξαρτάται από την ποικιλία και τις καλλιεργητικές πρακτικές (Gregoriou et al., 2007).

Φύλλα και Φωτοσυνθετική Ικανότητα

Η ελιά προσαρμόζεται σε υψηλή ένταση φωτός αυξάνοντας τη στοματική πυκνότητα, το πάχος των επιδερμίδων και τον αριθμό των στρωμάτων παρεγχύματος. Αυτά τα χαρακτηριστικά βοηθούν στην προστασία από την ξηρασία, με το στοματικό κλείσιμο κατά τις θερμές ώρες της ημέρας να μειώνει την απώλεια νερού. Η ελιά μπορεί να επιβιώσει και να καρποφορήσει σε δύσκολες κλιματικές συνθήκες λόγω αυτών των προσαρμοστικών μηχανισμών (Galán-Martín et al., 2022).

Οικονομική Σημασία και Πολιτιστική Κληρονομιά

Η ελιά έχει τεράστια οικονομική σημασία για πολλές περιοχές της Μεσογείου, αποτελώντας βασική πηγή εισοδήματος για χιλιάδες καλλιεργητές. Εκτός από την οικονομική της αξία, η ελιά έχει επίσης πολιτιστική και ιστορική σημασία, καθώς συνδέεται με την ιστορία και τον πολιτισμό των μεσογειακών λαών. Τα αρχαία ελαιόδεντρα θεωρούνται ιερά και συχνά προστατεύονται ως μέρος της πολιτιστικής κληρονομιάς μιας περιοχής (Loumou & Giourga, 2003).

Η παραγωγή ελαιολάδου και επιτραπέζιων ελιών αποτελεί σημαντικό κομμάτι της οικονομίας πολλών χωρών της Μεσογείου. Η ποιότητα του ελαιολάδου εξαρτάται από την ποικιλία της ελιάς, τις καλλιεργητικές πρακτικές και τις συνθήκες καλλιέργειας. Η ελιά Κορωνέικη, για παράδειγμα, παράγει ελαιόλαδο υψηλής ποιότητας που είναι γνωστό για την εξαιρετική του γεύση και τα χαρακτηριστικά του στην ανθρώπινη υγεία (Κωστελένος, 2011).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Η Επίδραση της Κλιματικής Αλλαγής στην Καλλιέργεια της Ελιάς

Η κλιματική αλλαγή έχει αρχίσει να ασκεί αξιοσημείωτη επιρροή στην καλλιέργεια της ελιάς, επηρεάζοντας τόσο την παραγωγή όσο και την υγεία των δέντρων. Η μεταβολή των κλιματικών συνθηκών μπορεί να επηρεάσει την υδατική διαθεσιμότητα, τις περιόδους ανθοφορίας και καρποφορίας, καθώς και την εμφάνιση ασθενειών (Moriondo et al., 2015).

Αλλαγές στα Κλιματικά Πρότυπα

Οι αλλαγές στα κλιματικά πρότυπα περιλαμβάνουν μεταβολές στις θερμοκρασίες, τις βροχοπτώσεις και την ένταση των καιρικών φαινομένων. Αυτές οι αλλαγές μπορούν να προκαλέσουν άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις στην καλλιέργεια της ελιάς. Για παράδειγμα, η αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να επιταχύνει την ανάπτυξη των δέντρων, αλλά ταυτόχρονα να επηρεάσει αρνητικά την ποιότητα των καρπών. Επιπλέον, η μείωση των βροχοπτώσεων μπορεί να προκαλέσει υδατικό στρες στα δέντρα, μειώνοντας την παραγωγικότητά τους (Rallo et al., 2013).

Υδατική Διαθεσιμότητα

Η υδατική διαθεσιμότητα είναι κρίσιμη για την ανάπτυξη και την παραγωγικότητα των ελαιόδεντρων. Οι κλιματικές αλλαγές μπορεί να προκαλέσουν μακρύτερες και πιο έντονες περιόδους ξηρασίας, μειώνοντας τη διαθεσιμότητα νερού στα δέντρα. Αυτό το υδατικό στρες μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την ανάπτυξη των καρπών και την παραγωγή ελαιολάδου. Η εφαρμογή στρατηγικών άρδευσης μπορεί να βοηθήσει στη διαχείριση των υδατικών πόρων και στη βελτίωση της παραγωγικότητας. Η μελέτη της Siakou et al. (2021) εξέτασε τις επιπτώσεις της ελλειμματικής άρδευσης στην ανάπτυξη, φυσιολογία και ποιότητα του ελαιολάδου από δέντρα της ποικιλίας Κορωνέικη. Οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι η ελλειμματική άρδευση μπορεί να μειώσει την ανάπτυξη των βλαστών και των καρπών των ελαιόδεντρων λόγω υδατικού στρες. Συγκεκριμένα, οι ελαιώνες που υποβλήθηκαν σε ελλειμματική άρδευση παρουσίασαν μείωση της βλαστικής ανάπτυξης έως και 80% σε σχέση με πλήρως αρδευόμενα δέντρα. Επιπλέον, η ελλειμματική άρδευση επηρέασε την φυσιολογία των δέντρων, προκαλώντας μείωση της φωτοσύνθεσης και της αγωγιμότητας των φύλλων.

Στην ανωτέρω εργασία η ποιότητα του ελαιολάδου παρουσίασε επίσης διαφοροποιήσεις, καθώς το περιεχόμενο σε φαινόλες του ελαιολάδου επηρεάστηκε σημαντικά από τις συνθήκες άρδευσης. Οι ερευνητές κατέγραψαν υψηλότερη

συγκέντρωση φαινολών σε δέντρα που αρδεύονταν με 48% ETc, σε σύγκριση με πλήρως αρδευόμενα δέντρα. Ωστόσο, σε άλλες περιοχές, όπως στην Τυνησία, παρατηρήθηκε μείωση της συγκέντρωσης φαινολών σε συνθήκες ελλειμματικής άρδευσης, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι επιπτώσεις της ελλειμματικής άρδευσης μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με τις τοπικές κλιματικές συνθήκες και πιθανόν το γενετικό υλικό.

Περίοδοι Ανθοφορίας και Καρποφορίας

Οι κλιματικές αλλαγές μπορούν επίσης να επηρεάσουν τις περιόδους ανθοφορίας και καρποφορίας των ελαιόδεντρων. Η αύξηση της θερμοκρασίας και οι μεταβολές της στη διάρκεια της ημέρας μπορεί να προκαλέσουν μεταβολές στις περιόδους ανθοφορίας, επηρεάζοντας έτσι την καρποφορία και την ποιότητα των καρπών. Η πρόωρη ή καθυστερημένη ανθοφορία μπορεί να οδηγήσει σε ασυγχρονία με τις ποικιλίες επικονίασης, μειώνοντας την αποτελεσματικότητα της αναπαραγωγής και την τελική απόδοση (Zion et al., 2011).

Εμφάνιση Ασθενειών

Οι αλλαγές στα κλιματικά πρότυπα μπορούν επίσης να επηρεάσουν την εμφάνιση και την εξάπλωση ασθενειών στα ελαιόδεντρα. Η αύξηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας μπορεί να δημιουργήσει ευνοϊκές συνθήκες για την ανάπτυξη παθογόνων οργανισμών, αυξάνοντας τον κίνδυνο ασθενειών όπως το γλοιοσπόριο. Η ενίσχυση των καλλιεργητικών πρακτικών και η χρήση ανθεκτικών ποικιλιών μπορεί να βοηθήσει στην αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων (Moriondo et al., 2013; Καλφάς & Καρατάσιου, 2018).

Αποθήκευση Άνθρακα και Οικολογικό Όφελος

Η αποθήκευση άνθρακα από τα ελαιόδεντρα αποτελεί σημαντικό οικολογικό όφελος, καθώς συμβάλλει στη μείωση των συνολικών εκπομπών άνθρακα στην ατμόσφαιρα και ενισχύει τη βιωσιμότητα των αγροτικών οικοσυστημάτων.

Η ελιά, μέσω της φωτοσύνθεσης, απορροφά το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) από την ατμόσφαιρα και το μετατρέπει σε οργανικό άνθρακα, ο οποίος αποθηκεύεται στη βιομάζα του δέντρου. Αυτή η βιομάζα περιλαμβάνει τον ξυλώδη κορμό, τα κλαδιά, τα φύλλα και τις ρίζες του δέντρου. Με αυτόν τον τρόπο, τα ελαιόδεντρα λειτουργούν ως φυσικοί «δεσμευτές» άνθρακα, μειώνοντας την ποσότητα του CO₂ στην ατμόσφαιρα, ένα βασικό αέριο του θερμοκηπίου (Testi et al., 2008).

Η ικανότητα της ελιάς να αποθηκεύει άνθρακα έχει σημαντικά οικολογικά οφέλη. Συμβάλλει στη μείωση της παγκόσμιας θέρμανσης και στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα. Επιπλέον, η αποθήκευση άνθρακα στη βιομάζα της ελιάς ενισχύει την ανθεκτικότητα των αγροτικών οικοσυστημάτων, δημιουργώντας ένα πιο σταθερό και βιώσιμο περιβάλλον (Galán-Martín et al., 2022).

Η ενσωμάτωση πρακτικών που προάγουν την αποθήκευση άνθρακα στην καλλιέργεια της ελιάς μπορεί να ενισχύσει τη βιωσιμότητα της γεωργίας. Οι πρακτικές αυτές περιλαμβάνουν τη διατήρηση της οργανικής ύλης στο έδαφος, τη χρήση βιολογικών λιπασμάτων και τη μείωση της καύσης των γεωργικών υπολειμμάτων. Με την εφαρμογή αυτών των πρακτικών, οι αγρότες μπορούν να μειώσουν τις εκπομπές άνθρακα και να βελτιώσουν τη γονιμότητα του εδάφους (Testi et al., 2008).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Καλλιεργητικές Τεχνικές για την Ανάπτυξη και Καρποφορία της Κορωνέικης Ελιάς

Η ποικιλία Κορωνέικη, επίσης γνωστή με ονομασίες όπως «Κρητικά», «Λαδόλια», «Ψηλολιά», «Νανάκι», «Βατσίκι», και «Σταφυλολιά», αποτελεί την κυρίαρχη ποικιλία για την παραγωγή ελαιολάδου στην Ελλάδα, καλύπτοντας το 50-60% της ελαιοκαλλιέργειας. Έχει έντονη παρουσία σε περιοχές όπως η Κρήτη, η Πελοπόννησος και οι Κυκλάδες. Τα φύλλα της Κορωνέικης είναι πυκνά, ενώ ο καρπός της είναι συνήθως μικρός, με βάρος 0,6-1,5 γραμμάρια, κυλινδρικό σχήμα και με θηλή στο άκρο. Ο χρόνος ωρίμανσης του καρπού εκτείνεται από τον Νοέμβριο έως τα τέλη Φεβρουαρίου, και η αναλογία σάρκας προς μέγεθος κυμαίνεται μεταξύ 1,63 και 4,06:1. Παρά το μικρό μέγεθος του καρπού, αυτός παράγει ελαιόλαδο υψηλής ποιότητας, με παραγωγή από 50 έως 60 κιλά ελαιόκαρπου ανά δέντρο. Η περιεκτικότητα σε ελαιόλαδο κυμαίνεται από 15% έως 30%, συχνά εντοπιζόμενη μεταξύ 20% και 25%. Η Κορωνέικη αντιμετωπίζει καλά τις συνθήκες ξηρασίας και τα ανεμώδη περιβάλλοντα, αν και η ανθεκτικότητά της στο κρύο είναι περιορισμένη. Έχει βρει εφαρμογή σε καλλιέργειες υψηλής πυκνότητας σε διεθνή επίπεδο, κυρίως σε χώρες όπως η Αυστραλία, η Ιταλία και η Ισπανία (Κωστελένος, 2011).

Πρακτικές Καλλιέργειας της Ελιάς

Η καλλιέργεια της ελιάς περιλαμβάνει μια σειρά από πρακτικές που είναι απαραίτητες για την επίτευξη βέλτιστης ανάπτυξης και παραγωγικότητας των δέντρων. Οι κύριες πρακτικές περιλαμβάνουν την άρδευση, τη λίπανση και το κλάδεμα. Κάθε μία από αυτές τις πρακτικές επηρεάζει τη βλάστηση και την καρποφορία των ελαιόδεντρων με διαφορετικούς τρόπους.

Άρδευση της Ελιάς

Η ελιά είναι γνωστή για την ανθεκτικότητά της στις συνθήκες ξηρασίας, κάτι που καθορίζεται από τον γονότυπο του δέντρου, τα χαρακτηριστικά του εδάφους και τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής (Ποντίκης, 2000). Τα φύλλα της ελιάς είναι μικρά, χοντρά και δερματώδη, με κέρνη επιδερμίδα στην επάνω επιφάνεια και σειρά τριχωμάτων στην κάτω επιφάνεια, χαρακτηριστικά που συμβάλλουν στη μείωση της απώλειας νερού μέσω της διαπνοής. Τα φύλλα προσανατολίζονται επίσης προς την πηγή του φωτός (ηλιοτροπική κίνηση), επιτρέποντας την επιτυχή καλλιέργεια ακόμη και σε ξηρές περιοχές.

Παρά την ανθεκτικότητά τους, τα ελαιόδεντρα είναι ευαίσθητα σε χαμηλά επίπεδα υγρασίας κατά τις κρίσιμες φάσεις της ανάπτυξής τους, όπως κατά την άνθηση. Η

έλλειψη επαρκούς υγρασίας του εδάφους κατά τη διάρκεια της άνθησης μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την απόδοση των δέντρων, ιδιαίτερα υπό συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας και χαμηλής υγρασίας (Ποντίκης, 2000). Επομένως, η άρδευση είναι απαραίτητη για τη διατήρηση υψηλής παραγωγικότητας και την εξασφάλιση ελαιολάδου υψηλής ποιότητας. Η ανάγκη για άρδευση γίνεται ακόμα πιο επιτακτική όταν οι βροχοπτώσεις είναι ανεπαρκείς ή άνισα κατανεμημένες κατά τις κρίσιμες περιόδους της άνοιξης και του καλοκαιριού, καθώς και σε εδάφη με χαμηλή ικανότητα αποθήκευσης νερού (Therios, 2009).

Για την παραγωγή καρπών υψηλής ποιότητας και μεγέθους, ιδιαίτερα για επιτραπέζιες ελιές, η άρδευση είναι απαραίτητη. Κατά τη φάση της κυτταρικής διόγκωσης, η άρδευση μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην αύξηση του μεγέθους των καρπών. Ωστόσο, η υπερβολική άρδευση μπορεί να προκαλέσει υπερβολική βλαστική ανάπτυξη, αυξάνοντας την υγρασία και κάνοντας τα δέντρα πιο ευαίσθητα στους παγετούς του χειμώνα. Οι τεχνικές άρδευσης περιλαμβάνουν την άρδευση μέσω αυλάκων, μπεκ, επιφανειακή άρδευση (κατάκλυση), υπόγεια στάγδην άρδευση και επίγεια στάγδην άρδευση, με τις δύο τελευταίες να είναι οι πιο δημοφιλείς τεχνικές τις τελευταίες δεκαετίες (Therios, 2009).

Η άρδευση ενισχύει τη βλαστική ανάπτυξη, επεκτείνοντας τη συνολική επιφάνεια των φύλλων και αυξάνοντας τη φωτοσύνθεση και τη διαπνοή. Αυξάνει επίσης την αναλογία βάρους προς όγκο των καρπών χωρίς να επηρεάζει τη μορφολογία ή την ωρίμανσή τους. Οι μεγαλύτεροι καρποί προκύπτουν από την αυξημένη κυτταρική διαίρεση και την θετική επίδραση της διαθεσιμότητας νερού στην κυτταρική διόγκωση. Ωστόσο, η άρδευση μπορεί να μειώσει ελαφρώς τη σκληρότητα των καρπών λόγω της αυξημένης περιεκτικότητάς τους σε νερό (Lavini et al., 2008; Berenguer et al., 2006).

Η ποιότητα του ελαιολάδου επηρεάζεται επίσης από την άρδευση. Τα ελαιόλαδα που προέρχονται από δέντρα που λαμβάνουν νερό μόνο από βροχοπτώσεις έχουν υψηλότερα επίπεδα ελαϊκού και λινελαϊκού οξέος, μεγαλύτερες ποσότητες πολυφαινόλης και υψηλότερο δείκτη πικρότητας και οξειδωτική σταθερότητα (Ben-Gal et al., 2021; Conde-Innamorato et al., 2022). Η μέτρια άρδευση μπορεί να βελτιώσει την παραγωγικότητα και την ποιότητα του ελαιολάδου, αλλά η υπερβολική άρδευση μπορεί να μειώσει τα επίπεδα πολυφαινόλης και τη σταθερότητα του ελαίου (Roussos, 2015).

Λίπανση της Ελιάς

Οι ελιές είναι γνωστές για την ανθεκτικότητά τους σε δύσκολες συνθήκες ανάπτυξης και έχουν μικρότερες απαιτήσεις σε λίπανση σε σύγκριση με άλλες δενδροκαλλιέργειες (Vossen, 2005). Η λίπανση είναι σημαντική για τη διατήρηση της υγείας και της παραγωγικότητας των δέντρων, καθώς παρέχει τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξη και την καρποφορία.

Αζωτο

Το άζωτο είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη και την ανθοφορία των ελαιόδεντρων. Τα δέντρα ανταποκρίνονται θετικά στην εφαρμογή αζώτου, ιδιαίτερα σε εδάφη με χαμηλή γονιμότητα και όταν η υγρασία του εδάφους είναι επαρκής (Therios, 2009). Η συνιστώμενη δόση αζώτου κυμαίνεται από 500 έως 1500 γραμμάρια ανά δέντρο, ανάλογα με τη γονιμότητα και την υγρασία του εδάφους. Το άζωτο πρέπει να εφαρμόζεται όταν υπάρχει επαρκής υγρασία στο έδαφος για να αποφεύγονται οι απώλειες από την εξάτμιση της αμμωνίας. Η εφαρμογή του αζώτου πρέπει να γίνεται κατά την περίοδο ανθοφορίας και πριν από τη συγκομιδή των καρπών (Vossen, 2005).

Φωσφόρος

Ο φωσφόρος εφαρμόζεται σπάνια, συνήθως κάθε δύο έως τρία χρόνια. Οι ελαιώνες με όξινα ή ασβεστούχα εδάφη είναι πιο πιθανό να επωφεληθούν από την εφαρμογή φωσφόρου. Η ενσωμάτωση του φωσφόρου στο έδαφος είναι σημαντική λόγω της ακινησίας του στοιχείου αυτού στο έδαφος (Therios, 2009).

Κάλιο

Το κάλιο διαδραματίζει ουσιαστικό ρόλο στην καλλιέργεια της ελιάς. Αυξημένες απαιτήσεις σε κάλιο παρατηρούνται κατά την εποχή ανάπτυξης των καρπών και δευτερευόντως των βλαστών, ειδικά σε περιόδους υψηλής παραγωγής. Η τακτική λίπανση με κάλιο είναι σημαντική για την ενίσχυση της απόδοσης και της ποιότητας των καρπών. Οι εφαρμογές καλίου συνήθως γίνονται το χειμώνα, ενώ επιπλέον κάλιο πρέπει να προστίθεται κατά την περίοδο ανάπτυξης του καρπού, χρησιμοποιώντας διαφυλλικά λιπάσματα ή με υδρολίπανση (Therios, 2009).

Βόριο

Η επαρκής παροχή βορίου είναι κρίσιμη για την ανάπτυξη της γύρης και την παραγωγή καρπών. Κατά την προ-ανθική περίοδο, οι αγρότες συχνά εφαρμόζουν λίπασμα βορίου

σε συνδυασμό με ουρία και βιοδιεγέρτες για να επιτύχουν μέγιστη απόδοση (Therios, 2009).

Μαγνήσιο

Το μαγνήσιο είναι απαραίτητο για τη φωτοσύνθεση και πρέπει να εφαρμόζεται όταν αναγνωρίζεται η ανεπάρκειά του (Therios, 2009).

Οι αναλύσεις του εδάφους και των φυτικών ιστών παρέχουν αξιόπιστα δεδομένα για τη διαμόρφωση του προγράμματος λίπανσης της ελιάς.

Κλάδεμα της Ελιάς

Το κλάδεμα είναι μια απαραίτητη διαδικασία για τη διατήρηση της παραγωγικότητας των ελαιόδεντρων. Περιλαμβάνει την αφαίρεση κλαδιών, την κοπή ή τη μείωση του μήκους των κλάδων, με στόχο τη βελτίωση της ανάπτυξης και της αναπαραγωγικής απόδοσης των δέντρων (Therios, 2009).

Στόχοι του Κλαδέματος

Οι κύριοι στόχοι του κλαδέματος περιλαμβάνουν την προσαρμογή του σχήματος της ελιάς στις εδαφικές και κλιματικές συνθήκες της περιοχής, την επίτευξη ισορροπίας μεταξύ βλαστικής ανάπτυξης και παραγωγικότητας, και τη βελτίωση της διείσδυσης του φωτός. Το κλάδεμα επιδιώκει την ανάπτυξη ενός ισχυρού σκελετού για την υποστήριξη του φορτίου των καρπών, την προσαρμογή του σχήματος του δέντρου σε πυκνά συστήματα φύτευσης, και την εξισορρόπηση της βλαστικής ανάπτυξης με την καρποφορία, βελτιώνοντας την ποιότητα των καρπών και του ελαιολάδου. Επίσης, το κλάδεμα βοηθά στην ελαχιστοποίηση των περιόδων μη καρποφορίας, την επίτευξη πρόωρης παραγωγής, την παράταση της παραγωγικότητας του ελαιώνα, και την αναζωογόνηση παλαιών ή κατεστραμμένων δέντρων (Roussos, 2015).

Τεχνικές Κλαδέματος

Οι μέθοδοι κλαδέματος πρέπει να είναι αποτελεσματικές και απλοποιημένες, προκειμένου να ελαχιστοποιείται το χρονικό διάστημα της εκτέλεσής του. Το κλάδεμα ξεκινά από την κορυφή του δέντρου και προχωρά προς τη βάση. Αρχικά αφαιρούνται μεγαλύτεροι βλαστοί και στη συνέχεια μικρότεροι. Στα ώριμα δέντρα εφαρμόζεται ελαφρύ κλάδεμα, ενώ η ένταση της επέμβασης αυξάνεται με την προχωρημένη ηλικία του δέντρου (Therios, 2009; Roussos, 2015).

Οι κοπές πρέπει να γίνονται με προσοχή, ιδιαίτερα κοντά στο σημείο σύνδεσης του πλευρικού κλαδιού με τον κορμό. Οι τεχνικές κλαδέματος μπορούν να καταταχθούν σε

τρεις κατηγορίες: το αρχικό κλάδεμα στα πρώτα στάδια της καλλιέργειας, το κλάδεμα για αύξηση της καρποφορίας, και το κλάδεμα για αναζωογόνηση του δέντρου (Roussos, 2015; Therios, 2009).

Παραδοσιακές και Σύγχρονες Μέθοδοι Συγκομιδής

Παραδοσιακή Συγκομιδή

Η παραδοσιακή συγκομιδή ελιών περιλαμβάνει κυρίως τη χειροκίνητη συλλογή των καρπών. Αυτή η μέθοδος παραμένει δημοφιλής σε πολλές περιοχές, παρά την αυξανόμενη χρήση μηχανικών μεθόδων. Ένας λόγος για την προτίμηση της χειροκίνητης συγκομιδής είναι η ελαχιστοποίηση της φθοράς που προκαλείται στους καρπούς και το δέντρο. Οι εργάτες χρησιμοποιούν ράβδους για να χτυπήσουν τα κλαδιά των δέντρων, προκαλώντας την πτώση των ελιών σε δίχτυα ή πανιά που έχουν τοποθετηθεί στο έδαφος. Στη συνέχεια, οι ελιές συλλέγονται και μεταφέρονται για επεξεργασία.

Παρά την απλότητα αυτής της μεθόδου, η παραδοσιακή συγκομιδή ενέχει σημαντικές προκλήσεις. Οι μεγάλες διαστάσεις των δέντρων και το δύσκολο περιβάλλον εργασίας μπορεί να αποτρέψουν την αποτελεσματική χρήση μηχανοποιημένων μεθόδων, όπως τα δονούμενα ελαιοραβδιστικά (Farinelli et al., 2010; Messina & Modica, 2022). Επιπλέον, η γεωμετρία της τοπογραφίας, όπως οι απότομες πλαγιές, καθώς και η δυσπρόσιτη τοποθεσία των ελαιώνων, μπορεί να επιδεινώσουν την κατάσταση, με εναλλακτική την απευθείας συγκομιδή του προϊόντος από το έδαφος ή από δίχτυα (Sola-Guirado et al., 2018).

Σε παραδοσιακούς ελαιώνες 100 στρεμμάτων, η συγκομιδή ελιών απαιτεί συχνά την εργασία οκτώ έως δώδεκα εργατών, με τη χρήση διχτύων στο έδαφος για τη συγκέντρωση των καρπών που πέφτουν. Σε ορισμένες περιπτώσεις, όπου το επιτρέπει η τοπογραφία, χρησιμοποιούνται δονούμενα ελαιοραβδιστικά τοποθετημένα σε μηχανικούς βραχίονες για να επιταχύνουν την απόσπαση του καρπού (Zion et al., 2011). Παρά τις δυσκολίες, η παραδοσιακή μέθοδος παραμένει ζωτικής σημασίας για πολλές περιοχές, όπου η γεωγραφία και η πολιτιστική κληρονομιά υπαγορεύουν τις καλλιεργητικές πρακτικές.

Μηχανοποιημένη Συγκομιδή

Η μηχανοποίηση της συγκομιδής έχει επιφέρει σημαντικές αλλαγές στην παραγωγή ελαιόλαδου. Οι μηχανικές μέθοδοι συγκομιδής, όπως οι δονητές κορμού και τα

δονούμενα ή περιστρεφόμενα ελαιοραβδιστικά, έχουν γίνει όλο και πιο δημοφιλείς λόγω της αυξημένης αποτελεσματικότητας και της μειωμένης ανάγκης για ανθρώπινη εργασία (Farinelli et al., 2010). Αυτές οι τεχνικές επιτρέπουν τη γρήγορη και αποδοτική συγκομιδή των ελιών, μειώνοντας το κόστος παραγωγής και αυξάνοντας την παραγωγικότητα.

Σε παραδοσιακούς ελαιώνες, το δονούμενο ελαιοραβδιστικό πρέπει να τοποθετείται στα κύρια κλαδιά όταν ο θόλος υπερβαίνει τα 50-60 m³, με αποτέλεσμα η συγκομιδή να γίνεται πολύπλοκη και να αυξάνεται ο κίνδυνος ζημιάς (De la Rosa et al., 2007). Προτιμώνται δονούμενα ελαιοραβδιστικά με ισχύ μεγαλύτερη από 70 kW για την αποδοτικότητα της λειτουργίας τους. Επίσης, το σχήμα της κεφαλής του δονούμενου ελαιοραβδιστικού μπορεί να επηρεάσει τη μετάδοση των δονήσεων στο δέντρο, τον κίνδυνο φθοράς του φλοιού και την προσαρμογή σε διάφορα μεγέθη κορμού.

Η περιεκτικότητα σε ολικά φαινολικά αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την ποιότητα του ελαιόλαδου, επηρεάζοντας τόσο τις αντιοξειδωτικές του ιδιότητες όσο και τη θρεπτική του αξία. Η ποικιλία «Κορωνέικη», η οποία καλλιεργείται κυρίως σε Μεσογειακές χώρες, συγκομίζεται συνήθως από τα τέλη Νοεμβρίου μέχρι τον Δεκέμβριο. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, οι ελαιόκαρποι φτάνουν στη βέλτιστη ωριμότητά τους, παρουσιάζοντας περιεκτικότητα σε ολικά φαινολικά που κυμαίνεται μεταξύ 200 και 500 mg ανά κιλό ελαίου. Η περιεκτικότητα σε λάδι μπορεί να φτάσει το 46–51% του ξηρού βάρους στα αρδευόμενα δέντρα και το 42–43% στα μη αρδευόμενα (Siakou et al., 2021).

Επίδραση της Ημερομηνίας Συγκομιδής

Η ημερομηνία συγκομιδής μπορεί να έχει σημαντική επίδραση στην περιεκτικότητα σε ολικά φαινολικά. Οι Anastasopoulos et al. (2011) βρήκαν ότι η μέγιστη περιεκτικότητα σε ολικά φαινολικά ήταν 480 mg ανά κιλό ελαίου στις αρχές Δεκεμβρίου για τα βιολογικά καλλιεργούμενα δέντρα 'Κορωνέικης' στην Ελλάδα. Οι συγγραφείς παρατήρησαν ότι η περιεκτικότητα σε ολικά φαινολικά ήταν 224 mg ανά κιλό ελαίου για τη συγκομιδή στις 21 Νοεμβρίου και 298 mg ανά κιλό ελαίου στις 7 Ιανουαρίου. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, δεν σημειώθηκε άρδευση ή βροχόπτωση, και οι υπόλοιπες παράμετροι ποιότητας του ελαιολάδου (τιμή υπεροξειδίων, οξύτητα και K) δεν παρουσίασαν αλλαγές (Anastasopoulos et al., 2011).

Βέλτιστη Περίοδος Συγκομιδής

Η συνεχής παρακολούθηση της ωρίμανσης των ελαιοκάρπων μπορεί να βοηθήσει στην επιλογή της βέλτιστης ημερομηνίας συγκομιδής, με στόχο την αύξηση της ποιότητας του ελαιολάδου. Η συγκομιδή σε διαφορετικά στάδια ωρίμανσης μπορεί να επηρεάσει την περιεκτικότητα σε ολικά φαινολικά, προσφέροντας τη δυνατότητα παραγωγής ελαιολάδου με βελτιωμένα χαρακτηριστικά και ανώτερη ποιότητα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Οικονομία Άνθρακα και Δέσμευση Άνθρακα σε Ελαιώνα

Η κλιματική αλλαγή και η ανάγκη για βιώσιμες γεωργικές πρακτικές έχουν καταστήσει την αποθήκευση άνθρακα έναν από τους βασικούς στόχους της σύγχρονης γεωργίας. Οι ελαιώνες, με τη μακροβιότητα και την ανθεκτικότητά τους, παίζουν σημαντικό ρόλο στη δέσμευση άνθρακα και τη μείωση των εκπομπών CO₂ στην ατμόσφαιρα. Σε αυτό το πλαίσιο, η οικονομία άνθρακα αναφέρεται στη διαχείριση και την ενίσχυση των πρακτικών που μεγιστοποιούν τη δέσμευση άνθρακα στα ελαιόδεντρα και τα προϊόντα τους.

Δέσμευση Άνθρακα σε Ελαιώνα

Η δέσμευση άνθρακα στα ελαιόδεντρα πραγματοποιείται κυρίως μέσω της φωτοσύνθεσης, κατά την οποία το διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα μετατρέπεται σε οργανική ύλη και αποθηκεύεται στη βιομάζα του δέντρου. Αυτή η βιομάζα περιλαμβάνει τον ξυλώδη κορμό, τα κλαδιά, τα φύλλα και τους καρπούς (Testi et al., 2008).

Ξύλα και υπολείμματα από τα κλαδέματα

Τα ξύλα και τα υπολείμματα από τα κλαδέματα των ελαιόδεντρων αποτελούν σημαντική αποθήκη άνθρακα. Κατά το κλάδεμα, τα υπολείμματα μπορούν να παραμείνουν στον ελαιώνα για να αποσυντεθούν και να επιστρέψουν τα θρεπτικά συστατικά τους στο έδαφος, αυξάνοντας την περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ύλη και βελτιώνοντας τη δέσμευση άνθρακα (Galán-Martín et al., 2022).

Καρποί και Υποπροϊόντα

Οι καρποί των ελαιόδεντρων και τα υποπροϊόντα της παραγωγής ελαιολάδου συμβάλλουν επίσης στη δέσμευση άνθρακα. Τα υπολείμματα ελαιοτριβείου μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βιοκαύσιμα, μειώνοντας τις εκπομπές CO₂ που θα προέκυπταν από τη χρήση ορυκτών καυσίμων (Testi et al., 2008). Επιπλέον, τα υπολείμματα της καλλιέργειας μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν ως οργανικά λιπάσματα, ενισχύοντας περαιτέρω τη δέσμευση άνθρακα στο έδαφος.

Εισροές και Εκροές Άνθρακα

Η διαχείριση των εισροών και των εκροών άνθρακα σε έναν ελαιώνα είναι κρίσιμη για την επίτευξη ενός ισοζυγίου άνθρακα που ευνοεί τη δέσμευση και μειώνει τις εκπομπές.

Οι εισροές άνθρακα περιλαμβάνουν όλες τις πηγές οργανικής ύλης που προστίθενται στον ελαιώνα. Αυτές περιλαμβάνουν τα οργανικά λιπάσματα, τα κλαδευτικά

υπολείμματα, την κοπριά και τα υπολείμματα καλλιεργειών. Η χρήση αυτών των εισροών μπορεί να ενισχύσει την περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ύλη και να βελτιώσει τη δέσμευση άνθρακα (Galán-Martín et al., 2022).

Οι εκροές άνθρακα περιλαμβάνουν όλες τις διαδικασίες που προκαλούν απώλειες άνθρακα από τον ελαιώνα, όπως η αποσύνθεση της οργανικής ύλης, η αναπνοή των μικροοργανισμών και οι απώλειες από τη χρήση ενέργειας και εισροών κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας και της συγκομιδής. Η διαχείριση των εκροών άνθρακα απαιτεί την εφαρμογή πρακτικών που μειώνουν τις απώλειες, όπως η ελαχιστοποίηση της καύσης των υπολειμμάτων και η χρήση συστημάτων διαχείρισης εδάφους που περιορίζουν την αποσύνθεση (Testi et al., 2008).

Ο ρόλος της Βιομάζας στην Αποθήκευση Άνθρακα

Η βιομάζα των ελαιόδεντρων, που περιλαμβάνει τα ξύλα, τα κλαδιά, τα φύλλα και τους καρπούς, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην αποθήκευση άνθρακα. Η αποτελεσματική διαχείριση της βιομάζας μπορεί να αυξήσει την ικανότητα δέσμευσης άνθρακα του ελαιώνα. Για παράδειγμα, η διατήρηση των κλαδευτικών υπολειμμάτων στον ελαιώνα και η χρήση τους ως εδαφοβελτιωτικά μπορεί να ενισχύσει την οργανική ύλη του εδάφους και να βελτιώσει τη δέσμευση άνθρακα (Rallo et al., 2013).

Η αρχή άνθρακα αναφέρεται στη διαδικασία με την οποία οι εισροές οργανικής ύλης στον ελαιώνα μετατρέπονται σε βιομάζα που δεσμεύει άνθρακα. Η χρήση ανόργανων λιπασμάτων μπορεί να επηρεάσει την αρχή άνθρακα, καθώς αυτά τα λιπάσματα μπορεί να προκαλέσουν αύξηση της αποσύνθεσης της οργανικής ύλης και απώλειες άνθρακα. Ωστόσο, η σωστή χρήση ανόργανων λιπασμάτων σε συνδυασμό με οργανικά υλικά μπορεί να βελτιώσει τη συνολική αποθήκευση άνθρακα στον ελαιώνα (Therios, 2009).

Η δέσμευση άνθρακα στους ελαιώνες είναι μια σημαντική διαδικασία για τη μείωση των εκπομπών CO₂ και την ενίσχυση της βιωσιμότητας των αγροτικών οικοσυστημάτων. Η αποτελεσματική διαχείριση της βιομάζας, η χρήση οργανικών και ανόργανων εισροών, και η εφαρμογή βιώσιμων πρακτικών μπορούν να μεγιστοποιήσουν τη δέσμευση άνθρακα και να συμβάλουν στη μείωση της κλιματικής αλλαγής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Πειραματικό μέρος

Υλικά και Μέθοδοι

Εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε:

- Ζυγαριά ακριβείας
- Φούρνος
- Φτυάρι
- Σακουλάκια (για τα δείγματα)
- Πλάστιγγα
- Αγροτικό όχημα
- Αλυσοπρίονο
- Μέτρο
- Σπάγκος
- χειροπρίονο

Χαρακτηριστικά ελαιώνα

Τα πειράματα έγιναν σε ξερικό ελαιώνα στην περιοχή Ξηροχώρι (Δ. Ζαχάρω) νομού Ηλείας. Ο ξερικός ελαιώνας είναι 78 ετών, φυτεύτηκε το 1947, είναι 30 στρέμματα, με αποστάσεις φύτευσης 6×6, έχει πυκνότητα φύτευσης 25 δέντρα το στρέμμα, απέχει περίπου 2 χιλιόμετρα από τη θάλασσα και συνορεύει με άλλους ξερικούς ελαιώνες. Τέλος, τα δέντρα έχουν σχήμα διαμόρφωσης κύπελλο, είναι αυτόριζα ποικ. Κορωνέικης και παράγουν ετησίως περί τα 100 κιλά καρπού/δέντρο τα δέντρα υψηλής παραγωγής και περί τα 40 κιλά καρπού/δέντρο τα δέντρα χαμηλής παραγωγής.

Μεταχειρίσεις ελαιώνα

Αρχές Νοέμβρη – Αρχές Ιανουαρίου	Συγκομιδή και κλάδεμα ελαιώνα
Τέλη Ιανουαρίου – Αρχές Φεβρουαρίου	Βασική Λίπανση με Teofert Alzabor 20.6.16+0,3 B+0,0025 Mo με 2,5 κιλά ανά δέντρο και ψεκασμός με Bordelesa 20 Sc με 500 ml σκευάσματος ανά 100 L νερού
Μάρτιος	Αραιώμα (κλάδεμα) των δέντρων, ψεκασμός με Amino 16 B&Zn 500 cc στα 100 L νερό (προανθικά) και κάψιμο των κλαδιών
Αύγουστος	Καταστροφείας για την ενσωμάτωση των ζιζανίων

Σεπτέμβρης	Ψεκασμός με POT-MIX (Λίπασμα καλίου) Copper PRO (αμινοξέα με χαλκό) Deltagri & Gameliq 20 sl (εντομοκτόνα για καταπολέμηση του Δάκου) Στις προτεινόμενες δόσεις των σκευασμάτων
------------	--

Μετρήσεις αγρού

Στον ελαιώνα 20 Ιανουαρίου έγινε εκτίμηση των δέντρων που βρίσκονταν σε παραγωγή, συνεπώς κλαδεύτηκαν έντονα την χρονία αυτή (Εικ. 1 και 2) και δέντρα τα οποία είχαν χαμηλή παραγωγή (υψηλή παραγωγή το επόμενο έτος) καθαρίστηκαν επιμελώς (ελαφρύ κλάδεμα) για να τα προετοιμάσουμε για την επόμενη σεζόν.

Αρχικά επιλέχθηκαν 4 μάρτυρες από κάθε κατηγορία, μετρήθηκε η διάμετρος επιφάνειας σκίασης του εδάφους κάθε δέντρου ξεχωριστά με σκοπό τον υπολογισμό της επιφάνειας σκιαζόμενου εδάφους/δέντρο των δέντρων και έπειτα τα δέντρα κλαδεύτηκαν και συγκομίστηκαν. Τα συνολικά κλαδιά μαζεύτηκαν και ζυγίστηκαν [καθώς επίσης κρατήθηκε δείγμα βλαστών μεγαλύτερης ηλικίας και νεαρότερων βλαστών (καρποφόρων) για τον υπολογισμό του ξηρού βάρους στο εργαστήριο] όπως επίσης και ο καρπός τους (μέρος του οποίου μπήκε σε σακουλάκι για τον υπολογισμό του ξηρού βάρους στο εργαστήριο) ώστε να βγει ένας μέσος όρος για το δέντρο κάθε κατηγορίας, ένα αποτέλεσμα για τα δέντρα υψηλής παραγωγής και ένα για τα δέντρα χαμηλής παραγωγής. Το κλάδεμα έγινε με αλυσοπρίονο και χειροπρίονο και η ζύγιση σε πλάστιγγα με την βοήθεια αγροτικού οχήματος.

Υπολογίστηκε το νωπό βάρος ανά τετραγωνικό μέτρο εδάφους των ζιζανίων εκτός της κόμης των δέντρων αλλά και κάτω από αυτήν. Για τον σκοπό αυτό έγινε λήψη των μετρήσεων από έξι τετραγωνικά μέτρα διάσπαρτα μέσα στον αγρό εκ των οποίων τα τρία ήταν κάτω από την κόμη των δέντρων και τα άλλα 3 ήταν στο κενό που υπάρχει μεταξύ αυτών.

Τέλος πραγματοποιήθηκε λήψη εδαφικού δείγματος βάθους 30 εκ το οποίο αναλύθηκε στο εργαστήριο εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.



Εικόνα 1: Δέντρο υψηλής παραγωγής πριν το κλάδεμα και τη συγκομιδή



Εικόνα 2: Το δέντρο της Εικόνας 1 μετά το κλάδεμα και τη συγκομιδή

Μετρήσεις εργαστηρίου

Αρχικά, μετρήθηκαν με ζυγαριά ακριβείας τα δείγματα του ξύλου (Εικ. 3), των βλαστών (Εικ. 4) και των καρπών (Εικ. 5) που είχαν συλλεχθεί στον αγρό και έπειτα αποξηράθηκαν σε φούρνο στους 80 °C και ζυγίστηκαν ξανά με σκοπό να έχουμε το νωπό και ξηρό βάρος κάθε δείγματος για να υπολογιστεί το ποσοστό της ξηράς ουσίας και ο άνθρακας κάθε δείγματος. Έγινε αναγωγή των μετρήσεων στον ελαιώνα, ξεκινώντας από τα δέντρα τα οποία στα 30 στρέμματα τα εξακόσια ήταν υψηλής παραγωγής και τα 150 ήταν χαμηλής παραγωγής, οι μέσοι όροι κάθε κατηγορίας (υψηλής και χαμηλής παραγωγής) πολλαπλασιάστηκαν με τον αριθμό των δέντρων έτσι ώστε να έχουμε συλλογικά αποτελέσματα για τα 30 στρέμματα (όλο τον αγρό) αλλά και για το στρέμμα το οποίο είχε 20 δέντρα υψηλής παραγωγής και 5 δέντρα χαμηλής παραγωγής. Τέλος, αφού υπολογίστηκε το σύνολο της βιομάζας στο σύνολο του ελαιώνα και στο στρέμμα μετατράπηκε σε ξηρά ουσία με το ποσοστό που είχε προκύψει από το νωπό και ξηρό βάρος του δείγματος και έπειτα σε άνθρακα (Garcia Martin et al, 2020, Kavvadias et al. 2018).

Αποξηράθηκαν επίσης τα δείγματα των ζιζανίων σε φούρνο στους 80 °C ούτως ώστε να υπολογιστεί το ποσοστό της ξηράς ουσίας και ο άνθρακας που περιέχεται σε αυτά από το νωπό και ξηρό βάρος των δειγμάτων και έπειτα έγινε η μετατροπή τους στο στρέμμα.

Αφού πρώτα υπολογίστηκε η επιφάνεια σκίασης κάθε μάρτυρα σε τετραγωνικά μέτρα και βρέθηκε ο μέσος όρος κάθε κατηγορίας (υψηλής και χαμηλής παραγωγής) πολλαπλασιάστηκαν με τον αριθμό των δέντρων κάθε κατηγορίας στον ελαιώνα και βρέθηκε η συνολική επιφάνεια σκίασης του ελαιώνα καθώς και η επιφάνεια που είναι καθαρή και καλύπτεται μόνο από ζιζάνια.



Εικόνα 3: Δείγμα ξύλου που υπολογίστηκε το νωπό και ξηρό βάρος



Εικόνα 4: Δείγμα βλαστών που υπολογίστηκε το νωπό και ξηρό βάρος



Εικόνα 5: Δείγμα καρπού που υπολογίστηκε το νωπό και ξηρό βάρος

Στατιστική ανάλυση

Για κάποιες παραμέτρους έγινε ανάλυση παραλλακτικότητας ANOVA με το πρόγραμμα SPSS για έναν παράγοντα την παραγωγή (μικρή ή μεγάλη παραγωγή). Έγινε διαχωρισμός των μέσων όρων με τη μέθοδο Tukey για πιθανότητα λάθους 5%.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Αποτελέσματα

Η έκταση του ελαιώνα ήταν 30 στρέμματα με 750 ελαιόδενδρα από τα οποία τα 600 είχαν υψηλή παραγωγή και τα 150 χαμηλή παραγωγή. Το συνολικό εμβαδόν του ελαιώνα με τα 750 δένδρα ήταν 21825 m², ενώ τα 8200 m² αποτελούσαν το ακάλυπτο μέρος. Το συνολικό εμβαδόν που κάλυπταν τα δένδρα υψηλής παραγωγής ήταν 15000 m² και το συνολικό εμβαδόν που κάλυπταν τα δένδρα χαμηλής παραγωγής ήταν 6825 m².

Η ανάλυση εδάφους που έλαβε χώρα στον ελαιώνα διεξήχθη σε δύο σημεία, στο κομμάτι που ο ελαιώνας ήταν επίπεδος (δεν υπήρχε κλίση) και στο κομμάτι που ο ελαιώνας είχε κλίση. Στο κομμάτι που ήταν επίπεδο το έδαφος αποτελούνταν από 49,7% άμμο, 24% ιλύς και 26,3% άργιλο. Το κομμάτι που ήταν με κλίση αποτελούνταν από 37,8% άμμο, 39,9 ιλύς και 22,3 άργιλο. Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από την ανάλυση εδάφους ως προς την οργανική ουσία, το pH, το ανθρακικό ασβέστιο, την ηλεκτρική αγωγιμότητα και τη μέση περιεκτικότητα σε κάλιο (K), φώσφορο (P) και ασβέστιο (Ca⁺²).

Πίνακας 1: Δεδομένα ανάλυσης εδάφους στο κομμάτι του ελαιώνα που ήταν επίπεδος και στο κομμάτι που είχε κλίση.

Δεδομένα	Επίπεδο	Με κλίση	Ιδανικές τιμές (International Olive Council, 2007)
Οργανική ουσία (%)	6,79	5,37	2-5%
Ανταλλάξιμο Κάλιο (K) (mg/kg)	264,5	185,5	50-150
Olsen Φώσφορος (P) (mg/kg)	24,6	59,1	10-30
Ανταλλάξιμο Ασβέστιο (Ca ⁺²) (mg/kg)	2655	1330	1650-5000
Ανταλλάξιμο Ασβέστιο (Ca ⁺²) (cmol/kg)	13,25	6,64	5-20
Ανθρακικό ασβέστιο (CaCO ₃) (%)	20,42	14,27	5-15
pH	7,51	7,64	6,5-7,5
Ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) (μS/cm)	928,5	792,6	<1500

Όπως παρατηρείται, η οργανική ουσία κυμαινόταν από 5-6% και στα δύο κομμάτια του ελαιώνα. Το ανταλλάξιμο κάλιο έδειξε σημαντική διαφορά στην τιμή ανάμεσα στα δύο κομμάτια του ελαιώνα. Το κομμάτι με κλίση είχε λιγότερο ανταλλάξιμο κάλιο (185,5 mg/kg) σε σχέση με το κομμάτι που ήταν επίπεδο (264,5 mg/kg). Ο φώσφορος κατά Olsen έδειξε, επίσης, διαφορά ανάμεσα στα δύο κομμάτια του ελαιώνα. Το κομμάτι που ήταν επίπεδο είχε λιγότερο φώσφορο (24,6 mg/kg) σε σχέση με το κομμάτι που είχε κλίση (59,1 mg/kg).

Όσον αφορά το ανταλλάξιμο ασβέστιο, το κομμάτι που ήταν επίπεδο είχε 2655 mg/kg, ενώ το κομμάτι με κλίση 1330 mg/kg. Εκφρασμένο σε cmol_c/kg, το ανταλλάξιμο ασβέστιο εκφράζει την ποσότητα του ασβεστίου που συγκρατείται στην ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων του εδάφους και ήταν 13,25 cmol_c/kg στο κομμάτι που ήταν επίπεδο και 6,64 cmol_c/kg στο κομμάτι που είχε κλίση. Το pH και στα δύο κομμάτια ήταν παραπλήσιο με μια πολύ χαμηλή διαφορά της τάξεως του 0,13 και ήταν ελαφρά αλκαλικό, κατάλληλο για την ελαιοκαλλιέργεια. Το ανθρακικό ασβέστιο διέφερε ανάμεσα στα δύο κομμάτια σε ποσοστό 6,15%, με το μεγαλύτερο ποσοστό να έχει το κομμάτι του ελαιώνα που ήταν επίπεδο. Σχετικά με την ηλεκτρική αγωγιμότητα, την μεγαλύτερη παρουσίασε το κομμάτι του ελαιώνα που ήταν επίπεδο με 928,5 μS/cm (0,9285 dS/m).

Η ανάλυση των φυτικών δειγμάτων για ανόργανα στοιχεία δεν ήταν δυνατόν να διεξαχθεί κατά την υλοποίηση της παρούσας έρευνας, όποτε πάρθηκαν μετρήσεις των θρεπτικών από την ανάλυση των φυτικών τμημάτων της ελιάς των Kanvadias et al. (2018), ως δεδομένα για την παρούσα ερευνητική εργασία (**Πίνακας 2**).

Πίνακας 2: Μετρήσεις των θρεπτικών άζωτο (N), φώσφορο (P), κάλιο (K), αλλά και του άνθρακα (C), από την φυλλοδιαγνωστική ανάλυση των Kanvadias et al. (2018). Παρουσιάζονται οι μέσοι όροι και το τυπικό σφάλμα.

	C (%)	N (%)	P (%)	K (%)
Λεπτά κλαδιά	53.8 ±0.19	0.72 ±0.22	0.08 ±0.02	0.56 ±0.09
Χοντρά κλαδιά	54.87±0.50	0.38 ±0.18	0.05 ±0.01	0.19 ±0.08
Φύλλα	52.28±0.13	1.56 ±0.30	0.12 ±0.01	0.80 ±0.13

Οι υπολογισμοί για την διάμετρο κάλυψης της επιφάνειας του εδάφους ανά δέντρο, έγιναν για τα τέσσερα δένδρα υψηλής παραγωγής και τα τέσσερα δένδρα χαμηλής παραγωγής μετά το κλάδεμα και υπολογίστηκε ο μέσος όρος. Ο **Πίνακας 3**

παρουσιάζει τους υπολογισμούς για τα οκτώ δένδρα. Όπως παρατηρείται, τα δένδρα χαμηλής παραγωγής παρουσίασαν μεγαλύτερη διάμετρο επιφάνειας κάλυψης εδάφους σε σχέση με τα δένδρα υψηλής παραγωγής. Το εμβαδόν κάλυψης των τεσσάρων δένδρων υψηλής παραγωγής ήταν 25 m² και των τεσσάρων δένδρων χαμηλής παραγωγής ήταν 45,5 m². Ο λόγος που τα δένδρα χαμηλής παραγωγής παρουσίασαν μεγαλύτερη ακτίνα καθώς και επιφάνεια σκίασης εδάφους είναι διότι κλαδεύτηκαν ελαφρύτερα σε σχέση με τα υψηλής παραγωγής για τον προφανή λόγο ότι δίνουν λιγότερη παραγωγή.

Πίνακας 3: Διάμετρος επιφάνειας κάλυψης, ακτίνα και επιφάνεια σκίασης για τα τέσσερα δένδρα υψηλής παραγωγής και τα τέσσερα δένδρα χαμηλής παραγωγής.

	Δένδρα υψηλής παραγωγής	Δένδρα χαμηλής παραγωγής
Διάμετρος επιφάνειας κάλυψης	5,5	7,5
	6,5	7
	5	8
	6	7
Μέσος όρος	5,5	7,5
Ακτίνα	2,75	3,75
	3,25	3,5
	2,5	4
	3	3,5
Μέσος όρος	2,88	3,69
Τυπική απόκλιση	0,32	0,24
Επιφάνεια σκίασης εδάφους	23,7	44,2
	33,2	38,5
	19,6	50,2
	28,3	38,5
Μέσος όρος	26,20	42,83
Τυπική απόκλιση	5,83	5,62

Για τον υπολογισμό της απομάκρυνσης των θρεπτικών άζωτο, φώσφορο και κάλιο από τον ελαιώνα, πάρθηκε δείγμα από τα κλαδευτικά (2,6 kg λεπτά κλαδιά και φύλλα, 4,6 kg χοντρά κλαδιά) και υπολογίστηκε το νωπό βάρος, το ξηρό βάρος, το ποσοστό ξηρής ουσίας και η απώλεια νερού (**Πίνακας 4**).

Πίνακας 4: Νωπό βάρος, ξηρό βάρος, % ξηρή ουσία και % απώλεια νερού από τα δείγματα που αποξηράθηκαν από το σύνολο των κλαδευτικών. Μέσοι όροι ανά παράμετρο μέτρησης που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Tukey με 5% πιθανότητα λάθους.

	Λεπτά κλαδιά και φύλλα	Χοντρά κλαδιά
kg νωπού βάρους δείγματος	2,6b	4,6a
kg ξηρού βάρους δείγματος	2,1b	3,6a
% ξηρή ουσία	80,8a	78,3b
% απώλεια νερού	19,2b	24,7a

Έπειτα, έγινε αναγωγή στα συνολικά κιλά των κλαδευτικών για τα τέσσερα δένδρα κάθε κατηγορίας καθώς και αναγωγή σε όλα τα δένδρα του ελαιώνα, για να υπολογιστεί ο άνθρακας που είχε απορροφηθεί. Αναλυτικότερα, το συνολικό νωπό βάρος των λεπτών κλαδιών και φύλλων για τα δένδρα υψηλής παραγωγής ήταν 65,7 kg και για τα χαμηλής 25 kg. Το συνολικό ξηρό βάρος των λεπτών κλαδιών και φύλλων για τα δένδρα υψηλής παραγωγής ήταν 18,5 kg και για τα χαμηλής ήταν 6,9 kg. Αντίστοιχα, για τα δένδρα υψηλής παραγωγής, το συνολικό ξηρό βάρος των χοντρών κλαδιών ήταν 37,9 kg και για τα χαμηλής 12,9 kg. Το ποσοστό του συνολικού ξηρού βάρους όλων των κλαδευτικών υπολογίστηκε στο 34,7% και ήταν ίδιο και για τις δύο κατηγορίες δένδρων. Σε ολόκληρο τον ελαιώνα το συνολικό ξηρό βάρος των λεπτών κλαδιών και φύλλων για τα δένδρα υψηλής παραγωγής ήταν 11.126 kg και για τα χαμηλής ήταν 1.030 kg, ενώ το συνολικό ξηρό βάρος των χοντρών κλαδιών για τα δένδρα υψηλής παραγωγής ήταν 20.930 kg και για τα χαμηλής 1.938 kg. Στα 30 στρέμματα ο άνθρακας (C) συνολικά, υπολογίστηκε για τα λεπτά κλαδιά και φύλλα, για τα δένδρα υψηλής παραγωγής, στα 5.563,08 kg και για τα χαμηλής στα 515,1 kg. Αντίστοιχα, ο άνθρακας για τα χοντρά κλαδιά, για τα δένδρα υψηλής παραγωγής, υπολογίστηκε στα 10.464,8 kg και για τα χαμηλής στα 969,0 kg (**Πίνακας 5**).

***Πίνακας 5:** Βάρος κλαδευτικών (1/3 λεπτά κλαδιά και φύλλα και 2/3 χοντρά κλαδιά) που απομακρύνθηκαν από τα τέσσερα δένδρα κάθε κατηγορίας και συνολικά για όλο τον ελαιώνα. Μέσοι όροι ανά παράμετρο μέτρησης που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Tukey με 5% πιθανότητα λάθους.*

<u>Κλαδευτικά ανά δένδρο</u>	Δένδρα υψηλής παραγωγής	Δένδρα χαμηλής παραγωγής
Συνολικό νωπό βάρος (kg)	67,5a	25b
Νωπό βάρος λεπτών κλαδιών και φύλλων (kg)	23a	8,5b
Νωπό βάρος χοντρών κλαδιών (kg)	44,5a	16,5b
Ξηρό βάρος λεπτών κλαδιών και φύλλων (kg)	18,5a	6,9b
Ξηρό βάρος χοντρών κλαδιών (kg)	37,9a	12,9b
Συνολικό ξηρό βάρος λεπτών κλαδιών και φύλλων στα 30 στρέμματα (kg)	11126a	1030b
Συνολικό ξηρό βάρος χοντρών κλαδιών στα 30 στρέμματα (kg)	20930a	1938b
Αριθμός δένδρων στα 30 στρέμματα	600	150
kg C στα λεπτά κλαδιά και φύλλα στα 30 στρέμματα	5563,1a	515,1b
kg C στα χοντρά κλαδιά στα 30 στρέμματα	10464,8a	969,0b
kg συνολικού C από τα λεπτά κλαδιά και φύλλα και τα χοντρά κλαδιά	16027,9a	1484,1b

Επιπλέον, υπολογίστηκε ο άνθρακας (C) που είχε απορροφηθεί από τον ελαιώνα μέσω της απομάκρυνσης των κλαδευτικών στο στρέμμα (**Πίνακας 6**). Ο ελαιώνας ήταν 30 στρέμματα με 750 δένδρα συνολικά και το στρέμμα έφερε 25 δένδρα. Τα 20 έφεραν υψηλή παραγωγή και τα 5 χαμηλή παραγωγή. Το νωπό βάρος των κλαδευτικών για τα δένδρα υψηλής παραγωγής στο στρέμμα ήταν 1.350 kg και για τα χαμηλής ήταν 125 kg. Αντίστοιχα, το ξηρό βάρος για τα κλαδευτικά των δένδρων υψηλής παραγωγής ήταν 1080 kg και για τα χαμηλής 100 kg. Ο άνθρακας (C) στο στρέμμα υπολογίστηκε στα 540 kg για τα δένδρα υψηλής παραγωγής και για τα χαμηλής στα 50 kg. Ακόμη υπολογίστηκε το ποσοστό ξηρής ουσίας στο 80% για τα 25 δένδρα στο στρέμμα.

Πίνακας 6: Κιλά άνθρακα που είχαν απορροφηθεί μέσω των κλαδευτικών στο στρέμμα (25 δένδρα στο στρέμμα, τα 20 υψηλής παραγωγής και τα 5 χαμηλής παραγωγής). Μέσοι όροι ανά παράμετρο μέτρησης που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Tukey με 5% πιθανότητα λάθους.

<u>Κλαδευτικά ανά στρέμμα</u>	Δένδρα υψηλής παραγωγής	Δένδρα χαμηλής παραγωγής
kg νωπού βάρους ανά στρέμμα	1350	125
kg ξηρού βάρους ανά στρέμμα	1080	100
kg C στο στρέμμα	540	50

Ακόμη, για τον υπολογισμό της απομάκρυνσης των θρεπτικών άζωτο, φώσφορο και κάλιο, καρποί από τα τέσσερα δένδρα κάθε κατηγορίας, ζυγίστηκαν, υπολογίστηκε ο μέσος όρος του βάρους τους και ύστερα από ξήρανση, υπολογίστηκε το ξηρό τους βάρος (Πίνακας 7). Λόγω του ότι ο καρπός που συλλέχθηκε ήταν αρκετός, δεν ήταν εφικτό να αποξηραθεί όλος, έτσι πάρθηκε δείγμα 700 g, αποξηράθηκε, μετρήθηκε το ξηρό βάρος που ήταν 336 g και ύστερα έγινε αναγωγή στα συνολικά κιλά καρπού που συλλέχθηκαν.

Πίνακας 7: Νωπό και ξηρό βάρος καρπού που συλλέχθηκαν από τα τέσσερα δένδρα και των δυο κατηγοριών, για τα 25 δένδρα που υπήρχαν στο στρέμμα και των δύο κατηγοριών και το συνολικό νωπό και ξηρό βάρος καρπού στα 30 στρέμματα (600 δένδρα υψηλής και 150 χαμηλής παραγωγής).

	Δένδρα υψηλής παραγωγής (kg)	Δένδρα χαμηλής παραγωγής (kg)
Βάρος καρπών (kg)	112	37
	107	42
	133	29
	124	48
Μέσος όρος	119	39
Συνολικό νωπό βάρος καρπών στο στρέμμα (25 δένδρα) (kg)	2.575	
Συνολικό ξηρό βάρος καρπών στο στρέμμα (25 δένδρα) (kg)	1.236	
Συνολικό νωπό βάρος καρπών στα 30 στρέμματα (750 δένδρα) (kg)	77.250	
Συνολικό ξηρό βάρος καρπών στα 30 στρέμματα (750 δένδρα) (kg)	37.080	

Από τον ελαιώνα συλλέχθηκαν, επίσης, ζιζάνια που υπήρχαν κάτω από την κόμη των δένδρων και εκτός της κόμης των δένδρων κάθε κατηγορίας. Υπολογίστηκε το νωπό και ξηρό βάρος τους σε kg ανά m², το νωπό και ξηρό βάρος τους σε kg ανά στρέμμα, υπολογίστηκε ο άνθρακας (C) σε kg ανά στρέμμα και ο λόγος ξηρού προς νωπού βάρους (**Πίνακας 8**). Όπως παρατηρείται, το συνολικό ξηρό βάρος ήταν 150 kg για τα ζιζάνια κάτω από την κόμη και 183 kg για τα ζιζάνια εκτός κόμης ανά στρέμμα χωρίς να διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Ο άνθρακας (C) ήταν 75 kg ανά στρέμμα για τα εντός κόμης και 91,7 kg ανά στρέμμα για τα εκτός κόμης χωρίς να διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Ο υπολογισμός του έγινε για να παρουσιαστεί πόση ποσότητα άνθρακα είχε απορροφηθεί στον ελαιώνα από τα ζιζάνια. Επιπλέον, το ποσοστό % ξηράς ουσίας βρέθηκε να είναι 36,94 για τα εντός κόμης και 42,5 για τα εκτός κόμης.

Πίνακας 8: Ζιζάνια που συλλέχθηκαν και υπολογισμός του άνθρακα (C) και του λόγου ξηρού/νωπού βάρους (pcDM)

<u>ZIZANIA</u>	kg ανά m²		kg ανά στρέμμα		kg C ανά στρέμμα στα ζιζάνια		Ξηρά Ουσία (%)
	Νωπό βάρος	Ξηρό βάρος	Νωπό βάρος	Ξηρό βάρος			
Κάτω από την κόμη του δένδρου	0,4	0,15	400	150	75		37,5
	0,5	0,2					40
	0,3	0,1					33,3
Μέσος όρος	0,40	0,15	-	-	-	-	36,94
Τυπική απόκλιση	0,10	0,05	-	-	-	-	3,37
Εκτός της κόμης του δένδρου	0,4	0,2	433	183	91,7		50
	0,5	0,2					40
	0,5	0,15					37,5
Μέσος όρος	0,43	0,18	-	-	-	-	42,5
Τυπική απόκλιση	0,06	0,03	-	-	-	-	6,62

Η ποσότητα της απομάκρυνσης των θρεπτικών άζωτο, φώσφορο και κάλιο, υπολογίστηκε από το ξηρό βάρος των κλαδευτικών και από το ξηρό βάρος των καρπών που συλλέχθηκαν, ενώ δεν συμπεριλήφθηκαν στον υπολογισμό τα ζιζάνια γιατί απλά ανακυκλώνονται στον ελαιώνα. Αναλυτικότερα, από τα τέσσερα δένδρα της κάθε κατηγορίας υπολογίστηκε η απομάκρυνση των θρεπτικών από τα κλαδευτικά και τους καρπούς και, έπειτα, έγινε αναγωγή στο σύνολο των δένδρων που υπήρχαν στον ελαιώνα. Ο **Πίνακας 9** παρουσιάζει την ποσότητα των θρεπτικών που απομακρύνθηκαν από τον ελαιώνα. Συνολικά, η ποσότητα αζώτου που απομακρύνθηκε από τον ελαιώνα ήταν 1.917,9 kg, η ποσότητα φωσφόρου 180,2 kg και η ποσότητα καλίου 1.117,6 kg στα 30 στρέμματα του ελαιώνα. Προσοχή, ονομάζεται απομάκρυνση θρεπτικών εφόσον τα κλαδευτικά καίγονται και οι καρποί εκρέουν από τον ελαιώνα. Αν παρέμεναν τα κλαδευτικά εντός του ελαιώνα και τεμαχίζονταν τα περισσότερα θρεπτικά θα παρέμεναν εντός του ελαιώνα εκτός από περίπου το 50% του αζώτου που χάνεται με εξαέρωση σε αμμωνία στην ατμόσφαιρα.

***Πίνακας 9:** Ποσότητες απομάκρυνσης των θρεπτικών άζωτο, φώσφορο και κάλιο σε κιλά από τον ελαιώνα, μέσω των κλαδευτικών και των καρπών.*

	N (Άζωτο) (kg)	P (φώσφορος) (kg)	K (Κάλιο) (kg)
Στα 600 δένδρα υψηλής παραγωγής (από τα κλαδευτικά)	852,7	80,1	496,9
Στα 150 δένδρα χαμηλής παραγωγής (από τα κλαδευτικά)	78,9	7,4	46
Από τους καρπούς στα 750 δένδρα	986,3	92,7	574,7
Συνολικά στα 30 στρέμματα	1.917,9	180,2	1.117,6

Συμπεράσματα – Συζήτηση

Η εδαφική ανάλυση του ελαιώνα παρουσίασε διακυμάνσεις ανάμεσα στις τιμές στα δύο κομμάτια του ελαιώνα που εξετάστηκαν. Η οργανική ουσία του εδάφους στο επίπεδο κομμάτι (6,79%) ξεπερνούσε τα όρια της ιδανικής τιμής (2-5%), σε σχέση με το επικλινές που ήταν κοντά στα όρια (5,37%). Το pH του εδάφους του ελαιώνα και στα δύο κομμάτια ήταν μέσα στα όρια της ιδανικής τιμής για την καλλιέργεια (7,51 και 7,64, αντίστοιχα). Η ελιά τείνει να προσαρμόζεται σε διάφορες τιμές pH, όμως προσοχή πρέπει να δίνεται σε τιμές $\text{pH} < 6,5$, διότι προκαλούν τροφопενίες (International Olive Oil, 2007).

Το ανταλλάξιμο κάλιο (K), ξεπερνούσε την ιδανική τιμή (50-150 mg/kg) και στο επίπεδο κομμάτι του ελαιώνα και στο επικλινές, ειδικότερα στο επίπεδο κομμάτι (264,52 mg/kg). Ο φώσφορος (P) στο επικλινές κομμάτι (59,1 mg/kg), ξεπερνούσε κατά πολύ τα όρια της ιδανικής τιμής (10-30 mg/kg) για την καλλιέργεια της ελιάς. Το ανταλλάξιμο ασβέστιο (Ca^{+2}), ήταν μέσα στα όρια των ιδανικών τιμών και στα δυο κομμάτια του ελαιώνα που εξετάστηκαν.

Όσον αφορά το ανταλλάξιμο ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3), στο κομμάτι που ήταν επίπεδο, η τιμή του (20,42%) ήταν αρκετά μεγαλύτερη από τα όρια της ιδανικής τιμής (5-15%) για την καλλιέργεια. Τέλος, η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) ήταν μέσα στα όρια της ιδανικής τιμής ($< 1.500 \mu\text{S/cm}$) και στο επίπεδο (928,5 $\mu\text{S/cm}$) και στο επικλινές (792,6 $\mu\text{S/cm}$).

Από τα ανωτέρω είναι προφανές ότι το επίπεδο τμήμα του ελαιώνα έχει πιο πλούσιο και γόνιμο έδαφος από το επικλινές τμήμα που μπορεί να οφείλεται στη διάβρωση με την πάροδο των ετών κατά την οποία συσσωρεύτηκε κάπως υψηλότερη άργιλος στο επίπεδο τμήμα του αγρού και λιγότερη ιλύς. Με τη βοήθεια της εδαφολογικής ανάλυσης για κάθε τμήμα του ελαιώνα και, εφόσον υπήρχε διαθέσιμη φυλλοδιαγνωστική, θα προτεινόταν σημαντική μείωση της χρήσης καλιούχων λιπασμάτων (ιδιαίτερα στο επίπεδο τμήμα) και μηδενική εφαρμογή για μια σειρά ετών φωσφόρου. Καθώς η οργανική ουσία του εδάφους είναι υψηλή και ο ελαιώνας βρίσκεται στη δυτική Πελοπόννησο (υψηλός υετός και σχετικά υψηλές θερμοκρασίες) αναμένεται και μια σημαντική ποσότητα N να προστίθεται στο έδαφος από την αποσύνθεση της οργανικής ουσίας.

Η συλλογή των κλαδευτικών και των καρπών από τα δένδρα υψηλής και χαμηλής παραγωγής έγινε για να υπολογιστεί η απομάκρυνση των θρεπτικών άζωτο, φώσφορο και κάλιο, ενώ ο υπολογισμός της απορρόφησης του άνθρακα έγινε από τα κλαδευτικά, τους καρπούς και τα ζιζάνια.

Από το ξηρό βάρος των κλαδευτικών που απομακρύνθηκαν, υπολογίστηκε η ποσότητα άνθρακα που περιείχαν. Όπως παρατηρήθηκε ο άνθρακας που είχε απορροφηθεί στο στρέμμα, ήταν 540 kg από τα υψηλής και 50 kg από τα χαμηλής. Συνολικά, στα 30 στρέμματα ο άνθρακας που είχε απορροφηθεί ήταν 16.027,9 kg από τα υψηλής και 1.484,1 kg από τα χαμηλής. Ακόμη, ποσότητα άνθρακα είχε απορροφηθεί από τα ζιζάνια που συλλέχθηκαν εντός και εκτός της κόμης των δένδρων και υπολογίστηκε στα 166,7 kg στο στρέμμα, 5.001 kg στα 30 στρέμματα, ο οποίος επέστρεψε ξανά πίσω στον ελαιώνα, αφού τα ζιζάνια ενσωματώθηκαν πίσω στον αγρό. Η καλλιέργεια της ελιάς έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να συμβάλλει στη μείωση της κλιματικής αλλαγής, αφού αποθηκεύει διοξείδιο του άνθρακα στα υπολείμματα της (κλαδευτικά και καρπούς) και στον σκελετό και στις ρίζες της, ενώ τα κλαδευτικά μπορούν να ενσωματωθούν ξανά πίσω στον ελαιώνα (Galan-Martin et al., 2022).

Η απομάκρυνση των θρεπτικών υπολογίστηκε για το άζωτο στα 852,7 kg, για το φώσφορο στα 80,1 kg και για το κάλιο στα 496,9 kg, στα 600 δένδρα υψηλής παραγωγής. Αντίστοιχα, στα 150 χαμηλής παραγωγής, το άζωτο που απομακρύνθηκε ανερχόταν στα 78,9 kg, ο φώσφορος στα 7,4 kg και το κάλιο στα 46 kg. Από τους καρπούς απομακρύνθηκαν 986,3 kg άζωτο, 92,7 kg φώσφορος και 574,7 kg κάλιο. Από ολόκληρο τον ελαιώνα, απομακρύνθηκαν συνολικά από τα κλαδευτικά και τους καρπούς, 1.917,9 kg άζωτο, 180,2 kg φώσφορος και 1.117,6 kg κάλιο. Στην παρούσα έρευνα, απομακρύνθηκαν κυρίως μεγάλες ποσότητες αζώτου και καλίου. Η απομάκρυνση αυτών των θρεπτικών απαιτεί προσεγμένη στρατηγική λίπανσης, για την εξασφάλιση ότι τα δένδρα θα παραμείνουν παραγωγικά και υγιή (Fernández-Escobar et al., 2015; Rodriguesa et al., 2012). Σε όλα τα είδη οπωροφόρων δέντρων είναι γνωστό ότι τα κύρια στοιχεία που απομακρύνονται ή ορθότερα τι απορροφάται από τα δέντρα είναι το N και το K, ενώ στα κλαδευτικά περιέχεται και πολύ ασβέστιο που είναι σε περίσσια στο έδαφος του μελετούμενου ελαιώνα.

Ενσωματώνοντας, τα κλαδευτικά στον ελαιώνα, έχει δειχθεί ότι βελτιώνεται ο οργανικός άνθρακας στο έδαφος (άρα αυξάνεται και η απορρόφηση άνθρακα στον

ελαιώνα) και ενισχύεται η συγκράτηση του νερού. Αυτή η πρακτική είναι ιδιαίτερα ωφέλιμη στους υπερεντατικούς ελαιώνες, που παράγουν μεγάλες ποσότητες υπολειμμάτων (Taguas et al., 2021). Η ενσωμάτωση των κλαδευτικών υπολειμμάτων βοηθάει στη μείωση της διάβρωσης του εδάφους και στη μείωση απώλειας θρεπτικών, συμβάλλοντας στην καλύτερη υγεία του εδάφους και στη βιωσιμότητα του οικοσυστήματος του ελαιώνα (Sobreiro et al., 2023; Taguas et al., 2021).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Anastasopoulos, E., Kalogeropoulos, N., Kaliora, A. C., Kountouri, A., & Andrikopoulos, N. K. (2011). The influence of ripening and crop year on quality indices, polyphenols, terpenic acids, squalene, fatty acid profile, and sterols in virgin olive oil (Koroneiki cv.) produced by organic versus non-organic cultivation method. *International Journal of Food Science & Technology*, 46(1), 170-178.

Baldoni, L., Tosti, N., Ricciolini, C., Belaj, A., Arcioni, S., Pannelli, G., ... & Porceddu, A. (2006). Genetic structure of wild and cultivated olives in the central Mediterranean basin. *Annals of Botany*, 98(5), 935-942..

Ben-Gal, A., Ron, Y., Yermiyahu, U., Zipori, I., Naoum, S., & Dag, A. (2021). Evaluation of regulated deficit irrigation strategies for oil olives: A case study for two modern Israeli cultivars. *Agricultural Water Management*, 245, 106577.

Berenguer, M. J., Vossen, P. M., Grattan, S. R., Connell, J. H., & Polito, V. S. (2006). Tree irrigation levels for optimum chemical and sensory properties of olive oil. *HortScience*, 41(2), 427-432.

Breton, C., Terral, J. F., Pinatel, C., Médail, F., Bonhomme, F., & Bervillé, A. (2009). The origins of the domestication of the olive tree. *Comptes rendus biologies*, 332(12), 1059-1064.

Conde-Innamorato, P., García, C., Villamil, J. J., Ibáñez, F., Zoppolo, R., Arias-Sibillotte, M., ... & García-Inza, G. P. (2022). The impact of irrigation on olive fruit yield and oil quality in a humid climate. *Agronomy*, 12(2), 313.

De la Rosa, R., León, L., Guerrero, N., Rallo, L., & Barranco, D. (2007). Preliminary results of an olive cultivar trial at high density. *Australian Journal of Agricultural Research*, 58(5), 392-395.

Farinelli, D., Onorati, L., Ruffolo, M., & Tombesi, A. (2010). Mechanical pruning of adult olive trees and influence on yield and on efficiency of mechanical harvesting. *Acta Horticulturae* 924, 203-209.

Fernández-Escobar, R., Sánchez-Zamora, M., García-Novelo, J., & Molina-Soria, C. (2015). Nutrient Removal from Olive Trees by Fruit Yield and Pruning. *Hortscience*, 50, 474-478. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.50.3.474>.

Galán-Martín, Á., Contreras, M. del M., Romero, I., Ruiz, E., Bueno-Rodríguez, S., Eliche-Quesada, D., & Castro-Galiano, E. (2022). The potential role of olive groves to deliver carbon dioxide removal in a carbon-neutral Europe: Opportunities and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 165, 112609. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112609>

Galán-Martín, Á., del Mar Contreras, M., Romero, I., Ruiz, E., Bueno-Rodríguez, S., Eliche-Quesada, D., & Castro-Galiano, E. (2022). The potential role of olive groves to deliver carbon dioxide removal in a carbon-neutral Europe: Opportunities and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 165, 112609.

Garcia Martin J.F., Cuenvas M., Feng C.H., Mateos P.A., Torres Garcia M. & Sanchez S., 2020. Energetic valorization of olive biomassQ olive-tree pruning, olive stones and pomaces. *Processes* 8:51 doi:10.3390/pr8050511

Gregoriou, K., Pontikis, K., & Vemmos, S. (2007). Effects of reduced irradiance on leaf morphology, photosynthetic capacity, and fruit yield in olive (*Olea europaea* L.). *Photosynthetica*, 45, 172-181.

International Olive Council. (2007). *Production techniques in olive growing*. https://www.internationaloliveoil.org/wp-content/uploads/2019/12/Olivicultura_eng.pdf?utm_source=chatgpt.com

Kavvadias, V., Papadopoulou, M., Vavoulidou, E., Theocharopoulos, S., Koubouris, G., Psarras, G., ... & Vasiliadis, A. (2018). Effect of sustainable management of olive tree residues on soil fertility in irrigated and rain-fed olive orchards. *Journal of Water and Climate Change*, 9(4), 764-774.

Lavini, A., d'Andria, R., Patumi, M., Morelli, G., Tognetti, R., & Sebastiani, L. (2008). Water management of olive trees (*Olea europaea* L.) in a hilly environment of Central-South Italy. *Options Méditerranéennes*, 84, 169-76..

Loumou, A., & Giourga, C. (2003). Olive groves: "The life and identity of the Mediterranean". *Agriculture and Human Values*, 20, 87-95.

Messina, G., & Modica, G. (2022). The role of remote sensing in olive growing farm management: a research outlook from 2000 to the present in the framework of precision agriculture applications. *Remote Sensing*, 14(23), 5951.

Moriondo, M., Trombi, G., Ferrise, R., Brandani, G., Dibari, C., Ammann, C. M., ... & Bindi, M. (2013). Olive trees as bio-indicators of climate evolution in the Mediterranean basin. *Global Ecology and Biogeography*, 22(7), 818-833.

Psarras, G., Kasapakis, I., Stefanoudaki, E., Papadakis, I., & Chartzoulakis, K. S. (2011). Effect of different irrigation regimes on olive tree (*Olea europaea* L., 'Koroneiki') physiology, yield and fruit quality. *Acta Horticulturae*, 888, 89-95.

Rallo, L., Barranco, D., Castro-García, S., Connor, D. J., Gómez del Campo, M., & Rallo, P. (2013). High-density olive plantations. *Horticultural Reviews* 41, 303-384.

Rodriguesa, Â., Ferreirab, I., Claroa, A., & Arrobasa, M. (2012). Fertilizer recommendations for olive based upon nutrients removed in crop and pruning. *Scientia Horticulturae*, 142, 205-211. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2012.05.024>.

Roussos, (2015). Olive training and pruning. <http://www.aua.gr/roussos/Roussos/Papers%20PDF/Olive%20training%20and%20pruning.pdf>

Siakou, M., Bruggeman, A., Eliades, M., Zoumides, C., Djuma, H., Kyriacou, M. C., ... & Moriana, A. (2021). Effects of deficit irrigation on 'Koroneiki' olive tree growth, physiology and olive oil quality at different harvest dates. *Agricultural Water Management*, 258, 107200.

Sobreiro, J., Patanita, M., Patanita, M., & Tomaz, A. (2023). Sustainability of High-Density Olive Orchards: Hints for Irrigation Management and Agroecological Approaches. *Water*. <https://doi.org/10.3390/w15132486>.

Sola-Guirado, R. R., Bernardi, B., Castro-García, S., Blanco-Roldán, G. L., Benalia, S., Fazari, A., ... & Zimbalatti, G. (2018). Assessment of aerial and underground vibration transmission in mechanically trunk shaken olive trees. *Journal of Agricultural Engineering*, 49(3), 191-197.

Taguas, E., Marín-Moreno, V., Díez, C., Mateos, L., Barranco, D., Mesas-Carrascosa, F., Pérez, R., García-Ferrer, A., & Quero, J. (2021). Opportunities of super high-density olive orchard to improve soil quality: Management guidelines for application of pruning residues. *Journal of Environmental Management*, 293, 112785 . <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112785>.

Testi, L., Orgaz, F., & Villalobos, F. (2008). Carbon exchange and water use efficiency of a growing, irrigated olive orchard. *Environmental and Experimental Botany*, 63(1-3), 168-177.

Therios, I., 2009. *Olives: Crop Production Science in Horticulture* 18. Wallingford, UK: CABI Publishing.
<http://sherekashmir.informaticspublishing.com/754/1/9781845934583.pdf>

Vossen, P. (2005). Olive oil production. In: *Olive Production Manual*. Sibbet, S.G. and Ferguson, L. (Eds.). University of California. Agricultural and Natural Resources. Publ. 3353, pp. 157-173.

Zion, B., Bechar, A., Regev, R., Shamir, N., Weissblum, A., Zipori, Y., & Dag, A. (2011). Mechanical harvesting of olives—An operations study. *Israel Journal of Plant Sciences*, 59(1), 71-84.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Καλφάς, Η., & Καρατάσιου, Ε. (2018). *Ελιά*. Θεσσαλονίκη: Αμερικανική Γεωργική Σχολή.
https://www.afs.edu.gr/dyn/userfiles/files/book_%CE%B5%CE%BB%CE%B9%CE%AC_low.pdf

Κωστελένος, Γ. Δ. (2011). *Στοιχεία ελαιοκομίας. Ιστορία, περιγραφή και γεωγραφική κατανομή των ποικιλιών ελιάς στην Ελλάδα*. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.