



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

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**‘Επίδραση της λίπανσης με κάλιο στην εποχιακή μεταβολή των θρεπτικών  
στοιχείων στα φύλλα, στα ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών και την παραγωγή  
δένδρων ελιάς ποικ. Χονδρολιά Χαλκιδικής’.**

**Μουχτιδιώτης Στυλιανός**

**Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Περσεφόνη Μαλέτσικα**

**Βόλος 2025**

**Τίτλος πτυχιακής εργασίας:** ‘Επίδραση της λίπανσης με κάλιο στην εποχιακή μεταβολή των θρεπτικών στοιχείων στα φύλλα, στα ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών και την παραγωγή δένδρων ελιάς ποικ. Χονδρολιά Χαλκιδικής’

**Τίτλος στην αγγλική γλώσσα:** ‘Effect of potassium fertilization on seasonal evolution of leaf nutrients, fruit quality and production of olive trees cv. Chondrolia Chalkidikis’

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**

Σε αυτό το σημείο, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμότερες ευχαριστίες στην Επίκουρο Καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος κα. Μαλέτσικα Περσεφόνη, επιβλέπουσα καθηγήτρια της πτυχιακής μου εργασίας, συνέβαλε καθοριστικά με την άριστη καθοδήγηση, τις πολύτιμες επιστημονικές της συμβουλές, την άμεση ανταπόκριση σε κάθε μου ερώτημα και τη συνεχή στήριξή της σε όλη τη διάρκεια της προσπάθειάς μου. Θα ήθελα, επίσης, να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Νάνο Γεώργιο, Διευθυντή του Εργαστηρίου Δενδροκομίας, για τον χρόνο που αφιέρωσε καθώς και για τις χρήσιμες συμβουλές του. Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τη Δρ. Γεωργία Τάνου, Ερευνήτρια στη Φυσιολογία και Θρέψη Δενδρωδών Καλλιεργειών στο Ινστιτούτο Εδαφοϋδατικών Πόρων του Ελληνικού Γεωργικού Οργανισμού Δήμητρα στη Θεσσαλονίκη που με υποδέχτηκε στο Εργαστήριο Φυσιολογίας και Θρέψης Οπωροκηπευτικών και με καθοδήγησε στην υλοποίηση των μετρήσεων της συγκέντρωσης των φύλλων και των καρπών σε ανόργανα στοιχεία.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για όλη την στήριξη και την βοήθεια που μου προσέφερε κατά την διενέργεια του πειράματος αλλά και σε όλη τη διάρκεια του κύκλου σπουδών μου.

## Περίληψη

Η καλλιέργεια της επιτραπέζιας ελιάς ποικιλίας Χονδρολιά Χαλκιδικής συνιστά κινητήριο μοχλό της ελληνικής αγροτικής παραγωγής, με υψηλή εμπορική και διατροφική αξία. Το κάλιο αποτελεί σημαντικό μακροθρεπτικό στοιχείο για την ανάπτυξη και παραγωγικότητα της ελιάς, συνεισφέροντας στη ρύθμιση της υδατικής ισορροπίας, στη μεταφορά σακχάρων και στη βελτίωση της ποιότητας των καρπών. Η παρούσα εργασία μελετά την επίδραση της καλιούχου λίπανσης στην ποικιλία ελιάς Χονδρολιά Χαλκιδικής με σκοπό την αξιολόγηση της επίδρασης στα φυσιολογικά χαρακτηριστικά και στη θρεπτική κατάσταση των φύλλων, στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών και στη συγκέντρωσή τους σε ανόργανα στοιχεία, καθώς και στην παραγωγή. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε αρδευόμενο παραγωγικό ελαιώνα στη Χαλκιδική και περιλάμβανε δύο μεταχειρίσεις: τη συμβατική λίπανση του παραγωγού (μάρτυρας) και την ορθολογική λίπανση, με επιπλέον εφαρμογή καλίου στο έδαφος (συγκριτικά με τον παραγωγό), σε δύο δόσεις κατά την περίοδο ανάπτυξης του καρπού. Η ορθολογική λίπανση με κάλιο δεν είχε κάποια επίδραση στο ειδικό βάρος και στο ποσοστό ξηράς ουσίας φύλλου, ούτε στη συγκέντρωση των φύλλων σε χλωροφύλλη. Η επιπλέον προσθήκη καλίου κατά την περίοδο ανάπτυξης του καρπού δεν βελτίωσε τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών, όπως χρώμα, μέγεθος, ποσοστό ξηράς ουσίας και λόγο σάρκας προς πυρήνα και δεν επηρέασε τη συγκέντρωση των καρπών σε ανόργανα στοιχεία. Ακόμα, η μεταχείριση της λίπανσης με κάλιο δεν οδήγησε σε αύξηση της παραγωγής ανά δένδρο και δεν βοήθησε στη μετατόπιση της παραγωγής σε μεγαλύτερες κατηγορίες μεγέθους καρπών. Η φυλλοδιαγνωστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε το καλοκαίρι και τον χειμώνα και έδειξε υψηλότερη από τη βέλτιστη συγκέντρωση σε άζωτο, βέλτιστη συγκέντρωση καλίου και φωσφόρου το καλοκαίρι, αλλά υψηλότερη της βέλτιστης τον χειμώνα, ειδικά του καλίου στη μεταχείριση της λίπανσης με κάλιο. Τα στοιχεία ασβέστιο, μαγνήσιο, μαγγάνιο, σίδηρος, ψευδάργυρος, βόριο βρέθηκαν εντός ορίων επάρκειας και στις δύο μεταχειρίσεις. Ο χαλκός βρέθηκε σε εξαιρετικά υψηλές συγκεντρώσεις στα φύλλα και των δύο μεταχειρίσεων ως αποτέλεσμα της εκτεταμένης χρήσης του για την αντιμετώπιση των ασθενειών. Σε κάποιες περιπτώσεις όπως του φωσφόρου, του βορίου και του μαγγανίου, η συγκέντρωσή τους βρέθηκε σε υψηλότερα επίπεδα στη μεταχείριση της λίπανσης με κάλιο σε σχέση με τον μάρτυρα ή του σιδήρου σε χαμηλότερα επίπεδα από τον μάρτυρα. Από

τα αποτελέσματα, ήταν ξεκάθαρη η μεταβολή της συγκέντρωσης των θρεπτικών στοιχείων μεταξύ καλοκαιριού και χειμώνα υποδεικνύοντας την κινητικότητα προς άλλα όργανα του φυτού αλλά και τη μεταβολή τους εξαιτίας των εκροών με τη συγκομιδή των καρπών. Στη συγκεκριμένη μελέτη η ορθολογική εφαρμογή του καλίου δεν επέφερε τα αναμενόμενα αποτελέσματα, γεγονός που μπορεί να οφείλεται στο ότι πρόκειται για έναν εμπορικό ελαιώνα ορθά αρδευόμενο και λιπαινόμενο, όπου τα θρεπτικά στοιχεία βρέθηκαν πάντα σε επάρκεια ή/και ελαφρώς σε υψηλή συγκέντρωση. Από την παρούσα έρευνα αναδύεται η αναγκαιότητα της πραγματοποίησης της φυλλοδιαγνωστικής ανάλυσης για την ορθολογική λίπανση ενός ελαιώνα προκειμένου να επιτευχθεί το βέλτιστο αποτέλεσμα στην ποιότητα και την παραγωγικότητα, χωρίς την επιβάρυνση του περιβάλλοντος με την υπερ-λίπανση.

**Λέξεις κλειδιά:** *Olea europaea*, επιτραπέζια ελιά, μέγεθος, θρέψη, φυλλοδιαγνωστική, ανόργανα στοιχεία

## Abstract

The cultivation of table olives, particularly the Chondrolia Chalkidikis cultivar, is a cornerstone of Greek agricultural production due to its high commercial and nutritional value. Potassium is a key macronutrient in olive cultivation, contributing to water regulation, sugar translocation, and fruit quality improvement. The objective of this study was to evaluate the effects of potassium fertilization on the nutritional status of leaves, the physiological and qualitative characteristics of the fruits, and the yield of Chondrolia Chalkidikis olive trees. The experiment was conducted in a productive olive grove in Chalkidiki, Greece, and included two treatments: (a) conventional fertilization applied by the grower (control) and (b) targeted potassium application (as potassium sulfate) during the fruit enlargement stage. Leaf nutrient analysis, physiological measurements, fruit quality assessment, and yield determination were carried out. Rational potassium fertilization had no effect on specific leaf mass and leaf dry matter, nor on leaf chlorophyll content. Additional potassium application during the fruit development period did not improve fruit quality characteristics, such as color, size, dry matter and flesh-to-stone ratio, and did not affect fruit mineral concentration. Furthermore, potassium fertilization treatment did not lead to an increase in production per tree and did not help shift production to larger fruit size categories. Leaf analysis was performed in summer and winter and showed higher than optimal nitrogen concentration, optimal potassium and phosphorus concentration in summer, but higher than optimal in winter, especially potassium concentration in the potassium fertilization treatment. The elements calcium, magnesium, manganese, iron, zinc, boron were found within adequate limits in both treatments. Copper was found in extremely high concentrations in the leaves of both treatments as a result of its extensive use for the treatment of diseases. In some cases such as phosphorus, boron and manganese, their concentration was found at higher levels in the potassium fertilization treatment compared to the control or iron at lower levels compared control. According to the results, the change in the concentration of nutrients between summer and winter was clear, indicating mobilization to other organs of the plant but also their change due to outflows with the harvest of the fruits. In this study, the rational application of potassium did not produce the expected results, which may be due to the fact that this is a commercial olive grove properly irrigated and fertilized, where the nutrients were always found to

be in sufficient and/or slightly high concentration. The present research highlights the necessity of performing foliar analysis for the rational fertilization of an olive grove in order to achieve the optimal result in quality and productivity, without burdening the environment with over-fertilization.

**Keywords:** *Olea europaea*, table olives, fruit size, leaf analysis, nutrition, inorganic elements

## Περιεχόμενα

|                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Ευχαριστίες.....                                                                 | III |
| Περίληψη.....                                                                    | IV  |
| 1. Εισαγωγή.....                                                                 | 1   |
| 1.1 Σημαντικότητα της καλλιέργειας της ελιάς για τη χώρα μας.....                | 1   |
| 1.2 Σημαντικότητα του κλάδου της επιτραπέζιας ελιάς.....                         | 1   |
| 1.2.1 Εμπορικοί τύποι επιτραπέζιας ελιάς.....                                    | 2   |
| 1.3 Σημαντικότητα της ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής.....                       | 2   |
| 1.4 Τρόπος καρποφορίας της ελιάς.....                                            | 3   |
| 1.5 Ωρίμανση – συγκομιδή ελαιοκάρπου.....                                        | 4   |
| 1.6 Ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών επιτραπέζιας ελιάς.....                       | 5   |
| 1.7 Διατροφική αξία της επιτραπέζιας ελιάς.....                                  | 6   |
| 1.8 Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις για την ελιά.....                                 | 7   |
| 1.8.1 Κλιματικές απαιτήσεις.....                                                 | 7   |
| 1.8.2 Εδαφικές απαιτήσεις.....                                                   | 7   |
| 1.9 Καλλιεργητικές εργασίες ελαιώνα.....                                         | 8   |
| 1.9.1 Κλάδεμα.....                                                               | 8   |
| 1.9.2 Λίπανση.....                                                               | 9   |
| 1.9.3 Αρδευση.....                                                               | 9   |
| 1.9.4 Διαχείριση ζιζανίων.....                                                   | 10  |
| 1.9.5 Διαχείριση εχθρών.....                                                     | 10  |
| 1.9.6 Διαχείριση ασθενειών.....                                                  | 11  |
| 1.10 Ανόργανη θρέψη της ελιάς.....                                               | 11  |
| 1.11 Απαιτήσεις της ελιάς σε θρεπτικά στοιχεία.....                              | 13  |
| 1.11.1 Όρια Επάρκειας Θρεπτικών Στοιχείων.....                                   | 13  |
| 1.12 Ορθολογική Λίπανση και Στρατηγικές Διαχείρισης.....                         | 14  |
| 1.13 Ο ρόλος του καλίου στη θρέψη της ελιάς.....                                 | 15  |
| 1.14 Ο ρόλος του καλίου στην ποιότητα και διατροφική αξία του καρπού.....        | 16  |
| 1.15 Σκοπός της εργασίας.....                                                    | 17  |
| 2. Υλικά και μέθοδοι.....                                                        | 19  |
| 2.1 Φυτικό υλικό και μεταχειρίσεις.....                                          | 19  |
| 2.2 Φυσιολογικά χαρακτηριστικά φύλλων.....                                       | 21  |
| 2.3 Μέτρηση ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών.....                            | 22  |
| 2.4 Παραγωγή δένδρων.....                                                        | 24  |
| 2.5 Μέτρηση της συγκέντρωσης των φύλλων και των καρπών σε ανόργανα στοιχεία..... | 24  |

|                                                                                                                                                                                                |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>2.6 Στατιστική επεξεργασία.....</b>                                                                                                                                                         | <b>25</b> |
| <b>3. Αποτελέσματα.....</b>                                                                                                                                                                    | <b>26</b> |
| <b>3.1 Φυσιολογικά χαρακτηριστικά φύλλων.....</b>                                                                                                                                              | <b>26</b> |
| 3.1.1 Ποσοστό % ξηρού βάρους και ειδικό βάρος φύλλων.....                                                                                                                                      | 26        |
| 3.1.2 Συγκέντρωση των φύλλων σε χλωροφύλλη.....                                                                                                                                                | 27        |
| <b>3.2 Παραγωγή ανά δένδρο και ανά κατηγορία μεγέθους καρπών ελιάς ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής.....</b>                                                                                    | <b>28</b> |
| 3.3 Βάρος, διαστάσεις, λόγος μήκος/πλάτος, λόγος σάρκας/πυρήνα και ποσοστό % ξηρού βάρους περικαρπίου και ενδοκαρπίου καρπών ελιάς ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής ανά κατηγορία μεγέθους..... | 31        |
| <b>3.4 Μεταβολή της συγκέντρωσης των φύλλων ελιάς ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής σε ανόργανα στοιχεία.....</b>                                                                                | <b>37</b> |
| <b>3.5 Συγκέντρωση των καρπών ελιάς ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής σε ανόργανα στοιχεία.....</b>                                                                                              | <b>47</b> |
| <b>4. Συζήτηση.....</b>                                                                                                                                                                        | <b>49</b> |
| <b>5. Συμπεράσματα.....</b>                                                                                                                                                                    | <b>59</b> |
| <b>6.Βιβλιογραφία.....</b>                                                                                                                                                                     | <b>61</b> |

## 1. Εισαγωγή

### 1.1 Σημαντικότητα της καλλιέργειας της ελιάς για τη χώρα μας

Η καλλιέργεια της ελιάς έχει τεράστια σημασία για την Ελλάδα, τόσο από οικονομική όσο και από πολιτιστική και κοινωνική άποψη. Από την πλευρά της συμβολής της στην οικονομική ζωή της χώρας, η ελιά αποτελεί μία εκ των βασικότερων καλλιεργειών τόσο στις βόρειες όσο και στις νότιες περιοχές της Ελλάδος. Σε μεγάλο βαθμό καθοριστικό ρόλο διαδραματίζει το κλίμα της Ελλάδος, διότι είναι ένα φυτό το οποίο ευδοκimeί σε μεσογειακές κλιματικές συνθήκες. Συγκεκριμένα, είναι ανθεκτική σε υψηλές θερμοκρασίες, ενώ απαιτεί ήπιους χειμώνες καθώς οι παγετοί και οι ιδιαίτερα χαμηλές θερμοκρασίες μπορεί να αποβούν μοιραίες για τον καρπό της. Ακόμη η σημασία της καλλιέργειας της ελιάς διαφαίνεται και από τα ιδιαίτερα υψηλά ποσοστά εξαγωγών ελιάς από τη χώρα μας, γεγονός το οποίο καθιστά την χώρα μας ενεργή στο εξωτερικό εμπόριο. Επιπλέον, το επάγγελμα του αγρότη επάνω στην καλλιέργεια της ελιάς αποτελεί πυλώνα στην ανάπτυξη της αγροτικής οικονομίας της χώρας, αλλά και η ενασχόληση με την ελιά τη συνιστά κερδοφόρο καλλιέργεια.

Ακόμη, ανατρέχοντας στον χρόνο διαφαίνεται ότι η καλλιέργεια της ελιάς έχει δεσπόζουσα θέση στην ανάπτυξη του πολιτισμού της χώρας. Στο πέρας του χρόνου η ελιά έχει καταστεί σύμβολο της ελληνικής ταυτότητας και της μεσογειακής κουλτούρας.

### 1.2 Σημαντικότητα του κλάδου της επιτραπέζιας ελιάς

Ο κλάδος της επιτραπέζιας ελιάς έχει μεγάλη σημασία για την εθνική οικονομία και την αγροτική ανάπτυξη, καθώς η Ελλάδα συνιστά έναν από τους μεγαλύτερους παραγωγούς και εξαγωγείς επιτραπέζιας ελιάς σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι χώρες στις οποίες απευθύνεται κυρίως η εξαγωγή επιτραπέζιας ελιάς είναι ευρωπαϊκές, όπως η Ιταλία, η Γερμανία, αλλά και η Γαλλία. Σύμφωνα με τα δεδομένα της **Eurostat** και τις εκθέσεις του **Διεθνούς Συμβουλίου Ελαιοκομίας (COI)**, η χώρα κατέχει σημαντικό μερίδιο στις παγκόσμιες εξαγωγές επιτραπέζιας ελιάς. Στις δημοφιλέστερες ποικιλίες επιτραπέζιας ελιάς που εξάγονται από τη χώρα μας

ανήκουν οι Καλαμών, Χονδρολιά Χαλκιδικής, Κονσερβολιά (Αμφίσσης), Μεγαρείτικη και Θρουμπολιά, Νυχάτη Καλαμών, Κοθρέικη Καρυδολιά (ΕΠΙΤΡΑΠΕΖΙΑ ΕΛΙΑ & ΗΑΟΟΡ (ΙΒΟ 22000:2005) τού Κατσιαδάκη Δ. Βαρδή). Ως επιτραπέζια ελιά ορίζεται ο υγιής καρπός καθορισμένων ποικιλιών του καλλιεργούμενου ελαιόδεντρου (*Olea europaea* var. *sativa*) που συγκομίζεται σε στάδιο κατάλληλης ωριμότητας και ποιότητας τέτοιας ώστε μετά από κατάλληλη επεξεργασία να δώσει ένα προϊόν βρώσιμο και καλά συντηρούμενο (ΕΠΙΤΡΑΠΕΖΙΑ ΕΛΙΑ & ΗΑΟΟΡ (ΙΒΟ 22000:2005) τού Κατσιαδάκη Δ. Βαρδή).

### 1.2.1 Εμπορικοί τύποι επιτραπέζιας ελιάς

Ο εμπορικός τύπος της επιτραπέζιας ελιάς καθορίζεται από την ωριμότητα του καρπού και το χρώμα του τελικού προϊόντος, με τέσσερις κύριες κατηγορίες: πράσινες (green), ξανθές (turning color), φυσικώς μαύρες (naturally black) και τεχνητώς μαύρες (black oxidized ή black ripe). Η επεξεργασία του καρπού για την απομάκρυνση της πικράδας, που προκαλείται από την ελευρωπαΐνη, γίνεται είτε άμεσα με καυστικό νάτριο είτε πιο αργά μέσω υδρόλυσης σε διάλυμα άλμης αμέσως μετά τη συγκομιδή.

Σύμφωνα με το διεθνές εμπορικό πρότυπο του Διεθνούς Συμβουλίου Ελαιοκομίας (COI/OT/NC no.1), οι βασικοί τύποι επιτραπέζιας ελιάς περιλαμβάνουν ελιές σε άλμη (είτε επεξεργασμένες είτε φυσικές), μαυρισμένες ελιές μέσω οξείδωσης και φυσικές αφυδατωμένες ή συρρικνωμένες ελιές. Ο τρόπος επεξεργασίας και η εμφάνιση του καρπού, είτε μέσω άλμης ή καυστικού νατρίου, επηρεάζουν την ποιότητα και την εμπορική αξία της ελιάς (Θεριός 2015).

### 1.3 Σημαντικότητα της ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής

Η ελιά Χονδρολιά Χαλκιδικής, ως προϊόν με Προστατευόμενη Γεωγραφική Ένδειξη (Π.Γ.Ε.), είναι ιδιαίτερα δημοφιλής στην παγκόσμια αγορά και σύμφωνα με τα δεδομένα της Eurostat (2021) καταγράφει τις υψηλότερες εξαγωγές. Οι τιμές παραγωγού για την ελιά Χονδρολιά Χαλκιδικής κυμαίνονται ανάλογα με το μέγεθος

του καρπού (που καθορίζεται από αριθμό τεμαχίων ανά κιλό καρπών), και για το 2024 οι τιμές παραγωγού (ευρώ ανά κιλό) διαμορφώθηκαν ως εξής:

- για μεγάλα μεγέθη έως 110 τεμάχια, 1,50 ευρώ
- για 111-120 τεμάχια, 1,40 ευρώ
- για 121-130 τεμάχια, 1,30 ευρώ
- για 131-140 τεμάχια, 1,20 ευρώ
- για 141-150 τεμάχια, 1,10 ευρώ
- για 151-160 τεμάχια, 1,00 ευρώ
- για 161-170 τεμάχια, 0,90 ευρώ
- για 171-180 τεμάχια, 0,80 ευρώ
- για 181-200 τεμάχια, 0,75 ευρώ (Αγρότυπος 2024)

Ωστόσο αυτές οι τιμές δεν αποτελούν ένα σταθερό μέγεθος αλλά ποικίλλουν από χρονιά σε χρονιά ανάλογα με την παραγωγή, τις εξαγωγές και την παγκόσμια ζήτηση. Η ζήτηση για τη επιτραπέζια ελιάς Χονδρολιάς Χαλκιδικής είναι συνήθως υψηλή λόγω της ποιότητας και του μεγέθους των ελιών, που την καθιστούν δημοφιλή στην Ευρώπη και άλλες διεθνείς αγορές.

## 1.4 Τρόπος καρποφορίας της ελιάς

Η καρποφορία της ελιάς (*Olea europaea* L.) είναι συνέπεια ενός σύνθετου βιολογικού μηχανισμού που συναρτάται από ποικίλους γενετικούς, φυσιολογικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες. Η διαδικασία εκκινείται με την επαγωγή της άνθισης, η οποία συμβαίνει κατά την χειμερινή περίοδο, όταν δηλαδή η θερμοκρασία είναι χαμηλή. Η επαγωγή είναι ιδιαίτερα σημαντική διότι αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την ποσότητα παραγωγής ανθέων κατά την άνοιξη.

Η ελιά διαθέτει τόσο τέλεια άνθη (ερμαφρόδιτα) όσο και αρσενικά (στείρα), αυτό είναι κάτι που επιδρά καθοριστικά στην ικανότητα γονιμοποίησης και, κατά συνέπεια, στην καρπόδεση της ελιάς. Η επικονίαση επιτυγχάνεται κυρίως με τον άνεμο (ανεμόφιλη επικονίαση) και η επιτυχής αυτή γονιμοποίηση καταλήγει στη δημιουργία καρπών. Έντονο στην καλλιέργεια της ελιάς είναι το φαινόμενο της παρενιαντοφορίας, δηλαδή τα μη σταθερά ποσοστά καρποφορίας από έτος σε έτος, η

εναλλαγή της καρποφορίας, που αποδίδεται τόσο σε φυσιολογικούς παράγοντες του φυτού όσο και σε εξωτερικούς, όπως οι καιρικές συνθήκες, αλλά και οι καλλιεργητικές πρακτικές που επιλέγονται από τους παραγωγούς (Κωνσταντίνου και Χατζιωάννου 2018).

Η διαφοροποίηση των ανθοφόρων οφθαλμών αρχίζει από το τέλος του χειμώνα και επιτυγχάνεται κατά την εποχή της άνοιξης. Μετά τη διαδικασία της γονιμοποίησης, ακολουθεί το στάδιο της καρπόδεσης και τέλος η ανάπτυξη του καρπού της ελιάς. Η θρέψη των δέντρων (με λίπανση τους), η επαρκής άρδευση και η φυτοπροστασία με την επιλογή κατάλληλων μεθόδων είναι κρίσιμες για την ομαλή εξέλιξη της καρποφορίας. Συνεπώς η διαρκής φροντίδα και επιμέλεια του ελαιώνα επιδρά καταλυτικά στη σταθερή αλλά και στην ποιοτική καρποφορία της ελιάς (Μπουρδάρας 2012).

### *1.5 Ωρίμανση – συγκομιδή ελαιοκάρπου*

Η ωρίμανση του ελαιοκάρπου είναι μια περίπλοκη διαδικασία που αποτελείται από εναλλαγές στο χρώμα και τη χημική σύσταση του καρπού, με κυριότερη την αύξηση της περιεκτικότητας σε ελαιόλαδο και τη μείωση της πικρής φαινολικής ουσίας ελευρωπαΐνης. Ο μηχανισμός αυτός επηρεάζεται από γενετικούς παράγοντες (ποικιλία), περιβαλλοντικές συνθήκες (θερμοκρασία, φως) και καλλιεργητικές μεθόδους (άρδευση, λίπανση). Η συγκομιδή του ελαιοκάρπου πραγματοποιείται όταν παρατηρηθεί το ιδανικό στάδιο ωρίμανσης, το οποίο ποικίλλει ανάλογα με τη χρήση του καρπού (επιτραπέζια ή ελαιοποιήσιμη). Ο προσδιορισμός του σωστού χρόνου συγκομιδής είναι κρίσιμος, καθώς επιδρά καθοριστικά τόσο στην ποσοτική απόδοση όσο και τα χημικά χαρακτηριστικά του παραγόμενου ελαιόλαδου. Ο τρόπος συγκομιδής (χειρωνακτική ή μηχανική) επιλέγεται με βάση διάφορους παράγοντες όπως η ποικιλία, η τοποθεσία του ελαιώνα, με γνώμονα πάντα και την προσπάθεια μηδενικής παραγωγής ζημιών τόσο στο δέντρο όσο και στον ίδιο τον καρπό της ελιάς, διότι ακριβώς η ποιότητα του καρπού είναι αυτή που καθορίζει την εμπορική αξία του τελικού προϊόντος (Ortega-García et al. 2008).

Ακόμη η επιλογή του κατάλληλου χρόνου συγκομιδής των καρπών της ελιάς κρίνεται με βάση τον δείκτη ωρίμανσης, ο οποίος προκύπτει από την διαρκή επίβλεψη της διαδικασίας ωρίμανσης με βάση τη μεταβολή στο χρώμα του καρπού, φλοιού και σάρκας. Εάν πραγματοποιηθεί η συγκομιδή της ελιάς σε πρώιμο στάδιο μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερες τιμές φαινολικών ενώσεων και αντιοξειδωτικών, αλλά χαμηλότερη απόδοση σε ελαιόλαδο. Εάν η συγκομιδή πραγματοποιηθεί σε μεταγενέστερο από το επιθυμητό χρονικό στάδιο αυξάνει το ποσοστό περιεκτικότητας του ελαιόλαδου, αλλά συνοδεύεται συχνά από υποβάθμιση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του ελαιόλαδου και αυξημένο κίνδυνο αλλοιώσεων (Mafra et al. 2006).

Η συγκομιδή γίνεται είτε χειρωνακτικά (ραβδισμός, τίναγμα) είτε μέσω μηχανημάτων (μηχανές δόνησης, συλλεκτικά μηχανήματα), με στόχο τη βέλτιστη αποδοτικότητα αλλά και την ποιότητα του καρπού. Η έγκαιρη μεταφορά και ελαιοποίηση των καρπών χωρίς καθυστερήσεις είναι επίσης κρίσιμη, καθώς αυτές μπορεί να είναι επιζήμιες προκαλώντας αλλοιώσεις του καρπού και αύξηση της οξύτητας του ελαιόλαδου. Η επιλογή ορθών γεωργικών μεθόδων κατά τη διάρκεια της συγκομιδής και η συνεχής επιμέλεια και παρατήρηση δεικτών ωρίμανσης αποτελούν απαραίτητες προϋποθέσεις για τη διασφάλιση της ποιότητας και της ανταγωνιστικότητας της ελαιοκομικής παραγωγής.

## *1.6 Ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών επιτραπέζιας ελιάς*

Η ποιότητα της επιτραπέζιας ελιάς είναι αποτέλεσμα από ένα σύνολο χαρακτηριστικών που επηρεάζονται από την ποικιλία, τον βαθμό ωρίμανσης κατά τη συγκομιδή, τη μέθοδο επεξεργασίας, καθώς και τις συνθήκες μεταφοράς αποθήκευσης και συσκευασίας. Ο καρπός πρέπει να είναι ομοιόμορφος σε μέγεθος, χρώμα και σχήμα, με σάρκα σφιχτή, χωρίς προσβολές ή μηχανικές βλάβες (Μαυρομάτης 2015).

Σε χημικό επίπεδο, η ύπαρξη φαινολικών ενώσεων – κυρίως της ελευρωπαΐνης – είναι καταλυτική για τη γεύση, καθώς αυτές οδηγούν στην πικρή γεύση του καρπού. Μέσω της αποπίκρασης (με καυστική σόδα, ζύμωση ή άλμη) επιτυγχάνεται η

μείωση των φαινολικών και η δημιουργία των καταλλήλων οργανοληπτικών χαρακτηριστικών (Καραθανάσης 2010).

Η υφή του καρπού είναι καθοριστικής σημασίας ποιοτικό γνώρισμα, αφού ο καρπός δεν πρέπει να είναι υπερβολικά μαλακός ούτε υπερβολικά σκληρός. Επιπλέον, το άρωμα και η γεύση πρέπει να είναι στα επιθυμητά επίπεδα ώστε να είναι ευχάριστα για τους καταναλωτές, χωρίς μεταλλικές ή ξινές νότες που μπορεί να είναι αποτέλεσμα ατελούς ζύμωσης ή κακής συντήρησης. Ένα προϊόν υψηλής ποιότητας πρέπει να ανταποκρίνεται τόσο στις απαιτήσεις της εθνικής και ευρωπαϊκής νομοθεσίας και αγοράς όσο και στις προτιμήσεις των καταναλωτών, με απώτερο σκοπό τη διατήρηση της εμπορικής του αξίας στην εγχώρια και διεθνή αγορά (Σταυρόπουλος 2012).

### *1.7 Διατροφική αξία της επιτραπέζιας ελιάς*

Η επιτραπέζια ελιά αποτελεί πυλώνα της Μεσογειακής διατροφής και χαρακτηρίζεται από υψηλή διατροφική αξία, τόσο λόγω της περιεκτικότητάς της σε ωφέλιμα λιπαρά, όσο και λόγω των αντιοξειδωτικών και μικροθρεπτικών συστατικών που περιέχει (Μαυρομάτης 2015).

Αρχικά, κύριο διατροφικό χαρακτηριστικό της επιτραπέζιας ελιάς συνιστά η υψηλή περιεκτικότητα σε μονοακόρεστα λιπαρά οξέα όπως το ελαϊκό οξύ, που συνδέονται άρρηκτα με την καλή καρδιαγγειακή υγεία. Τα λιπαρά αυτά βοηθούν στη μείωση των επιπέδων της LDL («κακής») χοληστερόλης και στην αύξηση της HDL («καλής») χοληστερόλης. Ακόμη η ελιά περιέχει πολυφαινόλες, όπως η ελευρωπαΐνη και η υδροξυτυροσόλη, οι οποίες παρουσιάζουν έντονη αντιοξειδωτική και αντιφλεγμονώδη δράση προσφέροντας πολλαπλά οφέλη στην υγεία του ανθρώπου (Σταυρόπουλος 2012).

Η επιτραπέζια ελιά είναι πλούσια σε βιταμίνη E, μια λιποδιαλυτή βιταμίνη με ισχυρή αντιοξειδωτική δράση, που αποτελεί ασπίδα προστασίας για τα κύτταρα από την οξειδωτική φθορά. Συνιστάται επίσης από μικρές ποσότητες ασβεστίου, σιδήρου, μαγνησίου και φυτικών ινών, αποτελώντας ευεργετικό προϊόν για τη μεταβολική υγεία και την ομαλή λειτουργία του πεπτικού συστήματος.

Αξίζει να σημειωθεί ότι λόγω της συντήρησης και αποθήκευσης (π.χ. συντήρηση σε άλμη), οι επιτραπέζιες ελιές περιέχουν υψηλά επίπεδα νατρίου.

## 1.8 Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις για την ελιά

Οι εδαφοκλιματικές απαιτήσεις της ελιάς (*Olea europaea* L.) συνιστούν καταλυτικής σημασίας παράγοντα για την επιτυχή καλλιέργειά της και τη σταθερή αποδοτικότητα υψηλής ποιότητας ελαιοκάρπου. Η ελιά είναι μεσογειακή καλλιέργεια, προσαρμοσμένη σε θερμά και ξηρά καλοκαίρια και σε ήπιους χειμώνες, στο εύκρατο δηλαδή κλίμα (Μπαρμπόπουλος 1996).

### 1.8.1 Κλιματικές απαιτήσεις

Η ελιά ευδοκimei είναι ανθεκτική σε ξηροθερμικές θερμοκρασίες έως και 40 °C, αλλά είναι επιζήμιες οι ιδιαίτερα χαμηλές θερμοκρασίες, ειδικά κάτω από τους -7°C. Οι παγετοί είναι επιβλαβείς ιδιαίτερα κατά την περίοδο της άνθισης (εξαιρετικά σπάνιο φαινόμενο) και κατά το στάδιο ωρίμανσης του καρπού. Οι χαμηλές θερμοκρασίες κρίνονται απαραίτητες κατά την περίοδο του λήθαργου για την κάλυψη των αναγκών της ελιάς σε ψύχος. Η βροχή διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη και την παραγωγικότητα της επιτραπέζιας ελιάς, επηρεάζοντας άμεσα την ποσότητα και κυρίως την ποιότητα του παραγόμενου καρπού. Ωστόσο, η σημασία της δεν περιορίζεται απλώς στην παροχή νερού, αλλά συνδέεται άρρηκτα με όλα τα στάδια του βιολογικού κύκλου του δέντρου, από τη βλαστική ανάπτυξη έως την καρπόδεση και την ωρίμανση. Οι συχνές βροχοπτώσεις βοηθούν άμεσα στην παραγωγή σαρκωδών, εύχυμων καρπών, κάτι το οποίο αποτελεί το επιθυμητό αποτέλεσμα για την παραγωγή ελιάς. Ενώ αντίθετα οι μεγάλες περιόδους ξηρασίας και η έλλειψη βροχοπτώσεων είναι συνυπεύθυνα για το μικρό μέγεθος του καρπού της ελιάς, τη συρρίκνωση του, κάτι το οποίο καταλήγει στις χαμηλές τιμές πώλησης του προϊόντος (Παπαδόπουλος 2003).

### *1.8.2 Εδαφικές απαιτήσεις*

Η ελιά είναι φυτό που ευδοκίμει σε διαφόρους τύπους εδαφών, αρκεί να εξασφαλίζεται καλή αποστράγγιση του εδάφους, διότι αποτελεί ένα φυτό το οποίο δεν είναι ανθεκτικό στην υπερβολική υγρασία στο ριζικό της σύστημα. Έτσι, σε περιοχές με κακή αποστράγγιση είναι δυνατή η καλλιέργεια ελιάς με ανύψωση των γραμμών φύτευσης (σαμαρωτά χωράφια) και με τοποθέτηση αποστραγγιστικών σωλήνων. Προτιμά εδάφη μέσης σύστασης (αμμοαργιλώδη), με pH από 6 έως 7,5, καθώς σε αυτό το εύρος pH, είναι διαθέσιμα τα περισσότερα μακροθρεπτικά (άζωτο, φώσφορος, κάλιο) και μικροθρεπτικά στοιχεία (σίδηρος, μαγγάνιο, βόριο κ.ά.) τα οποία απορροφώνται από τις ρίζες της ελιάς. Σε αλκαλικά εδάφη με pH μεγαλύτερο από 8,5 θα πρέπει να γίνει εφαρμογή θειικού σιδήρου, θειικού οξέος ή οργανικής ουσίας για σταδιακή εδαφοβελτίωση. Ακόμη, σχετικά με το στοιχείο του ασβεστίου, η ελιά είναι ασβεστόφιλο φυτό, ωστόσο η υπερβολική συγκέντρωσή του μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στην πρόσληψη άλλων θρεπτικών συστατικών όπως ο σίδηρος. Επιπλέον, η ελιά είναι ευαίσθητη είναι σε βαριά, αργιλώδη εδάφη με υψηλή υγρασία όπου υπάρχει κίνδυνος ασφυξίας των ριζών, ενώ ιδανικά κρίνονται τα εδάφη μέσης σύστασης αμμοπηλώδη ή πηλοαμμώδη. Η επάρκεια θρεπτικών στοιχείων και η σύσταση του εδάφους επηρεάζουν την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος και εν γένει την παραγωγικότητα του (Gaiapedia.gr).

### *1.9 Καλλιεργητικές εργασίες ελαιώνα*

Οι καλλιεργητικές εργασίες που απαιτούνται για την ευδοκίμηση του φυτού της ελιάς και τη μέγιστη αποδοτικότητα παραγωγής του είναι ποικίλες, ανάμεσα σε αυτές συγκαταλέγονται το κλάδεμα, η λίπανση, η άρδευση, αλλά και η διαχείριση ζιζανίων, εχθρών και ασθενειών. Απαιτούν μεγάλη επιμέλεια και φροντίδα για την επίτευξη υψηλής παραγωγής αλλά και τη παραγωγή καρπών και ελαιολάδου υψηλής ποιότητας.

### 1.9.1 Κλάδεμα

Το κλάδεμα αποτελεί μία εκ των σημαντικότερων εργασιών στην καλλιέργεια της επιτραπέζιας ελιάς, συγκεκριμένα διακρίνεται σε διαμόρφωσης, το οποίο λαμβάνει χώρα τα πρώτα 3-4 χρόνια της ζωής του φυτού της ελιάς και το κλάδεμα καρποφορίας το οποίο γίνεται ετησίως. Αυτή η διαδικασία είναι καθοριστική τόσο για την ανάπτυξη του δένδρου αλλά και για την ποιότητα και το μέγεθος του καρπού. Το κλάδεμα γίνεται συνήθως τέλος του χειμώνα και αρχές της άνοιξης, ενώ πρέπει να αποφεύγονται οι περίοδοι παγετού για να ελαχιστοποιηθούν οι πιθανότητες να ζημιωθεί το δένδρο. Επίσης διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην μείωση της παρανιαντοφορίας της ελιάς (Θεριός 2015).

### 1.9.2 Λίπανση

Η λίπανση της επιτραπέζιας ελιάς είναι καταλυτικής σημασίας εργασία καθώς επιδρά άμεσα στην αποδοτικότητα του δέντρου της ελιάς και στον ποιοτικότερο αλλά και ποσοτικά βέλτιστο καρπό. Γνώμονα για την επιλογή του κατάλληλου τύπου λιπάσματος αποτελούν οι εδαφολογικές και φυλλοδιαγνωστικές αναλύσεις, προκειμένου να συγκεκριμενοποιηθούν οι εξατομικευμένες ανάγκες του εκάστοτε ελαιώνα. Το άζωτο (N) συμβάλλει καθοριστικά στη βλάστηση και στην καρποφορία, ενώ το κάλιο (K) είναι απαραίτητο για την πρόοδο και ωρίμανση του καρπού. Συνηθέστερη πρακτική που εφαρμόζεται στην καλλιέργεια της επιτραπέζιας ελιάς είναι η λίπανση του φυτού με ένα "βασικό" λίπασμα κατά τους χειμερινούς μήνες με έμφαση σε φωσφορούχα και καλιούχα λιπάσματα, ενώ επιφανειακή λίπανση με άζωτο πραγματοποιείται σταδιακά την άνοιξη και μέχρι την έναρξη της καρπόδεσης (Σωτηρόπουλος κ.ά. 2020)

### 1.9.3 Άρδευση

Αν και η ελιά αποτελεί ένα φυτό ανθεκτικό στο ξηροθερμικό κλίμα, που επικρατεί στην χώρα μας, η συμπληρωματική άρδευση κρίνεται απαραίτητη για τη μέγιστη παραγωγικότητα του φυτού και το μεγαλύτερο μέγεθος καρπού, προσδοκώντας έτσι τις καλύτερες δυνατές τιμές τιμοκαταλόγου της επιτραπέζιας ελιάς. Η παροχή νερού μέσω της άρδευσης μπορεί να αποφέρει σημαντικό κέρδος στον παραγωγό ιδιαίτερα όταν πρόκειται για επιτραπέζια ελιά και τα προϊόντα της,

καθώς θα αυξήσει σημαντικά την παραγωγή (30-70%) αλλά και την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων εφόσον πραγματοποιηθεί την κατάλληλη περίοδο και με την κατάλληλη μέθοδο. Επιτακτική εμφανίζεται η ανάγκη για άρδευση τα τελευταία έτη όπου κάθε χρόνο σημειώνονται ολοένα κι μεγαλύτερες θερμοκρασίες, πόσο μάλλον όταν αυτές οι θερμοκρασίες που συχνά υπερβαίνουν τους 40 °C λαμβάνουν χώρα κατά την ιδιαίτερα κρίσιμη περίοδο της καρπώσεως. Τα κρίσιμα στάδια παροχής νερού και θρεπτικών στοιχείων στα ελαιόδεντρα είναι κατά τη διαμόρφωση των οφθαλμών (τέλη Ιανουαρίου – αρχές Μαρτίου), κατά την άνθιση-καρπώση και κατά την ελαιογένεση (μέσα Αυγούστου-Σεπτέμβριου) (Θεριός 2015). Οι μέθοδοι άρδευσης της ελιάς είναι: επιφανειακή άρδευση με ατομικά μπεκ, επιφανειακή άρδευση με σταγόνες (αποτελεσματικότητα >90%), υπόγεια άρδευση με σταγόνες (αποτελεσματικότητα πλησιάζει το 100%). Όσον αφορά τις αρδευτικές ανάγκες της επιτραπέζιας ελιάς, οι ποικιλίες ‘Καλαμών’ και ‘Κονσερβολιά’ απαιτούν 300-350 m<sup>3</sup>/στρ./έτος (Νάνος 2021, Καλφάς κ.ά. 2023)

#### *1.9.4 Διαχείριση ζιζανίων*

Η διαχείριση ζιζανίων αποτελεί κύριο μέλημα στην καλλιέργεια της ελιάς, διότι τα ζιζάνια αυτά ανταγωνίζονται με τα φυτά για το νερό αλλά και για τα θρεπτικά συστατικά, ενώ ταυτόχρονα μπορεί να είναι υπεύθυνα για την προσβολή των φυτών από ασθένειες. Η αντιμετώπισή τους γίνεται με ποικίλες μεθόδους. Μία εξ αυτών είναι η μηχανική, όπως χορτοκοπή με χορτοκοπτικό μηχάνημα 2-4 φορές το έτος, το φρεζάρισμα ή ελαφρά άροση μεταξύ των γραμμών για ενσωμάτωση των ζιζανίων στο έδαφος. Η μέθοδος αυτή έχει πληθώρα πλεονεκτημάτων καθώς επιτυγχάνεται χωρίς να επιβαρύνει με χημικά υπολείμματα, αλλά ταυτόχρονα βελτιώνεται η δομή του εδάφους. Ωστόσο υπάρχουν μειονεκτήματα στην παραπάνω μέθοδο όπως το γεγονός ότι απαιτεί συχνές επεμβάσεις αλλά ελλοχεύει και ο κίνδυνος τραυματισμού των ριζών, ενώ υπάρχει και η πιθανότητα να γίνει μεταφορά ασθενειών από τυχόν προσβεβλημένο φυτό από το γεωργικό μηχάνημα που χρησιμοποιείται. Άλλη μέθοδος είναι η χημική καταπολέμηση με τα κατάλληλα ζιζανιοκτόνα στη σωστή και στη συνιστώμενη δοσολογία, ωστόσο θα πρέπει η διαδικασία αυτή να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή στην καλλιέργεια της επιτραπέζιας ελιάς διότι υπάρχει ο κίνδυνος υπολειμμάτων (Θεριός 2015, Ελευθεροχωρινός 2020).

### 1.9.5 Διαχείριση εχθρών

Οι σημαντικότεροι εχθροί της ελιάς είναι ο δάκος (*Bactrocera oleae*), ο πυρηνοτρήτης (*Prays oleae*) και διάφορα ακάρεα, πιο συγκεκριμένα τα *Eriophyes oleae*. Η διαχείριση τους γίνεται με δραστικές ουσίες, οι οποίες έχουν εγκριθεί από τους αρμόδιους οργανισμούς αλλά και τηρώντας αυστηρά τις οδηγίες της ετικέτας για να αποφευχθούν κίνδυνοι για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Ακόμη ολοένα και συχνότερα επιλέγονται βιολογικές μέθοδοι διαχείρισης εχθρών μέσω της χρήσης φερομονών για την παρεμπόδιση σύζευξης και η απελευθέρωση παρασιτοειδών του γένους *Trichogramma* για τον έλεγχο του πυρηνοτρήτη χωρίς τη χρήση χημικών ουσιών (CORDIS 2010).

### 1.9.6 Διαχείριση ασθενειών

Στην καλλιέργεια της ελιάς συχνή είναι η προσβολή των φυτών από διάφορες ασθένειες όπως το κυκλοκόνιο (*Spilocaea oleagina*), η καρκίνωση (*Pseudomonas savastanoi*) και η βερτισιλλίωση (*Verticillium dahliae*). Για την καταπολέμηση τους απαιτείται στοχευμένη θεραπεία, όπως η εφαρμογή χαλκούχων σκευασμάτων και μυκητοκτόνων. Στην προληπτική καταπολέμηση εντάσσονται η καλή αποστράγγιση και αποφυγή υπερβολικής άρδευσης, το σωστό κλάδεμα, η φύτευση υγιών δενδρυλλίων, ενώ αναγκαία κρίνεται η συστηματική παρακολούθηση και εφαρμογή κατάλληλων φυτοπροστατευτικών σκευασμάτων όταν είναι αναγκαίο (Ναβρουζόγλου 2008).

## 1.10 Ανόργανη θρέψη της ελιάς

Η ανόργανη θρέψη διαδραματίζει καθοριστικό παράγοντα για την αποδοτικότητα και την ισορροπία του φυτού συμβάλλοντας στην ανάπτυξη και στην παραγωγικότητα του, καθώς και την παραγωγή υψηλής ποιότητας και διατροφικής αξίας καρπών.

Τα μακροστοιχεία πρέπει να υπάρχουν σε μεγαλύτερες ποσότητες και περιλαμβάνουν το άζωτο (N), τον φώσφορο (P), το κάλιο (K), το ασβέστιο (Ca), το μαγνήσιο (Mg) και το θείο (S). Το άζωτο είναι το κυριότερο θρεπτικό στοιχείο για τη

ανάπτυξη των βλαστών και την αύξηση της φυλλικής επιφάνειας. Συνιστά στοιχείο των πρωτεϊνών, των νουκλεϊκών οξέων και των φυτικών αυξητικών ουσιών. Η έλλειψη αζώτου παρουσιάζεται με χλωρώσεις και γενικευμένη μείωση της βλάστησης, ενώ η χορήγησή σε δόσεις που υπερβαίνουν το επιθυμητό μπορεί να οδηγήσει σε ζωηρή ανάπτυξη των βλαστών εις βάρος της ανθοφορίας και καρποφορίας. Ο φώσφορος συνεισφέρει στη μεταφορά ενέργειας (ATP), στη βελτίωση του ριζικού συστήματος και στην πρόωμη ανθοφορία. Το κάλιο είναι βασικό για την ωρίμανση και τη μεταφορά σακχάρων, ρυθμίζει την υδατική ισορροπία και θωρακίζει το φυτό απέναντι στα παθογόνα και στις δυσμενείς καιρικές συνθήκες. Η ανεπάρκεια καλίου καταλήγει στη νέκρωση των φύλλων αλλά και στη μείωση της καρποφορίας. Το ασβέστιο βοηθάει στη δόμηση των κυτταρικών τοιχωμάτων, ενώ το μαγνήσιο, ως κύριο συστατικό της χλωροφύλλης, είναι απαραίτητο για τη φωτοσύνθεση. Το θείο, τέλος συμβάλλει στη σύνθεση αμινοξέων και ενζύμων. Σύμφωνα με τον Θεριό (2015), σε έναν ελαιώνα οι ποσότητες που αφαιρούνται ετησίως κυμαίνονται μεταξύ 1,5-3,5 kg N/στρ., 0,8 kg P/στρ., έως 5 kg K/στρ. και 2-5 kg Ca/στρ.

Τα ιχνοστοιχεία είναι αναγκαία σε μικρότερες ποσότητες αλλά διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο σε ενζυματικές και φυσιολογικές λειτουργίες. Το βόριο (B) καθορίζει τη γονιμοποίηση και την καρπόδεση, καθώς βοηθάει στη βλάστηση της γύρης και την ανάπτυξη του γυρεοσωλήνα. Η απουσία του οδηγεί σε ακανόνιστους και μη ομοιόμορφους καρπούς, ενώ η υπερδοσολογία του είναι τοξική για το φυτό της ελιάς. Ο σίδηρος (Fe) συνιστά το βασικό στοιχείο για τη σύνθεση της χλωροφύλλης. Τροφοπενία σιδήρου εμφανίζεται σε ασβεστούχα ή αλκαλικά εδάφη και διαπιστώνεται με μεσονεύρια χλώρωση. Ο ψευδάργυρος (Zn) επιδρά στη σύνθεση των αυξινών και τη ρύθμιση της ανάπτυξης, ενώ ο χαλκός (Cu) και το μαγγάνιο (Mn) βοηθούν σε οξειδωτικές αντιδράσεις και την θωράκιση των φυτών. Το μολυβδαίνιο (Mo) είναι αναγκαίο για τη μετατροπή του νιτρικού αζώτου σε μορφές που μπορεί να απορροφήσει το φυτό.

Η τροφοδοσία του φυτού με τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία επιτυγχάνεται με την ορθολογική λίπανση της ελιάς, η οποία καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από αναλύσεις εδάφους και φύλλων, ώστε να εξακριβωθούν ελλείψεις ή περισσεύσεις θρεπτικών στοιχείων. Η μη ορθή λίπανση, εκτός από οικονομικά επιζήμια για τους παραγωγούς, μπορεί να αποβεί επιζήμια για την ποιότητα των καρπών, την ανθεκτικότητα του δέντρου σε ασθένειες και να υποβαθμίσει το περιβάλλον.

Επιπροσθέτως, η θρέψη της ελιάς πρέπει να αποτελεί αποτέλεσμα μελέτης και σχεδιασμού με γνώμονα τις εξατομικευμένες ανάγκες του κάθε ελαιώνα και της εκάστοτε ποικιλίας, την παραγωγή και τις εδαφοκλιματικές συνθήκες του ελαιώνα. Με τις διάφορες καλλιεργητικές μεθόδους, όπως τη συγκομιδή, το κλάδεμα αλλά και τη φυσιολογική φυλλόπτωση αφαιρούνται σημαντικές ποσότητες αυτών των θρεπτικών στοιχείων οπότε η αναπλήρωση τους κρίνεται απαραίτητη. Κάθε ποικιλία έχει διαφορετική απόκριση στις τροφοπενίες ή στην τοξικότητα θρεπτικών (Saykhul et al. 2013) (Θεριός 2005).

### 1.11 Απαιτήσεις της ελιάς σε θρεπτικά στοιχεία

Η ελιά (*Olea europaea* L.) συνιστά τη σημαντικότερη καλλιέργεια στη Μεσόγειο, με ιδιαίτερη σημασία για την Ελλάδα. Η ορθολογική διαχείριση της θρέψης της ελιάς είναι καταλυτικής σημασίας για τη μέγιστη αποδοτικότητα της σε παραγωγή αλλά και για τη βέλτιστη ποιότητα του καρπού. Η διαρκής παρακολούθηση της ανάπτυξης του φυτού και η κατανόηση των αναγκών της ελιάς σε θρεπτικά στοιχεία, αλλά και των κρίσιμων σταδίων στα οποία θα πρέπει ακριβώς να επέμβει ο παραγωγός αποτελεί βάση για την ιδανική λίπανση και τη βιώσιμη καλλιέργεια (Θεριός 2015).

Η καλλιέργεια της ελιάς εκδηλώνει εντονότερες ανάγκες σε θρεπτικά στοιχεία ιδιαίτερα σε συγκεκριμένα στάδια ανάπτυξης. Συγκεκριμένα, κατά τους μήνες της άνοιξης, η ελιά χρειάζεται επάρκεια σε άζωτο κατά το στάδιο του σχηματισμού των ανθέων, της έκπτυξης της νέας βλάστησης και της καρπόδεσης. Η χαμηλή επάρκεια σε άζωτο μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα ανάπτυξης, στο μέγεθος και στην ποιότητα του καρπού. Ακόμη κατά το στάδιο της ταχείας ανάπτυξης του καρπού τον Μάιο-Ιούνιο το φυτό της ελιάς έχει περισσότερες απαιτήσεις αζώτου αλλά και καλίου, καθώς τα στοιχεία αυτά είναι καταλυτικής σημασίας για την ανάπτυξη του καρπού και την περιεκτικότητα του σε ελαιόλαδο. Αυξημένες είναι οι ανάγκες καλίου κατά το τελικό στάδιο ωρίμανσης του καρπού, κάτι το οποίο καθορίζει την ποιότητα του ελαιόλαδου αλλά και του καρπού.

#### 1.11.1 Όρια Επάρκειας Θρεπτικών Στοιχείων

Η φυλλοδιαγνωστική αποτελεί το ασφαλέστερο εργαλείο έρευνας επαρκείας θρεπτικών στοιχείων στο δέντρο. Τα όρια επάρκειας στα φύλλα ελιάς ηλικίας 5-8 μηνών, από το μέσο των βλαστών της τελευταίας βλάστησης, έχουν οριστεί ως εξής

(σε % για μακροστοιχεία, σε  $\text{mg kg}^{-1}$  για ιχνοστοιχεία εκφρασμένα επί του ξηρού βάρους) (Therios 2005, Παναγιωτόπουλος 2009):

- **Αζωτο (N):** 1,6 – 1,8%
- **Φώσφορος (P):** 0,09 - 0,11%
- **Κάλιο (K):** 0,7 – 0,9%
- **Ασβέστιο (Ca):** 1,0 - 2,5%
- **Μαγνήσιο (Mg):** 0,1 - 0,3%
- **Βόριο (B):** 20 - 50  $\text{mg kg}^{-1}$
- **Σίδηρος (Fe):** 50 - 150  $\text{mg kg}^{-1}$
- **Ψευδάργυρος (Zn):** 10 - 30  $\text{mg kg}^{-1}$
- **Χαλκός (Cu):** 5 - 20  $\text{mg kg}^{-1}$
- **Μαγγάνιο (Mn):** 50 - 150  $\text{mg kg}^{-1}$

Η υπέρβαση των ενδεικτικών αυτών ορίων μπορεί να οδηγήσει σε επιβλαβή αποτελέσματα για το φυτό της ελιάς και τον καρπό του, ενώ η έλλειψη σε οποιοδήποτε στοιχείο μπορεί να προκαλέσει τροφопενία με αρνητικές συνέπειες στην ανάπτυξη και παραγωγή.

### *1.12 Ορθολογική Λίπανση και Στρατηγικές Διαχείρισης*

Η εφαρμογή ενός θρεπτικού στοιχείου θα πρέπει να γίνεται όταν αυτό κρίνεται απαραίτητο ώστε να εξασφαλιστεί η υγιής ανάπτυξη και παραγωγικότητα του φυτού, ενώ ταυτόχρονα με την ορθολογική λίπανση της ελιάς αποφεύγονται οι άσκοπες οικονομικές επιβαρύνσεις των παραγωγών. Παγίως η μέθοδος που επιλέγεται από τους παραγωγούς είναι ένα επαναλαμβανόμενο πρόγραμμα λίπανσης χωρίς τη διενέργεια κάποιας εδαφολογικής ή φυλλοδιαγνωστικής ανάλυσης με αποτέλεσμα να μην είναι βέβαιο ότι υπάρχει ανάγκη ή έλλειψη σε κάποιο θρεπτικό στοιχείο. Η φυλλοδιαγνωστική αποτελεί μέθοδο που καταλήγει σε συμπεράσματα για τη θρεπτική κατάσταση του δέντρου αποδεικνύοντας έτσι τις ανάγκες του φυτού για λίπανση. Έχει παρατηρηθεί ότι η υπερλίπανση με άζωτο είναι συνήθης καθώς είναι το στοιχείο που εφαρμόζεται περισσότερο από όλα στα προγράμματα λίπανσης. Ελλείψεις στοιχείων που μπορεί να παρατηρηθούν είναι σε σίδηρο σε αλκαλικά

εδάφη ή βορίου και ψευδαργύρου σε κάποιες περιπτώσεις όπου αυτά τα στοιχεία δεν είναι διαθέσιμα. Η εφαρμογή αζώτου όταν η συγκέντρωση στα φύλλα ήταν χαμηλότερη από 1,4%, βρέθηκε να αυξάνει την πυκνότητα των ανθέων και την καρπόδεση. Ωστόσο, υψηλά επίπεδα αζώτου (στα φύλλα  $N > 1,8\%$ ) ήταν υπεύθυνα για μείωση της ανθοφορίας, της καρπόδεσης και του τελικού αριθμού καρπών (Erel et al. 2013). Η θρέψη με φώσφορο βρέθηκε να αυξάνει την ανθοφορία μόνο υπό συνθήκες σοβαρής ανεπάρκειας, αλλά η καρπόδεση και ο τελικός αριθμός καρπών αυξήθηκε σταθερά με το φώσφορο στα φύλλα. Επιπλέον, η άνθιση έτεινε να αυξηθεί με το κάλιο αλλά η καρπόδεση δεν επηρεάστηκε (Erel et al. 2013).

Σύμφωνα με τον Θεριό (2015), σε έναν ελαιώνα οι ποσότητες θρεπτικών στοιχείων που αφαιρούνται ετησίως κυμαίνονται μεταξύ 1,5-3,5 kg N/στρ., 0,8 kg P/στρ., έως 5 kg K/στρ. και 2-5 kg Ca/στρ. Σύμφωνα με τους Saykhul et al. (2013), με τη συγκομιδή, το κλάδεμα και τη φυσιολογική φυλλόπτωση αφαιρούνται μεγάλες ποσότητες αυτών οπότε η συμπλήρωση τους είναι αναγκαία (Saykhul et al. 2013).

Σύμφωνα με πειραματικά δεδομένα για τη διακύμανση της σύστασης των φύλλων τρέχοντος και παρελθόντος έτους σε ανόργανα στοιχεία, προέκυψε ότι από τα φύλλα απορροφάται μεγαλύτερο ποσοστό αζώτου συγκριτικά με τα υπόλοιπα φυτικά όργανα, ενώ οι καρποί απαιτούν περισσότερο κάλιο και φώσφορο (Θεριός 2015). Τα φύλλα της ελιάς από Απρίλιο έως Ιούνιο χρειάζονται μεγάλες ποσότητες αζώτου λόγω της νέας βλαστικής ανάπτυξης, αλλά και για την ανθική ανάπτυξη. Οι ποσότητες φωσφόρου που απαιτούνται είναι μηδαμινές και άλλωστε τα ελληνικά εδάφη δεν παρουσιάζουν ελλείψεις στο συγκεκριμένο στοιχείο. Σχετικά με το κάλιο, από τον μήνα Ιούλιο έως Νοέμβριο απαιτείται σε ίσες ποσότητες με το άζωτο για την ανάπτυξη των καρπών. Το βόριο είναι ευεργετικό στοιχείο για το φυτό της ελιάς, υπεύθυνο για τη άνθιση και την καρπόδεση (Νάνος 2021).

Η συμπλήρωση των απαραίτητων θρεπτικών στοιχείων μπορεί να επιτευχθεί με λίπανση είτε από εδάφους, είτε μέσω φυλλώματος, είτε μέσω του αρδευτικού συστήματος. Η εδαφική λίπανση αποτελεί τη δημοφιλέστερη πρακτική, όμως η υδρολίπανση είναι πιο αποτελεσματική. Η διαφυλλική λίπανση μπορεί επίσης να συνδυαστεί με τη φυτοπροστασία. Επίσης η προσθήκη οργανικής ουσίας στο έδαφος πέρα από την παροχή θρεπτικών, έχει πολλαπλά οφέλη για τη δομή του εδάφους, και την υδατοϊκανότητα του (Θεριός 2015).

### 1.13 Ο ρόλος του καλίου στη θρέψη της ελιάς

Το κάλιο (K) συνιστά ένα από τα πιο ευεργετικά μακροθρεπτικά στοιχεία για την ελιά (*Olea europaea* L.), καθώς συμβάλλει σε ποικίλες διεργασίες που καθορίζουν την παραγωγή και την ποιότητα του ελαιόλαδου και του καρπού της ελιάς. Πιο συγκεκριμένα το κάλιο εμπλέκεται στον μεταβολισμό των υδατανθράκων, στη σύνθεση αμύλου, πολυπεπτιδίων και πρωτεϊνών, στη φωτοσύνθεση, μεριστωματική ανάπτυξη, ενεργοποίηση ενζύμων, σε εξουδετερωτικές λειτουργίες, αντοχή στο στρες, κ.λπ. (Sotiropoulos et al. 2023). Σύμφωνα με τον Ρούσσο (2014) το κάλιο είναι αναγκαίο στοιχείο για την οσμωρύθμιση των κυττάρων, τη ρύθμιση της διαπνοής και της αναπνοής, καθώς και για την ενεργοποίηση ενζύμων που συμμετέχουν στη φωτοσύνθεση και τον μεταβολισμό των υδατανθράκων. Ακόμη, η ύπαρξη καλίου συνδέεται άρρηκτα και με την άρδευση, καθώς η επάρκεια καλίου οδηγεί στην καλύτερη συγκράτηση του νερού, δεδομένου ότι το K παίζει σημαντικό ρόλο στο άνοιγμα και κλείσιμο των στομάτων των φύλλων.

Η ύπαρξη επαρκούς ποσότητας καλίου στο φυτό της ελιάς σχετίζεται με την αύξηση του βάρους και του μεγέθους του καρπού, αλλά και την αύξηση της περιεκτικότητας σε ελαιόλαδο και τη βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του, όπως τα λιπαρά οξέα και οι φαινολικές ενώσεις. Ακόμη, το κάλιο θωρακίζει την αντοχή των δένδρων απέναντι σε ασθένειες αλλά και σε δύσκολες καιρικές συνθήκες, όπως η ξηρασία και το ψύχος.

Η έλλειψη καλίου είναι συχνή στην ελαιοκαλλιέργεια και μπορεί να γίνει αντιληπτή από τους παραγωγούς από το ελαφρύ κιτρίνισμα των φύλλων, ενώ σε έντονη τροφопενία σημειώνονται νεκρώσεις στις κορυφές των φύλλων και ξηράνσεις ολόκληρων βλαστών. Η ιδανική συγκέντρωση καλίου στα φύλλα κυμαίνεται μεταξύ 0,7% και 0,9% ξηρού βάρους.

Για την επάρκεια της ελιάς στο θρεπτικό στοιχείο του καλίου, συνιστάται η εφαρμογή 600-1200 g K<sub>2</sub>O ανά δένδρο ετησίως, με την εφαρμογή βασικής λίπανσης τον χειμώνα ή στο τέλος του χειμώνα, ανάλογα με τους διαθέσιμους πόρους σε νερό και τις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους.

Συνολικά, η ορθολογική λίπανση με κάλιο είναι καθοριστικής σημασίας για την επίτευξη υψηλών αποδόσεων και ποιότητας στην ελαιοκαλλιέργεια (Phytothreptiki.com, n.d.).

### *1.14 Ο ρόλος του καλίου στην ποιότητα και διατροφική αξία του καρπού*

Το κάλιο (K) συνιστά σημαντικό μακροθρεπτικό στοιχείο που επιδρά άμεσα τόσο στην ποιότητα αλλά και στη διατροφική αξία του ελαιοκάρπου. Η παρουσία του βοηθά στην εξισορρόπηση των μεταβολικών διεργασιών όπως η μεταφορά σακχάρων, η σύνθεση λιπαρών οξέων και η ενεργοποίηση ενζυμικών συστημάτων που συνδέονται άρρηκτα με την ωρίμανση του καρπού. Σύμφωνα με τον Θερίο (2015), η επάρκεια καλίου οδηγεί στην αύξηση της περιεκτικότητας του καρπού σε ελαιόλαδο, βελτιώνοντας ταυτόχρονα τη χημική του σύσταση, όπως την αναλογία μονοακόρεστων προς πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, με ιδιαίτερη έμφαση στο ελαϊκό οξύ, το οποίο καθορίζει τον ποιοτικό δείκτη του ελαιόλαδου.

Επιπλέον, το κάλιο συνεισφέρει στη μέγιστη συγκέντρωση φαινολικών ενώσεων και αντιοξειδωτικών στον καρπό, ουσίες με σημαντική βιολογική επίδραση και οφέλη για την ανθρώπινη υγεία, ενισχύοντας έτσι τη διατροφική αξία του τελικού προϊόντος. Η κατάλληλη θρέψη με κάλιο έχει αποδειχθεί είναι σημαντική για την οργανοληπτική ποιότητα του ελαιόλαδου, επηρεάζοντας θετικά χαρακτηριστικά όπως το άρωμα, τη γεύση και τη σταθερότητα κατά την αποθήκευση. Η έλλειψη καλίου, αντίθετα, μπορεί να έχει δυσμενή αποτελέσματα όπως μειωμένη ελαιοπεριεκτικότητα, κατώτερη ποιότητα ελαίου και αυξημένη ευπάθεια του καρπού σε φυσιολογικές διαταραχές και παθογόνα.

### *1.15 Σκοπός της εργασίας*

Το κάλιο συνιστά ένα εκ των βασικότερων θρεπτικών στοιχείων για την ελιά. Πρώτα από όλα είναι εν μέρει υπεύθυνο για τη ρύθμιση της υδατικής κατάστασης στην ελιά, θωρακίζοντας την αντοχή στην ξηρασία, βελτιώνει την αποτελεσματικότητα χρήσης νερού, ενώ απαιτείται σε υψηλές συγκεντρώσεις από τους καρπούς της ελιάς. Η τροφοπενία καλίου αποτελεί ένα από τα συχνότερα προβλήματα που ταλανίζει τους παραγωγούς κάτι το οποίο επιτείνεται κυρίως όταν η ελιά καλλιεργείται σε ξηρικές συνθήκες ή σε αλκαλικά εδάφη, εξαιτίας της έλλειψης νερού ή της αλληλεπίδρασης με το ασβέστιο. Επίσης παρατηρείται συχνά ότι η

λίπανση με κάλιο στους ελαιώνες να είναι ανεπαρκής, ή να μην είναι αποτέλεσμα έρευνας και παρατήρησης των αναγκών του κάθε ελαιώνα. Η φυλλοδιαγνωστική ανάλυση και η εδαφολογική ανάλυση, καθώς και η ποσοτικοποίηση των εκροών των θρεπτικών στοιχείων από έναν ελαιώνα συνιστούν μεθόδους για την κατανόηση των αναγκών του σε θρεπτικά στοιχεία. Η λίπανση με κάλιο είναι καταλυτική για την ελιά, ιδίως εξαιτίας του ότι το μεγαλύτερο ποσοστό του εντοπίζεται στους καρπούς και μεγάλες ποσότητες αφαιρούνται ετησίως με τη συγκομιδή του καρπού.

Σκοπός του πειράματος ήταν η ορθολογική εφαρμογή καλιούχου λίπανσης για τη βελτίωση του μεγέθους του καρπού και της θρεπτικής κατάστασης των δένδρων ελιάς ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής. Για την επίτευξη του συγκεκριμένου σκοπού μετρήθηκαν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών, η παραγωγικότητα των ελαιόδεντρων και η συγκέντρωση των φύλλων και των καρπών σε θρεπτικά στοιχεία.

## 2. Υλικά και μέθοδοι

### 2.1 Φυτικό υλικό και μεταχειρίσεις

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο χωριό Άγιος Μάμας του Νομού Χαλκιδικής, σε έναν ελαιώνα συνολικής έκτασης 50 στρεμμάτων (Εικόνα 2.1). Οι κλιματικές συνθήκες της περιοχής χαρακτηρίζονται από ζεστά, ξηρά καλοκαίρια και δροσερούς, υγρούς χειμώνες. Στον αγρό που πραγματοποιήθηκε το πείραμα καλλιεργούνται κυρίως υπεραιώνια αλλά και νεότερης ηλικίας δένδρα ελιάς ποικιλίας Χονδρολιά Χαλκιδικής, αλλά και σε μικρότερο βαθμό δένδρα ποικιλίας Καλαμών. Οι αποστάσεις φύτευσης των δένδρων είναι 7 μέτρα επί της γραμμής και 7 μέτρα μεταξύ των γραμμών. Το πείραμα έλαβε χώρα σε δένδρα ελιάς ποικιλίας Χονδρολιά Χαλκιδικής, ηλικίας 22 ετών. Στον ελαιώνα υπάρχουν διάφορες ηλικίες δέντρων, διότι συνέβησαν φυτεύσεις σε διαφορετικές χρονιές, μέχρι που διαμορφώθηκε τελικώς ένας ενιαίος ελαιώνας. Σχετικά την άρδευση του ελαιώνα, πραγματοποιείται με σύστημα υπόγειας στάγδην άρδευσης και έγιναν συνολικά δώδεκα αρδεύσεις. Η πρώτη άρδευση έγινε τον μήνα Μάιο πριν την ανθοφορία, και έπειτα από τις δέκα Ιουνίου μέχρι την συγκομιδή γινόταν ανά δέκα ημέρες, διότι η ποικιλία αυτή είναι ιδιαίτερα απαιτητική σε νερό κατά τους καλοκαιρινούς μήνες μέχρι και τη συγκομιδή της. Η δόση άρδευσης ήταν 1 m<sup>3</sup>/δένδρο κάθε φορά και εφαρμόστηκαν συνολικά 240 m<sup>3</sup>/στρ. Η κοπή των ζιζανίων πραγματοποιήθηκε έξι φορές στον αγρό με μηχανικό τρόπο, μία φορά στα μέσα Απριλίου, άλλη μία στα μέσα Ιουνίου, στη συνέχεια στα τέλη Ιουλίου, Αυγούστου, Σεπτεμβρίου και μετά από τη συγκομιδή στα μέσα Νοεμβρίου. Επίσης, πραγματοποιήθηκε και χημική ζιζανιοκτονία επί της γραμμής τον Ιούνιο καθώς και μετά τη συγκομιδή με προφυτρωτικό ζιζανιοκτόνο επί της γραμμής. Για τη λίπανση των δένδρων εφαρμόζεται κοπρία ορνίθων στα τέλη Νοεμβρίου ανά δυο χρόνια (7 κιλά ανά δένδρο), σε συνδυασμό με τη βασική λίπανση που πραγματοποιείται στα τέλη Ιανουαρίου με αρχές Φεβρουαρίου. Για τη βασική λίπανση εφαρμόστηκε το λίπασμα 20-5-10 σε ποσότητα 3 kg ανά δένδρο. Επιπροσθέτως, πριν την ανθοφορία εφαρμόστηκε 1 kg ανά δένδρο νιτροθειϊκή αμμωνία (26-0-0), στις δέκα Ιουνίου προστέθηκε ένα 1 kg ανά δένδρο νιτρικό ασβέστιο (15,5-0-0+26,5 CaO) και τέλος μετά την συγκομιδή 1 kg ανά δένδρο ουροθειϊκή αμμωνία (40-0-0). Το κλάδεμα πραγματοποιείται κάθε χρόνο μηχανικά τους μήνες Μάρτιο και Απρίλιο. Η συγκομιδή των καρπών γίνεται στα τέλη

Σεπτεμβρίου χειρωνακτικά όταν είναι πράσινοι και προορίζονται για επιτραπέζια χρήση.



**Εικόνα 2.1** Εικόνα από τον πειραματικό αγρό μέσω Google Earth, 40°15'49"N 23°20'40"E

Το πείραμα περιλάμβανε δύο μεταχειρίσεις:

1. **Μάρτυρας:** το πρόγραμμα λίπανσης που εφάρμοσε ο παραγωγός (χωρίς επιπλέον καλιούχο λίπανση κατά την ανάπτυξη του καρπού). Εφαρμόστηκαν ανά στρέμμα με τη βασική λίπανση 12 kg N, 3 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> και 6 kg K<sub>2</sub>O, πριν την άνθιση κατά την καρπική περίοδο 8,3 kg N και 5,3 kg CaO, και μετασυλλεκτικά 8 kg N.
2. **Ορθολογική λίπανση καλίου:** εφαρμογή επιπλέον καλιούχου λίπανσης κατά την περίοδο αύξησης και ανάπτυξης του καρπού. Οι εφαρμογές που έλαβαν χώρα στη μεταχείριση της ορθολογικής λίπανσης καλίου είναι οι εξής: 1) τέλη Ιουλίου (25/7): εφαρμογή θειικού καλίου τοπικά στο σημείο άρδευσης σε ποσότητα 200 g ανά δένδρο, 2) Μέσα Αυγούστου (20/8): εφαρμογή θειικού καλίου τοπικά στο σημείο άρδευσης σε ποσότητα 200 g ανά δένδρο. Εφαρμόστηκαν ανά στρέμμα με τη βασική λίπανση 12 kg N, 3 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> και 6 kg K<sub>2</sub>O, πριν την άνθιση κατά την καρπική περίοδο 8,3 kg N, 8 kg K<sub>2</sub>O και 5,3 kg CaO, και μετασυλλεκτικά 8 kg N.

Η κάθε μεταχείριση περιλάμβανε 10 δένδρα, τα οποία ήταν ομοιόμορφα και δέχονταν τις ίδιες καλλιεργητικές φροντίδες.

Στο πλαίσιο της πειραματικής μελέτης, για την αξιολόγηση της επίδρασης των μεταχειρίσεων στη φυσιολογία, παραγωγικότητα και ποιότητα των καρπών επιτραπέζιας ελιάς Χονδρολιάς Χαλκιδικής, έλαβαν χώρα δειγματοληψίες και μετρήσεις σε συγκεκριμένα χρονικά στάδια. Επίσης, πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες φύλλων στα τέλη Ιουλίου, στα τέλη Αυγούστου, καθώς και στα μέσα Ιανουαρίου, με στόχο την ανάλυση της περιεκτικότητάς τους σε ανόργανα στοιχεία. Επιπροσθέτως, κατά τη συγκομιδή λήφθηκαν φύλλα για τη μελέτη και εξέταση των φυσιολογικών τους χαρακτηριστικών. Στη συγκομιδή έγινε καταγραφή της παραγωγής ανά δένδρο, ενώ οι καρποί κατηγοριοποιήθηκαν κατά μέγεθος με τη χρήση διαλογέα και ζυγίστηκαν οι ποσότητες των επιμέρους κατηγοριών. Τέλος έγινε συλλογή δειγμάτων καρπών για την αξιολόγηση των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών τους, καθώς και για τη μέτρηση της περιεκτικότητάς τους σε ανόργανα στοιχεία.

## 2.2 Φυσιολογικά χαρακτηριστικά φύλλων

Οι μετρήσεις των φυσιολογικών χαρακτηριστικών των φύλλων έγιναν στα μέσα Ιουλίου, σε δέκα επαναλήψεις των δώδεκα φύλλων ανά μεταχείριση (μάρτυρας και

καλιούχος λίπανση). Έγινε συλλογή των φύλλων από το μέσο της ετήσιας βλάστησης, περιμετρικά της κόμης κάθε δένδρου, προκειμένου να κατοχυρωθεί η ομοιομορφία των φύλλων ως προς την ηλικία και την έκθεση τους στο φως. Τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά που ερευνήθηκαν συμπεριλάμβαναν το ποσοστό ξηράς ουσίας (% ΞΟ), το ειδικό βάρος φύλλου ( $\text{mg cm}^{-2}$ ), καθώς και τη συγκέντρωση των φύλλων σε χλωροφύλλη α, χλωροφύλλη β, ολική χλωροφύλλη και τον λόγο χλωροφύλλης α/β.

Για τον προσδιορισμό του ποσοστού ξηράς ουσίας και του ειδικού βάρους φύλλου, απομονώθηκαν δώδεκα δίσκοι ελάσματος φύλλου διαμέτρου 6 mm από κάθε επανάληψη. Οι δίσκοι αυτοί ζυγίστηκαν αμέσως για την καταγραφή του νωπού βάρους (NB) και ακολούθως αποξηράνθηκαν σε θερμοστατούμενο φούρνο στους 80 °C έως σταθερού βάρους. Μετά την διαδικασία αποξήρανσης εντοπίστηκε το ξηρό βάρος (ΞΒ), και υπολογίστηκε το ποσοστό ξηράς ουσίας με τη σχέση:  $\text{ΞΟ (\%)} = (\text{ΞΒ} / \text{NB}) \times 100$ . Το ειδικό βάρος φύλλου προσδιορίστηκε ως το πηλίκο του ξηρού βάρους προς τη συνολική επιφάνεια των δώδεκα δίσκων, και εκφράστηκε σε  $\text{mg cm}^{-2}$ , αναδεικνύοντας τη δομική πυκνότητα του φύλλου.

Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης στα φύλλα μετρήθηκε σύμφωνα με τη μέθοδο των Wintermans and Motts (1965). Από έξι φύλλα κάθε επανάληψης διαχωρίστηκαν έξι δίσκοι ελάσματος διαμέτρου 6 mm, οι οποίοι ζυγίστηκαν και εναποτέθηκαν σε δοκιμαστικούς σωλήνες με 15 mL αιθανόλης 95%. Οι σωλήνες επώαστηκαν σε υδατόλουτρο στους 80 °C για μία ώρα έως την πλήρη αποχρωμάτιση των δίσκων και στη συνέχεια ψύχθηκαν στο σκοτάδι. Το εκχύλισμα ανακινήθηκε με τη βοήθεια vortex και η απορρόφηση μετρήθηκε σε φασματοφωτόμετρο (OPTIZEN POP UV/VIS, Mecasys Co., Ltd) στα μήκη κύματος 665 και 649 nm. Με βάση τις απορροφήσεις, υπολογίστηκαν οι συγκεντρώσεις χλωροφύλλης α, χλωροφύλλης β και ολικής χλωροφύλλης ( $\text{mg g}^{-1}$  νωπού βάρους), καθώς και ο λόγος χλωροφύλλης α/χλωροφύλλης β.

## 2.3 Μέτρηση ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών

Στη συγκομιδή πραγματοποιήθηκε διαλογή των καρπών ανά μέγεθος και προέκυψαν οι εξής κατηγορίες μεγεθών: 110, 150 και 200 τεμάχια ανά κιλό καρπών.

Στο πλαίσιο της έρευνας της επίδρασης της καλιούχου λίπανσης στην ποιότητα των καρπών της επιτραπέζιας ελιάς, πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία καρπών ανά κατηγορία μεγέθους ανά δένδρο, για κάθε μία από τις δύο πειραματικές μεταχειρίσεις (μάρτυρας και λίπανση με Κ). Οι καρποί μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο, όπου έγιναν μετρήσεις βασικών ποιοτικών χαρακτηριστικών, περιλαμβανομένων του βάρους, του εξωτερικού χρώματος, των διαστάσεων (μήκος και διάμετρος), του λόγου σάρκας/πυρήνα και του ποσοστού ξηράς ουσίας. Επίσης, μετρήθηκε η συγκέντρωση των καρπών σε ανόργανα στοιχεία, προκειμένου να εκτιμηθεί η θρεπτική τους κατάσταση.

Η αξιολόγηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών πραγματοποιήθηκε σε πέντε επαναλήψεις ανά μεταχείριση και κατηγορία μεγέθους, με κάθε επανάληψη να περιλαμβάνει δέκα καρπούς.

#### Βάρος καρπού και λόγος σάρκας/πυρήνα

Το μέσο βάρος καρπού καθορίστηκε ζυγίζοντας δέκα καρπούς ανά επανάληψη και υπολογίζοντας τον μέσο όρο. Μετά την απομάκρυνση του πυρήνα από κάθε καρπό, πραγματοποιήθηκε ατομική ζύγιση του πυρήνα. Ο λόγος σάρκας προς πυρήνα (σάρκα/πυρήνα) υπολογίστηκε ως ο λόγος του βάρους του εδώδιμου μέρους προς το βάρος του πυρήνα, παρέχοντας δείκτη αναλογικής απόδοσης εδώδιμης μάζας ανά καρπό.

#### Διαστάσεις και σχήμα καρπού

Οι διαστάσεις του καρπού μετρήθηκαν με τη χρήση ψηφιακού παχυμέτρου υψηλής ακρίβειας. Συγκεκριμένα, μετρήθηκαν το μήκος (άξονας κορυφής-βάσης) και το πλάτος (μέγιστη εγκάρσια διάμετρος) κάθε καρπού. Με βάση τις τιμές αυτές, πραγματοποιήθηκε ο υπολογισμός του λόγου μήκους προς πλάτος ( $L/W$ ), ο οποίος χρησιμοποιήθηκε για την κατηγοριοποίηση του σχήματος του καρπού (π.χ. σφαιρικό, ελλειπτικό, επιμήκες).

#### Χρωματικά χαρακτηριστικά επικαρπίου

Το χρώμα της επιδερμίδας των καρπών προσδιορίστηκε με τη χρήση φορητού χρωματόμετρου Minolta CR-400 (Minolta Ltd., Osaka, Ιαπωνία), σύμφωνα με το χρωματικό πρότυπο CIELAB (CIE 1976). Οι παραμέτροι που καταγράφηκαν ήταν οι εξής:

- **L\***: φωτεινότητα (0 = μαύρο, 100 = λευκό),
- **a\***: άξονας πράσινου (-) έως κόκκινου (+),
- **b\***: άξονας μπλε (-) έως κίτρινου (+).

Από τις τιμές των **a\*** και **b\*** υπολογίστηκαν οι δευτερογενείς χρωματικές παράμετροι:

- **C\*** (Chroma) =  $\sqrt{a^2 + b^2}$ , που εκφράζει την καθαρότητα ή ένταση του χρώματος — όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή, τόσο πιο έντονο είναι το χρώμα.
- **Hue angle (°)** =  $\tan^{-1}(b^*/a^*)$ , η οποία εκφράζει την απόχρωση: Hue = 0° αντιστοιχεί σε κόκκινο-μωβ, 90° σε κίτρινο, 180° σε κυανό-πράσινο και 270° σε μπλε (McGuire, 1992). Ο συνδυασμός C\* και Hue παρέχει μια πλήρη και ακριβή αναπαράσταση του αντιληπτού χρώματος του καρπού.

#### Ποσοστό ξηράς ουσίας

Το ποσοστό % ξηράς ουσίας του περικαρπίου προσδιορίστηκε βάσει της διαφοράς μεταξύ νωπού και ξηρού βάρους. Ειδικότερα, δέκα τεμάχια περικαρπίου από τους καρπούς κάθε επανάληψης ζυγίστηκαν για να προσδιοριστεί το νωπό βάρος. Στη συνέχεια, τα δείγματα υποβλήθηκαν σε αποξήρανση σε φούρνο αερόθερμης κυκλοφορίας στους 80 °C μέχρι σταθερού βάρους. Η αναλογία του ξηρού προς το αρχικό νωπό βάρος υπολογίστηκε και εκφράστηκε ως ποσοστό (% w/w), παρέχοντας ένδειξη της συγκέντρωσης των στερεών συστατικών στο περικάρπιο.

## 2.4 Παραγωγή δένδρων ελιάς

Στη συγκομιδή ζυγίστηκε η συνολική παραγωγή σε kg ανά δένδρο, στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε κατηγοριοποίηση των καρπών σε μεγέθη με τον διαλογέα ανά δένδρο, και έπειτα ακολούθησε ζύγιση των επιμέρους ποσοτήτων ανά κατηγορία μεγέθους.

## 2.5 Μέτρηση της συγκέντρωσης των φύλλων και των καρπών ελιάς σε ανόργανα στοιχεία

Για τη διερεύνηση της επίδρασης της καλιούχου λίπανσης στη θρεπτική κατάσταση των δένδρων, διεξήχθη φυλλοδιαγνωστική ανάλυση σε τρεις χρονικές περιόδους: στα τέλη Ιουλίου, στα τέλη Αυγούστου και στα μέσα Ιανουαρίου. Η

δειγματοληψία έγινε σύμφωνα με τις καθιερωμένες πρακτικές φυλλοδιαγνωστικής, με τη συλλογή 40 ώριμων, υγιών φύλλων ανά δένδρο και ανά μεταχείριση από το μέσο και προς τη βάση της ετήσιας βλάστησης περιφερειακά της κόμης. Αφού έλαβε χώρα η συλλογή των φύλλων, πλύθηκαν με νερό βρύσης (2–3 διαδοχικές αλλαγές) και ακολούθησε πλύσιμο με απιονισμένο νερό. Έπειτα τα δείγματα ξηράνθηκαν σε αερόθερμο φούρνο στους 70 °C για 24-48 ώρες μέχρι τον θρυμματισμό τους.

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

Τα αποξηραμένα δείγματα φύλλων και καρπών μεταφέρθηκαν στο Εργαστήριο Φυσιολογίας και Θρέψης Οπωροκηπευτικών του ΕΛΓΟ Δήμητρα στη Θεσσαλονίκη και πραγματοποιήθηκε η μέτρηση της συγκέντρωσης των φύλλων και των καρπών στα ανόργανα στοιχεία N, P, K, Ca, Mg, B, Mn, Zn, Fe και Cu. Τα μακροστοιχεία N, P, K, Ca, Mg εκφράστηκαν ως % ξηρού βάρους φύλλου ή καρπού και τα ιχνοστοιχεία σε mg kg<sup>-1</sup> ξηρού βάρους φύλλου ή καρπού.

## 2.6 Στατιστική επεξεργασία

Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων που συλλέχθηκαν έλαβε χώρα με τη συνδρομή του στατιστικού πακέτου SPSS (Version 20.0, IBM Corporation, Armonk, NY, USA). Η συσχέτιση και η σύγκριση των μέσων όρων έγινε με το γνώμονα student t-test και με τη δοκιμή πολλαπλού εύρους Duncan για επίπεδο σημαντικότητας  $p \leq 0,05$ .

### 3. Αποτελέσματα

#### 3.1 Φυσιολογικά χαρακτηριστικά φύλλων

##### 3.1.1 Ποσοστό % ξηρού βάρους και ειδικό βάρος φύλλων

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του Πίνακα 3.1.1, η ορθολογική εφαρμογή καλιούχου λίπανσης δεν είχε στατιστικά σημαντική επίδραση (NS) ούτε στο ποσοστό ξηράς ουσίας των καρπών (Ξ.Ο %) ούτε στο ειδικό βάρος φύλλου ( $\text{mg cm}^{-2}$ ) συγκριτικά με τη μεταχείριση του μάρτυρα.

Ειδικότερα, το ποσοστό ξηράς ουσίας εμφάνισε οριακή αύξηση από 47,4% στον μάρτυρα σε 47,6% στη μεταχείριση με K, διαφορά που δεν θεωρείται στατιστικά σημαντική. Η μικρή αυτή διακύμανση υποδηλώνει ότι η χορήγηση καλίου δεν επηρέασε ουσιαστικά τη συσσώρευση ξηράς ουσίας στους καρπούς κατά την περίοδο δειγματοληψίας.

Αντίστοιχα, το ειδικό βάρος των φύλλων εμφάνισε οριακή μείωση από 22,8  $\text{mg cm}^{-2}$  στον μάρτυρα σε 22,3  $\text{mg cm}^{-2}$  στη μεταχείριση με κάλιο. Το ειδικό βάρος αποτελεί δείκτη της πυκνότητας και της λειτουργικής κατάστασης του φυλλώματος (π.χ. πάχος, περιεκτικότητα σε δομικά ή φωτοσυνθετικά στοιχεία), ωστόσο η έλλειψη στατιστικής σημαντικότητας δείχνει ότι η επιπλέον λίπανση με K στην περίοδο ταχείας ανάπτυξης του καρπού δεν επέδρασε σημαντικά στα φυσιολογικά χαρακτηριστικά των φύλλων.

**Πίνακας 3.1.1.** Ποσοστό % ξηράς ουσίας και ειδικό βάρος φύλλων των δένδρων ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με κάλιο

| Μεταχείριση   | Ξ.Ο. (%) | Ειδικό βάρος φύλλου ( $\text{mg cm}^{-2}$ ) |
|---------------|----------|---------------------------------------------|
| Μάρτυρας      | 47,4     | 22,8                                        |
| Λίπανση K     | 47,6     | 22,3                                        |
| Σημαντικότητα |          |                                             |
| Μεταχείριση   | NS       | NS                                          |

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

### 3.1.2 Συγκέντρωση των φύλλων σε χλωροφύλλη

Η συγκέντρωση των φύλλων σε χλωροφύλλη α δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων (Πίν. 3.1.2). Συγκεκριμένα, τα φύλλα των δένδρων της μεταχείρισης που εφαρμόστηκε επιπλέον καλιούχος λίπανση εμφάνισαν συγκέντρωση χλωροφύλλης α ίση με  $2,62 \text{ mg g}^{-1}$ , ελαφρώς υψηλότερη από εκείνη του μάρτυρα ( $2,50 \text{ mg g}^{-1}$ ), χωρίς ωστόσο η διαφορά αυτή να είναι στατιστικά σημαντική (NS).

Αντίστοιχα, όσον αφορά τη συγκέντρωση σε χλωροφύλλη β, η μεταχείριση με κάλιο εμφάνισε ελαφρά αύξηση ( $1,16 \text{ mg g}^{-1}$ ) σε σχέση με τον μάρτυρα ( $1,06 \text{ mg g}^{-1}$ ), διαφορά που επίσης δεν ήταν στατιστικά σημαντική (Πίν. 3.1.2).

Η συνολική περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη (α + β) διαμορφώθηκε σε  $3,79 \text{ mg g}^{-1}$  για τη μεταχείριση με K και σε  $3,57 \text{ mg g}^{-1}$  για τον μάρτυρα, με τη μεταξύ τους διαφορά να μην είναι στατιστικά σημαντική. Παρά τη μικρή τάση αύξησης των επιπέδων χλωροφύλλης στα φύλλα που δέχθηκαν επιπλέον λίπανση με κάλιο, η απουσία στατιστικής σημαντικότητας υποδηλώνει ότι οι εφαρμογές δεν επέφεραν ουσιώδη μεταβολή στη φωτοσυνθετική ικανότητα των φύλλων.

**Πίνακας 3.1.2.** Συγκέντρωση σε χλωρ. α, χλωρ. β και ολ. χλωρ. εκφρασμένες σε  $\text{mg g}^{-1}$  και  $\text{mg m}^{-2}$  και του λόγου χλωρ. α/χλωρ. β των φύλλων των δένδρων ελιάς ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με κάλιο.

| Μεταχείριση      | Χλωρ. α<br>( $\text{mg g}^{-1}$ ) | Χλωρ. β<br>( $\text{mg g}^{-1}$ ) | Ολ.<br>χλωρ.<br>( $\text{mg g}^{-1}$ ) | Χλωρ. α<br>( $\text{mg m}^{-2}$ ) | Χλωρ. β<br>( $\text{mg m}^{-2}$ ) | Ολ.<br>χλωρ.<br>( $\text{mg m}^{-2}$ ) | Λόγος<br>χλωρ. α/<br>χλωρ. β |
|------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|------------------------------|
| <b>Μάρτυρας</b>  | 2,50                              | 1,06                              | 3,57                                   | 541                               | 230                               | 771                                    | 2,35                         |
| <b>Λίπανση K</b> | 2,62                              | 1,16                              | 3,79                                   | 564                               | 251                               | 815                                    | 2,26                         |
| <b>Σημαντ.</b>   |                                   |                                   |                                        |                                   |                                   |                                        |                              |
| <b>Μεταχείρ.</b> | NS                                | NS                                | NS                                     | NS                                | NS                                | NS                                     | NS                           |

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

Σημαντικότητα: NS μη σημαντική διαφορά

Ακόμη, τον υψηλότερο λόγο συγκέντρωσης χλωροφύλλης α/χλωροφύλλη β εμφάνισαν τα φύλλα των δένδρων του μάρτυρα (2,35), έναντι 2,26 στη μεταχείριση με κάλιο. Ο λόγος αυτός συνιστά δείκτη της σχετικής αναλογίας των δύο τύπων χλωροφύλλης και μπορεί να συνδέεται με την προσαρμογή του φωτοσυνθετικού

μηχανισμού σε διαφορετικές συνθήκες θρέψης ή φωτισμού. Ωστόσο, ούτε αυτή η διαφορά κρίθηκε στατιστικά σημαντική.

Αντίστοιχη εικόνα καταγράφηκε και όταν η χλωροφύλλη εκφράστηκε ως συγκέντρωση ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου ( $\text{mg m}^{-2}$ ). Συγκεκριμένα, η χλωροφύλλη α ανήλθε σε  $564 \text{ mg m}^{-2}$  για την καλιούχο λίπανση και  $541 \text{ mg m}^{-2}$  για τον μάρτυρα. Η χλωροφύλλη β σημείωσε αντίστοιχη τάση ( $251 \text{ mg m}^{-2}$  έναντι  $230 \text{ mg m}^{-2}$ ), ενώ η συνολική συγκέντρωση ήταν  $815 \text{ mg m}^{-2}$  στη λίπανση με K και  $771 \text{ mg m}^{-2}$  στον μάρτυρα (Πίν. 3.1.3). Καμία από τις διαφορές αυτές δεν ήταν στατιστικά σημαντική.

### *3.2 Παραγωγή ανά δένδρο και ανά κατηγορία μεγέθους καρπών ελιάς ποικιλίας Χονδρολιά Χαλκιδικής*

Η εφαρμογή καλιούχου λίπανσης δεν οδήγησε σε αξιοσημείωτη διαφορά στην παραγωγή καρπών ελιάς ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής σε σύγκριση με τη μεταχείριση του μάρτυρα (Πίν. 3.2.1). Ειδικότερα, η παραγωγή καρπών ανά δένδρο υπολογίσθηκε σε  $78,7 \text{ kg}$  για τον μάρτυρα και σε  $82,4 \text{ kg}$  για τη μεταχείριση της ορθολογικής λίπανσης με K, παρουσιάζοντας οριακή αύξηση που δεν αξιολογείται στατιστικά σημαντική (NS).



**Εικόνα 3.1.** Καρποί κατηγορίας 110 της μεταχείρισης του μάρτυρα.

**Πίνακας 3.2.1** Παραγωγή καρπών ελιάς ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής ανά δέντρο των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με κάλιο.

| Μεταχείριση   | Παραγωγή ανά δένδρο (kg) |
|---------------|--------------------------|
| Μάρτυρας      | 78,7                     |
| Λίπανση Κ     | 82,4                     |
| Σημαντικότητα |                          |
| Μεταχείριση   | NS                       |

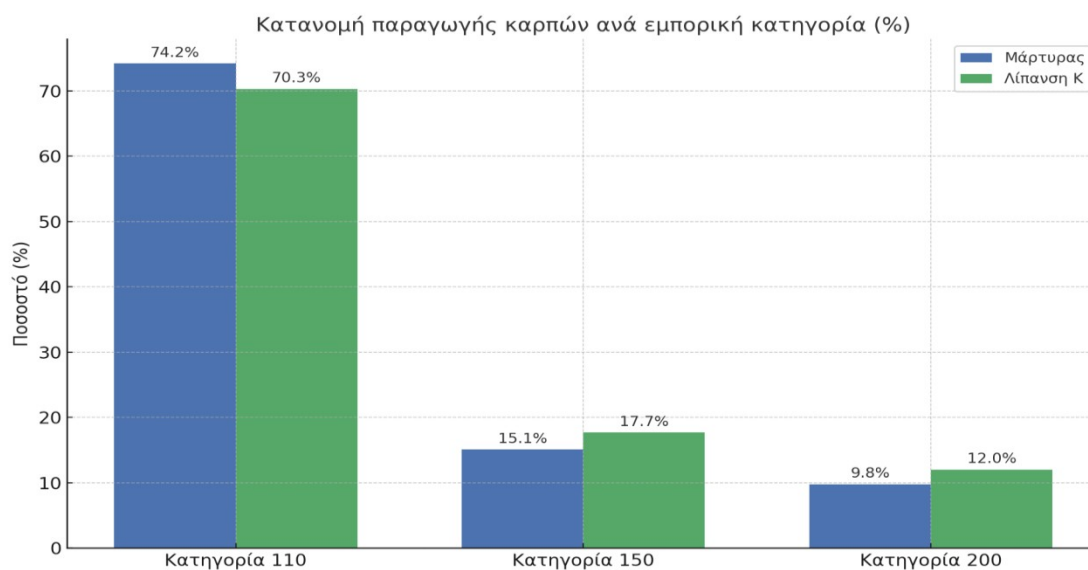
Η σύγκριση των μέσων όρων πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο student t-test ( $p \leq 0,05$ ).  
Σημαντικότητα: NS μη σημαντική διαφορά.

Η ανάλυση της παραγωγής καρπών της ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής ανά εμπορική κατηγορία μεγέθους (110, 150 και 200 τεμάχια ανά kg) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η εφαρμογή επιπλέον καλιούχου λίπανσης δεν επέδρασε σημαντικά τη διανομή της παραγωγής μεταξύ των κατηγοριών μεγέθους (Πίν. 3.2.2).

**Πίνακας 3.2.2.** Ποσότητα καρπών ανά κατηγορία μεγέθους ανά δένδρο ελιάς ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με κάλιο

| Μεταχείριση   | Κατηγορία 110 | Κατηγορία 150 | Κατηγορία 200 |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
|               | Παραγωγή (kg) |               |               |
| Μάρτυρας      | 58,4          | 11,9          | 7,70          |
| Λίπανση Κ     | 57,9          | 14,6          | 9,90          |
| Σημαντικότητα |               |               |               |
| Μεταχείριση   | NS            | NS            | NS            |

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



**Διάγραμμα 3.2.1.** Ποσότητα καρπών ανά κατηγορία μεγέθους ως ποσοστό επί % της συνολικής ποσότητας καρπών ανά δένδρο ελιάς ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με κάλιο.

Στο διάγραμμα 3.2.1 παρουσιάζεται η ποσοστιαία συμμετοχή των καρπών στις διαφορετικές κατηγορίες μεγέθους (110, 150, 200 τεμ./kg) στο σύνολο της παραγωγής των δένδρων της ποικιλίας Χονδρολιά Χαλκιδικής. Αναλυτικότερα, στον μάρτυρα, οι καρποί της κατηγορίας 110 αντιπροσώπευαν το 74,2% της συνολικής παραγωγής, ενώ στη μεταχείριση της λίπανσης με Κ μειώθηκαν σε 70,3%. Στην κατηγορία 150, στη μεταχείριση με Κ, οι καρποί αυτής της κατηγορίας αυξήθηκαν από 15,1% (μάρτυρας) σε 17,7%, καταδεικνύοντας μια μικρή, θετική συνεισφορά της λίπανσης στη βελτίωση της ομοιομορφίας ή της συνολικής παραγωγής. Τέλος, στην κατηγορία 200 που διαθέτει συνήθως χαμηλότερη εμπορική αξία, η συμμετοχή της αυξήθηκε από 9,78% στον μάρτυρα σε 12,0% με τη λίπανση Κ.

### 3.3 Βάρος, διαστάσεις, λόγος μήκος/πλάτος, λόγος σάρκας/πυρήνα και ποσοστό % ξηρού βάρους περικαρπίου και ενδοκαρπίου καρπών ελιάς ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής ανά κατηγορία μεγέθους

#### **Κατηγορία μεγέθους 110**

Ο Πίνακας 3.3.1 εμφανίζει τις τιμές των παραμέτρων  $L^*$  (φωτεινότητα),  $a^*$  (κόκκινο-πράσινο άξονας),  $C^*$  (ένταση χρώματος – Chroma) και Hue (γωνία απόχρωσης) για καρπούς της εμπορικά σημαντικής κατηγορίας μεγέθους 110 τεμ./kg, υπό δύο διαφορετικές μεταχειρίσεις: μάρτυρας και καλιούχος λίπανση. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, οι καρποί των δύο μεταχειρίσεων είχαν παρόμοιες τιμές  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $C^*$  και Hue.

**Πίνακας 3.3.1.** Χρώμα  $L^*$ ,  $C^*$  και Hue των καρπών ελιάς ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής της κατηγορίας μεγέθους 110 των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με κάλιο.

| Μεταχείριση   | $L^*$ | $a^*$ | $C^*$ | Hue |
|---------------|-------|-------|-------|-----|
| Μάρτυρας      | 63,4  | -18,0 | 40,5  | 116 |
| Λίπανση Κ     | 63,0  | -18,5 | 41,3  | 117 |
| Σημαντικότητα |       |       |       |     |
| Μεταχείριση   | NS    | NS    | NS    | NS  |

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

Οι καρποί στην κατηγορία μεγέθους 110 της μεταχείρισης που εφαρμόστηκε επιπλέον καλιούχος λίπανση είχαν χαμηλότερο βάρος σε σχέση με τον μάρτυρα (12,3 g έναντι 12,7 g,  $p \leq 0,05$ ) (Πίν. 3.3.2). Αντίθετα, το βάρος του ενδοκαρπίου δεν σημείωσε κάποια διαφοροποίηση μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων, ενώ δεν σημειώθηκαν ουσιώδεις διαφορές ούτε στις διαστάσεις των καρπών (μήκος και πλάτος) ούτε στον λόγο μήκους/πλάτους (Πίν. 3.3.2).

**Πίνακας 3.3.2.** Βάρος, μήκος, πλάτος, λόγος μήκος/πλάτος καρπού και βάρος ενδοκαρπίου των καρπών ελιάς ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής της κατηγορίας μεγέθους 110 των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με κάλιο.

| Μεταχείριση          | Βάρος καρπού (g) | Βάρος ενδοκαρπίο υ (g) | Μήκος (mm) | Πλάτος (mm) | Λόγος μήκος/πλάτος |
|----------------------|------------------|------------------------|------------|-------------|--------------------|
| <b>Μάρτυρας</b>      | 12,7             | 1,48                   | 32,1       | 30,2        | 1,12               |
| <b>Λίπανση Κ</b>     | 12,3             | 1,48                   | 35,1       | 25,3        | 1,38               |
| <b>Σημαντικότητα</b> |                  |                        |            |             |                    |
| <b>Μεταχείριση</b>   | *                | NS                     | NS         | NS          | NS                 |

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

Στην κατηγορία μεγέθους 110 των καρπών ελιάς ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής, η ορθολογική λίπανση με κάλιο δεν επηρέασε αξιοσημείωτα τον λόγο σάρκας προς πυρήνα (7,33 έναντι 7,63) ούτε το ποσοστό ξηράς ουσίας του περικαρπίου (25,2% έναντι 28,0%), όπως φαίνεται από τη μη σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων. Αντιθέτως, το ποσοστό ξηράς ουσίας του ενδοκαρπίου εμφάνισε σημαντική μείωση στη μεταχείριση της λίπανσης με Κ σε σχέση με τον μάρτυρα (75,2% στη λίπανση Κ έναντι 77,2% στον μάρτυρα,  $p \leq 0,001$ ) (Πίν. 3.3.3).

**Πίνακας 3.3.3.** Λόγος σάρκας/πυρήνα, ποσοστό % ξηράς ουσίας περικαρπίου και ποσοστό % ξηράς ουσίας ενδοκαρπίου των καρπών ελιάς ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής της κατηγορίας μεγέθους 2 των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με κάλιο.

| Μεταχείριση          | Λόγος σάρκας/πυρήνα | Ποσοστό ξηρού βάρους περικαρπίου (%) | Ποσοστό ξηρού βάρους ενδοκαρπίου (%) |
|----------------------|---------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>Μάρτυρας</b>      | 7,63                | 28,0                                 | 77,2                                 |
| <b>Λίπανση Κ</b>     | 7,33                | 25,2                                 | 75,2                                 |
| <b>Σημαντικότητα</b> |                     |                                      |                                      |
| <b>Μεταχείριση</b>   | NS                  | NS                                   | ***                                  |

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

### Κατηγορία μεγέθους 150

Στην κατηγορία μεγέθους 150 των καρπών ελιάς ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής, η εφαρμογή καλιούχου λίπανσης δεν προκάλεσε στατιστικώς σημαντικές μεταβολές στα χρωματικά χαρακτηριστικά των καρπών, όπως αυτά καθορίστηκαν από τις παραμέτρους L\*, a\*, C\* και Hue (Πίν. 3.3.4).

**Πίνακας 3.3.4.** Χρώμα L\*, C\* και Hue των καρπών ελιάς ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής της κατηγορίας μεγέθους 150 των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με κάλιο.

| Μεταχείριση   | L*   | a*    | C*   | Hue |
|---------------|------|-------|------|-----|
| Μάρτυρας      | 62,6 | -18,3 | 39,8 | 117 |
| Λίπανση Κ     | 62,0 | -18,5 | 40,2 | 117 |
| Σημαντικότητα |      |       |      |     |
| Μεταχείριση   | NS   | NS    | NS   | NS  |

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

Σημαντικότητα: NS μη σημαντική διαφορά.

Από τη σύγκριση των δύο μεταχειρίσεων στην κατηγορία μεγέθους 150 της ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής προέκυψε ότι υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στο βάρος και το μήκος του καρπού. Ειδικότερα, η ορθολογική εφαρμογή καλιούχου λίπανσης οδήγησε σε μικρότερο βάρος και μήκος καρπού, και σε μικρότερο λόγο μήκους προς πλάτος σε σχέση με τον μάρτυρα (Πίν. 3.3.5). Από την άλλη, το πλάτος του καρπού και το βάρος του ενδοκαρπίου δεν σημείωσαν κάποια ουσιαστική επίδραση από τη λίπανση με Κ, καθώς οι διαφορές βρέθηκαν μη σημαντικές (Πίν. 3.3.5).

**Πίνακας 3.3.5.** Βάρος, μήκος, πλάτος, λόγος μήκος/πλάτος καρπού και βάρος ενδοκαρπίου των καρπών ελιάς ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής της κατηγορίας μεγέθους 150 των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με κάλιο.

| Μεταχείριση | Βάρος καρπού (g) | Μήκος καρπού (mm) | Πλάτος καρπού (mm) | Λόγος μήκος/πλάτος καρπού | Βάρος ενδοκαρπίου (g) |
|-------------|------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|-----------------------|
| Μάρτυρας    | 7,62             | 31,7              | 21,0               | 1,51                      | 1,07                  |

|                      |      |      |      |      |      |
|----------------------|------|------|------|------|------|
|                      |      |      |      |      |      |
| <b>Λίπανση Κ</b>     | 7,18 | 29,8 | 20,6 | 1,45 | 1,07 |
| <b>Σημαντικότητα</b> |      |      |      |      |      |
| <b>Μεταχείριση</b>   | *    | ***  | NS   | ***  | NS   |

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

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

Η μελέτη των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών της ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής στην κατηγορία μεγέθους 150 κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η εφαρμογή επιπλέον λίπανσης με κάλιο δεν οδήγησε σε ουσιώδεις μεταβολές στον λόγο σάρκας προς πυρήνα, στο ποσοστό ξηράς ουσίας του περικαρπίου, ούτε στο ποσοστό ξηράς ουσίας του ενδοκαρπίου (Πίν. 3.3.6).

**Πίνακας 3.3.6.** Λόγος σάρκας/πυρήνα, ποσοστό % ξηράς ουσίας περικαρπίου και ποσοστό % ξηράς ουσίας ενδοκαρπίου των καρπών ελιάς ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής της κατηγορίας μεγέθους 150 των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με κάλιο.

| <b>Μεταχείριση</b>   | <b>Λόγος σάρκας/<br/>πυρήνα</b> | <b>Ποσοστό ξηρού<br/>βάρους<br/>περικαρπίου (%)</b> | <b>Ποσοστό ξηρού<br/>βάρους<br/>ενδοκαρπίου (%)</b> |
|----------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| <b>Μάρτυρας</b>      | 6,13                            | 25,8                                                | 75,2                                                |
| <b>Λίπανση Κ</b>     | 5,70                            | 25,5                                                | 73,5                                                |
| <b>Σημαντικότητα</b> |                                 |                                                     |                                                     |
| <b>Μεταχείριση</b>   | NS                              | NS                                                  | NS                                                  |

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

Σημαντικότητα: NS μη σημαντική διαφορά.

### **Κατηγορία μεγέθους 200**

Η εξέταση των χαρακτηριστικών του χρώματος των καρπών ελιάς ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής, κατηγορίας μεγέθους 200, υποδηλώνει ότι η λίπανση με κάλιο δεν οδήγησε σε στατιστικώς αξιόλογες διαφορές στις τιμές των παραμέτρων  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $C^*$  και Hue (Πίν. 3.3.7).

**Πίνακας 3.3.7.** Χρώμα L\*, a\*, C\* και Hue των καρπών ελιάς ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής της κατηγορίας μεγέθους 200 των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με κάλιο.

| Μεταχείριση   | L*   | a*    | C*   | Hue |
|---------------|------|-------|------|-----|
| Μάρτυρας      | 61,2 | -18,3 | 29,9 | 117 |
| Λίπανση Κ     | 61,1 | -18,8 | 41,2 | 117 |
| Σημαντικότητα |      |       |      |     |
| Μεταχείριση   | NS   | NS    | NS   | NS  |

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

Από τη σύγκριση των δύο μεταχειρίσεων στην κατηγορία μεγέθους 200 της ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής προέκυψε ότι υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στο βάρος και το μήκος του καρπού (Πίν. 3.3.8). Ειδικότερα, η ορθολογική εφαρμογή καλιούχου λίπανσης οδήγησε σε μικρότερο βάρος και μήκος καρπού, σε σχέση με τον μάρτυρα (Πίν. 3.3.8). Από την άλλη, δεν σημείωσαν κάποια ουσιαστική επίδραση από τη λίπανση με Κ το πλάτος του καρπού και ο λόγος μήκους προς πλάτος (Πίν. 3.3.8).

**Πίνακας 3.3.8.** Βάρος, μήκος, πλάτος, λόγος μήκος/πλάτος καρπού και βάρος ενδοκαρπίου των καρπών ελιάς ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής της κατηγορίας μεγέθους 200 των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με κάλιο.

| Μεταχείριση   | Βάρος καρπού (g) | Μήκος (mm) | Πλάτος (mm) | Λόγος μήκος/πλάτος |
|---------------|------------------|------------|-------------|--------------------|
| Μάρτυρας      | 5,91             | 28,9       | 20,9        | 1,50               |
| Λίπανση Κ     | 5,65             | 27,9       | 18,8        | 1,49               |
| Σημαντικότητα |                  |            |             |                    |
| Μεταχείριση   | *                | *          | NS          | NS                 |

Διαφορετικά γράμματα εντός της ίδιας στήλης δείχνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σύμφωνα με το κριτήριο student t-test ( $p \leq 0,05$ ).  
Σημαντικότητα: NS μη σημαντική διαφορά και 1 επίπεδο σημαντικότητας 0,05.

Δεν ανιχνεύθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων ως προς τον λόγο σάρκας προς πυρήνα, το ποσοστό ξηράς ουσίας του περικαρπίου

και το ποσοστό ξηράς ουσίας του ενδοκαρπίου στους καρπούς ελιάς ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής, κατηγορίας μεγέθους 200 (Πίν. 3.3.9).

**Πίνακας 3.3.9.** Λόγος σάρκας/πυρήνα, ποσοστό % ξηράς ουσίας περικαρπίου και ποσοστό % ξηράς ουσίας ενδοκαρπίου των καρπών ελιάς ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής της κατηγορίας μεγέθους 200 των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με κάλιο.

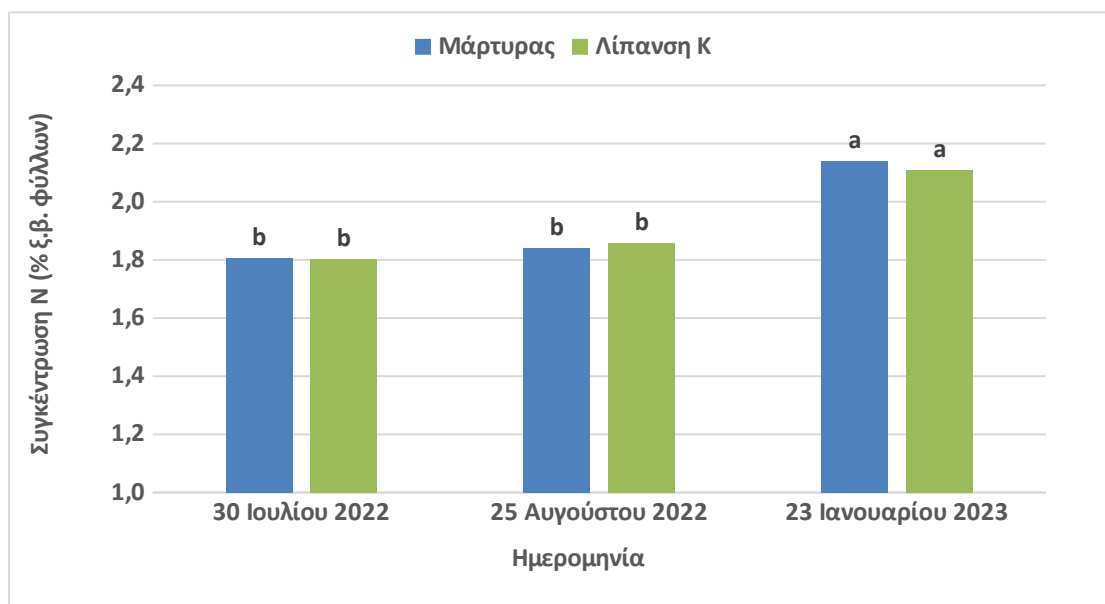
| Μεταχείριση          | Λόγος σάρκας/<br>πυρήνα | Ποσοστό ξηρού<br>βάρους<br>περικαρπίου (%) | Ποσοστό ξηρού<br>βάρους<br>ενδοκαρπίου (%) |
|----------------------|-------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|
| <b>Μάρτυρας</b>      | 5,25                    | 22,5                                       | 75,7                                       |
| <b>Λίπανση Κ</b>     | 4,94                    | 23,4                                       | 73,0                                       |
| <b>Σημαντικότητα</b> |                         |                                            |                                            |
| <b>Μεταχείριση</b>   | NS                      | NS                                         | NS                                         |

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

Σημαντικότητα: NS μη σημαντική διαφορά.

### 3.4 Μεταβολή της συγκέντρωσης των φύλλων ελιάς ποικιλίας Χονδρολιά Χαλκιδικής σε ανόργανα στοιχεία

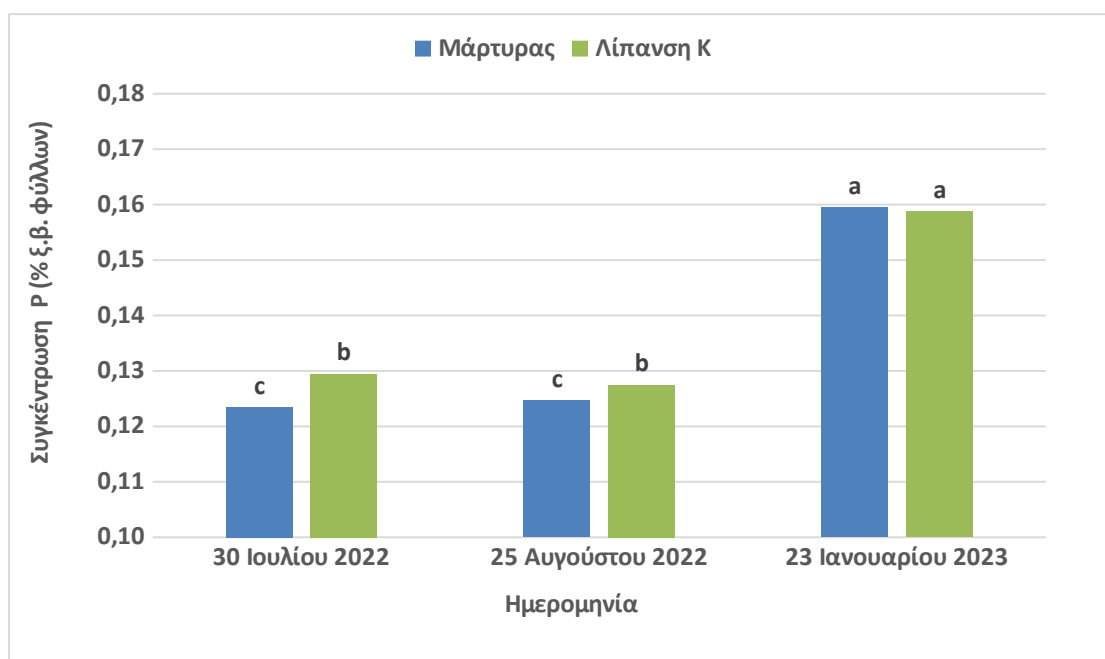
Στο διάγραμμα 3.4.1 παρουσιάζεται η συγκέντρωση των φύλλων σε N για τις μεταχειρίσεις του μάρτυρα και της λίπανσης με K, σε τρεις διαφορετικές ημερομηνίες, στις 30 Ιουλίου 2022, 25 Αυγούστου 2022 και 23 Ιανουαρίου 2023. Η συγκέντρωση των φύλλων σε N δεν μεταβλήθηκε από τα τέλη Ιουλίου έως τα τέλη Αυγούστου, ενώ αυξήθηκε σημαντικά στα μέσα Ιανουαρίου και για τις δύο μεταχειρίσεις (Διάγραμμα 3.4.1). Επιπλέον, τα φύλλα των δένδρων και των δύο μεταχειρίσεων είχαν παρόμοια συγκέντρωση σε N σε όλες τις ημερομηνίες μέτρησης (Διάγραμμα 3.4.1).



**Διάγραμμα 3.4.1.** Μεταβολή της συγκέντρωσης N στα φύλλα ελιάς ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με K. Διαφορετικά γράμματα μεταξύ των στηλών δείχνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σύμφωνα με το κριτήριο Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

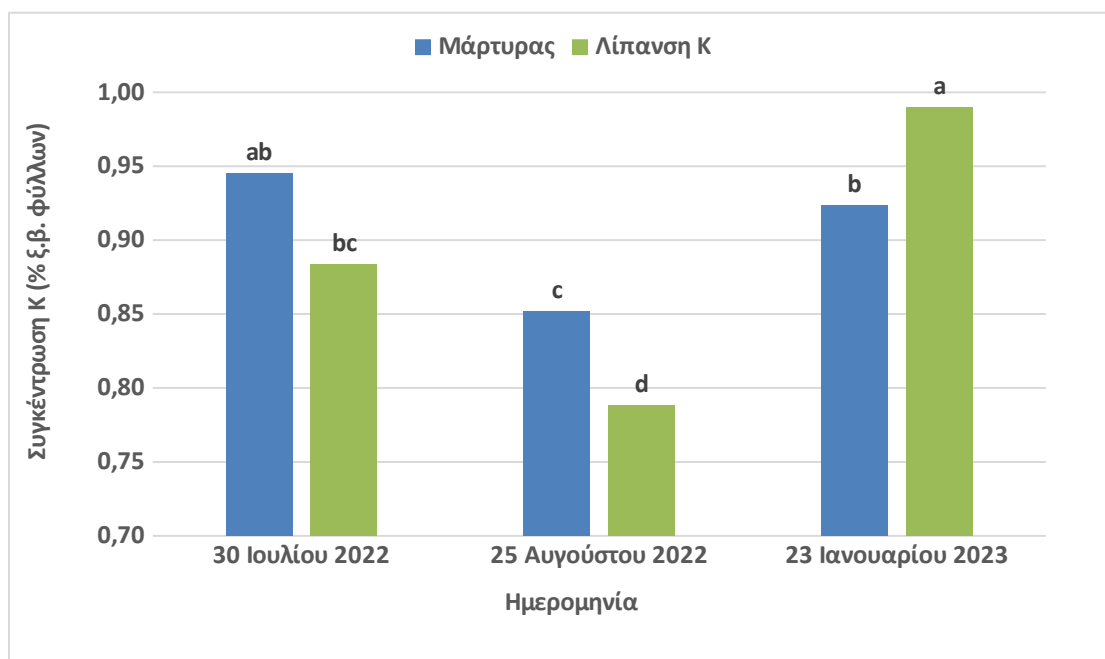
Όσον αφορά την περιεκτικότητα των φύλλων σε P, τα φύλλα παρουσίασαν παρόμοια συγκέντρωση P από τα τέλη Ιουλίου έως τα τέλη Αυγούστου και έπειτα αυξήθηκε σημαντικά στα μέσα Ιανουαρίου και για τις δύο μεταχειρίσεις (Διάγραμμα 3.4.2). Η σύγκριση των μεταχειρίσεων κατέδειξε ότι τα φύλλα των δένδρων που εφαρμόστηκε επιπλέον καλιούχος λίπανση (από αυτή του

παραγωγού) στα τέλη Ιουλίου και τέλη Αυγούστου (πριν τη δειγματοληψία των φύλλων) είχαν υψηλότερη συγκέντρωση σε P σε σχέση με τον μάρτυρα, ωστόσο στη δειγματοληψία που έγινε στα μέσα Ιανουαρίου δεν παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων (Διάγραμμα 3.4.2).



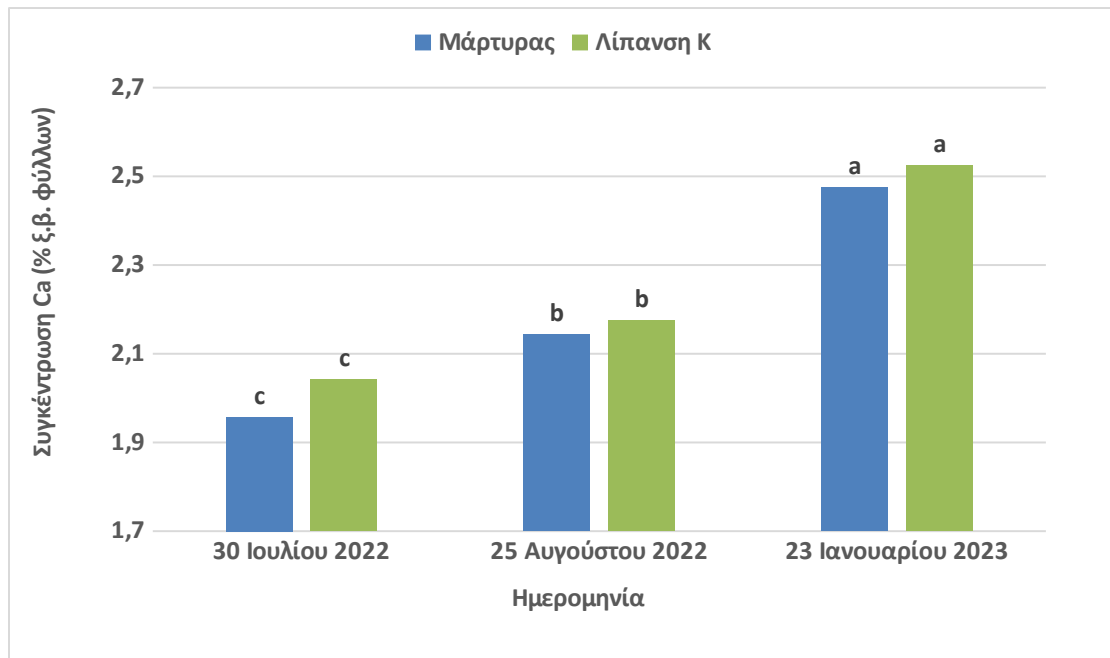
**Διάγραμμα 3.4.2.** Μεταβολή της συγκέντρωσης P στα φύλλα ελιάς ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με Κ. Διαφορετικά γράμματα μεταξύ των στηλών δείχνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σύμφωνα με το κριτήριο Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Το Διάγραμμα 3.4.3 καταγράφει τη συγκέντρωση καλίου (K) στα φύλλα για τις μεταχειρίσεις Μάρτυρας και Λίπανση Κ, σε τρεις ημερομηνίες: 30 Ιουλίου 2022, 25 Αυγούστου 2022 και 23 Ιανουαρίου 2023. Στον μάρτυρα η συγκέντρωση K στα φύλλα μειώθηκε σημαντικά από τα τέλη Ιουλίου έως τα τέλη Αυγούστου και έπειτα αυξήθηκε στα μέσα Ιανουαρίου φτάνοντας σε ελαφρώς χαμηλότερα επίπεδα από αυτά που βρέθηκαν στα τέλη Ιουλίου (Διάγραμμα 3.4.3). Για τη μεταχείριση της λίπανσης με Κ, η συγκέντρωση K στα φύλλα μειώθηκε σημαντικά από τα τέλη Ιουλίου έως τα τέλη Αυγούστου και έπειτα αυξήθηκε και πάλι στα μέσα Ιανουαρίου φτάνοντας τη μέγιστη τιμή (Διάγραμμα 3.4.3)



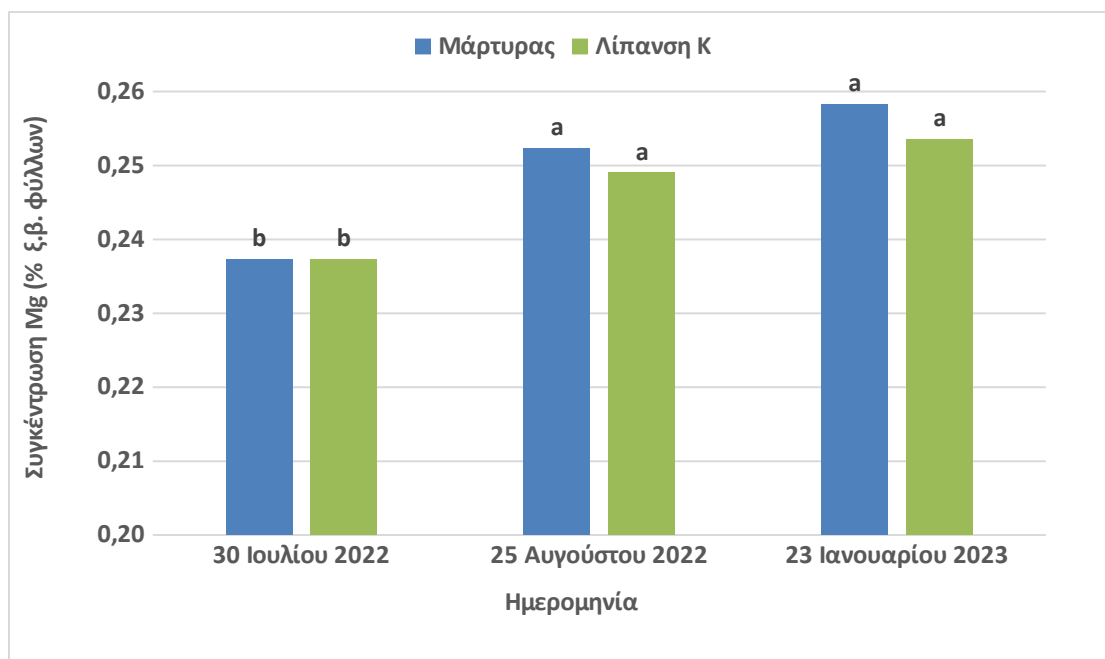
**Διάγραμμα 3.4.3.** Μεταβολή της συγκέντρωσης Κ στα φύλλα ελιάς ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με Κ. Διαφορετικά γράμματα μεταξύ των στηλών υποδεικνύουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σύμφωνα με το κριτήριο Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Συγκρίνοντας τις δύο μεταχειρίσεις, παρατηρήθηκε ότι κατά τις μετρήσεις του Ιουλίου και του Αυγούστου η μεταχείριση της λίπανσης με Κ είχε χαμηλότερη ή παρόμοια συγκέντρωση καλίου με τον μάρτυρα, ωστόσο στα μέσα Ιανουαρίου τα φύλλα των δένδρων που δέχθηκαν επιπλέον λίπανση με Κ είχαν σημαντικά υψηλότερη συγκέντρωση σε Κ συγκριτικά με τον μάρτυρα (Διάγραμμα 3.4.3).



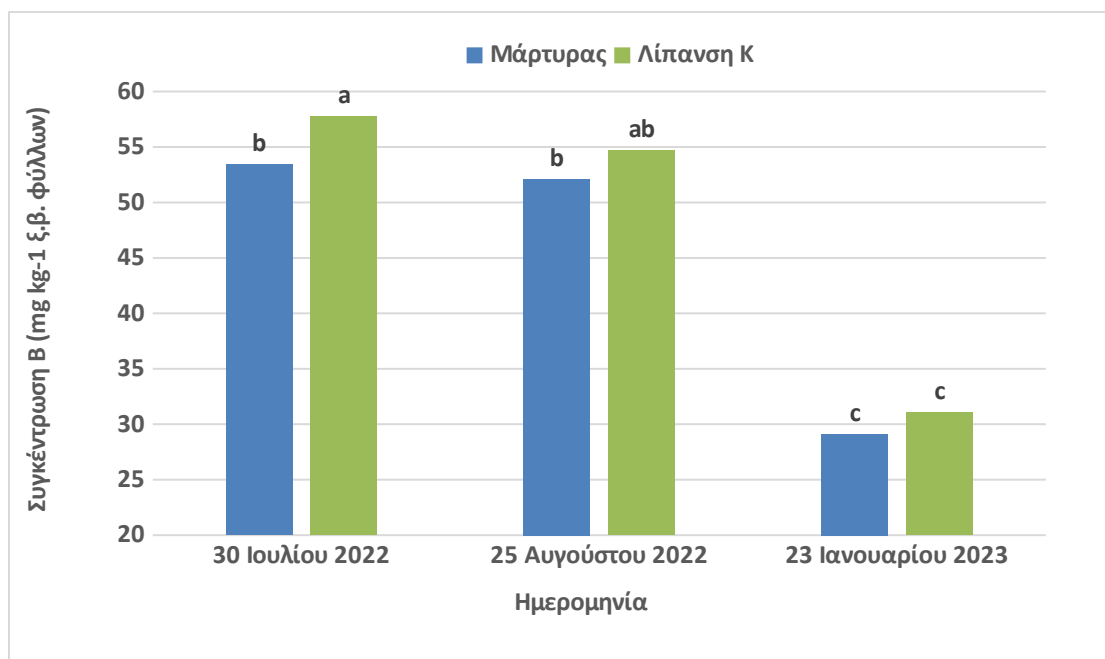
**Διάγραμμα 3.4.4.** Μεταβολή της συγκέντρωσης Ca στα φύλλα ελιάς ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με Κ. Διαφορετικά γράμματα μεταξύ των στηλών δείχνουν στατιστικές σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σύμφωνα με το κριτήριο Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Το διάγραμμα 3.4.4 καταγράφει τη μεταβολή της συγκέντρωσης ασβεστίου (Ca) στα φύλλα σε τρεις χρονικές περιόδους κατά την καλλιεργητική περίοδο: 30 Ιουλίου 2022, 25 Αυγούστου 2022 και 23 Ιανουαρίου 2023. Και στις δύο μεταχειρίσεις σημειώθηκε ανοδική πορεία στα ποσοστά συγκέντρωσης Ca σε εύρος χρόνου, τόσο στον μάρτυρα όσο και στη μεταχείριση με λίπανση Κ. Η αύξηση αυτή είναι πιθανό να οφείλεται στη φυσιολογική ωρίμανση των φυτών και τη σταδιακή απορρόφηση και μεταφορά του Ca στους φυτικούς ιστούς. Συγκεκριμένα, οι τιμές Ca παρουσίασαν αύξηση σταθερά από τον Ιούλιο έως τον Ιανουάριο, ανεξαρτήτως της μεταχείρισης. Η εφαρμογή επιπλέον καλιούχου λίπανσης δεν επηρέασε τη συγκέντρωση του Ca στα φύλλα.



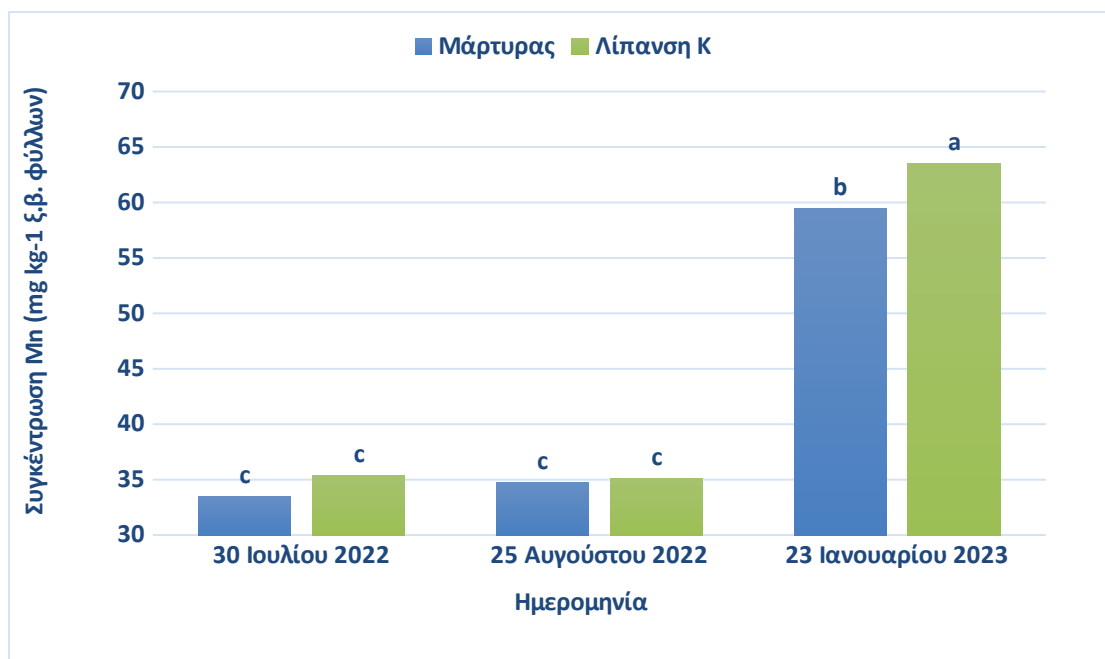
**Διάγραμμα 3.4.5.** Μεταβολή της συγκέντρωσης Mg στα φύλλα ελιάς ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με Κ. Διαφορετικά γράμματα μεταξύ των στηλών δείχνουν στατιστικές σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σύμφωνα με το κριτήριο Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Το διάγραμμα 3.4.5 παρουσιάζει τη συγκέντρωση μαγνησίου (Mg) στα φύλλα. Κατά την πρώτη χρονική στιγμή (30 Ιουλίου 2022), η συγκέντρωση Mg κυμάνθηκε στα χαμηλότερα επίπεδα και για τις δύο μεταχειρίσεις, χωρίς να παρατηρείται διαφορά μεταξύ τους. Στη συνέχεια, η συγκέντρωση μαγνησίου στα φύλλα αυξήθηκε από τον Ιούλιο προς τον Αύγουστο και διατηρήθηκε υψηλή μέχρι τον Ιανουάριο, υποδηλώνοντας ενδεχομένως αυξημένη απαίτηση ή ικανότητα απορρόφησης Mg κατά την πρόοδο της καλλιεργητικής περιόδου. Η λίπανση με κάλιο δεν είχε σημαντική επίδραση στη θρέψη με μαγνήσιο (Διάγραμμα 3.4.5).



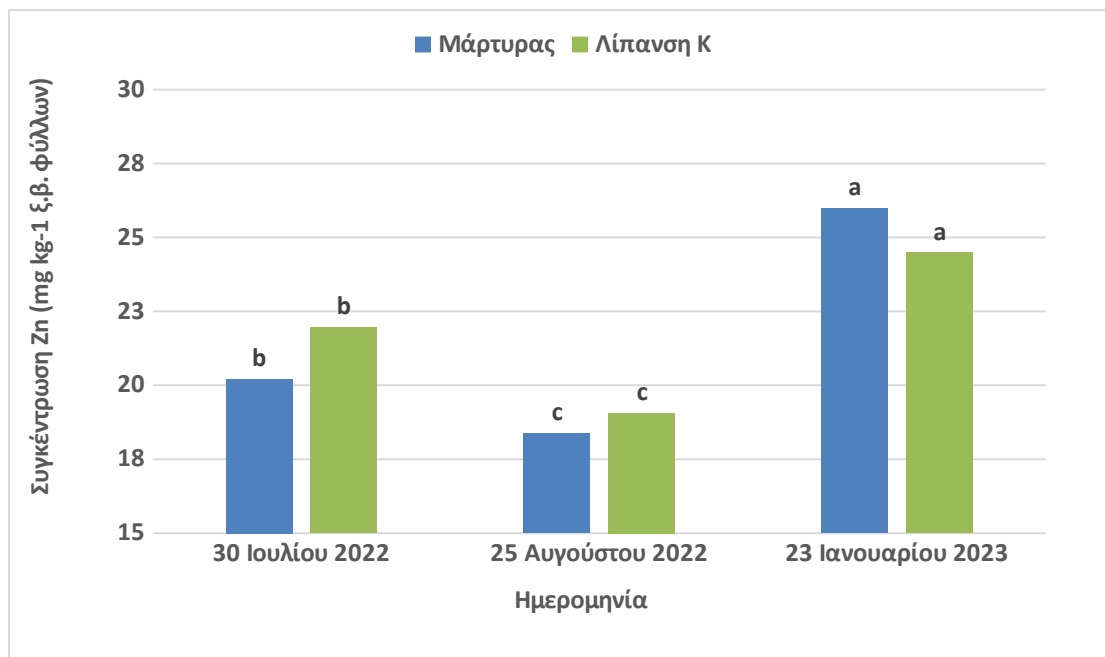
**Διάγραμμα 3.4.6.** Μεταβολή της συγκέντρωσης Β στα φύλλα ελιάς ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με Κ. Διαφορετικά γράμματα μεταξύ των στηλών δείχνουν στατιστικές σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σύμφωνα με το κριτήριο Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Το Διάγραμμα 3.4.6 καταγράφει τη διαφοροποίηση της συγκέντρωσης βορίου (Β) στα φύλλα σε τρεις χρονικές στιγμές: 30 Ιουλίου 2022, 25 Αυγούστου 2022 και 23 Ιανουαρίου 2023, υπό δύο διαφορετικές μεταχειρίσεις: τον μάρτυρα και τη λίπανση με κάλιο (Κ). Στην πρώτη μέτρηση (30 Ιουλίου 2022), σημειώθηκε η υψηλότερη συγκέντρωση βορίου στη μεταχείριση με λίπανση Κ (περίπου 58 mg kg<sup>-1</sup>), η οποία ήταν στατιστικά σημαντικά υψηλότερη σε σύγκριση με τον μάρτυρα (περίπου 54 mg kg<sup>-1</sup>) (Διάγραμμα 3.4.6). Στην επόμενη χρονική περίοδο πραγματοποίησης του πειράματος (25 Αυγούστου 2022), οι συγκεντρώσεις βορίου βρέθηκαν ελαφρώς μειωμένες και στις δύο μεταχειρίσεις, ενώ η συγκέντρωση στην μεταχείριση με Κ παρέμεινε ελαφρώς υψηλότερη από τον μάρτυρα. Σημαντική μείωση στη συγκέντρωση βορίου σημειώθηκε στην τρίτη μέτρηση (23 Ιανουαρίου 2023) και για τις δύο μεταχειρίσεις, χωρίς να παρατηρούνται στατιστικές σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων.



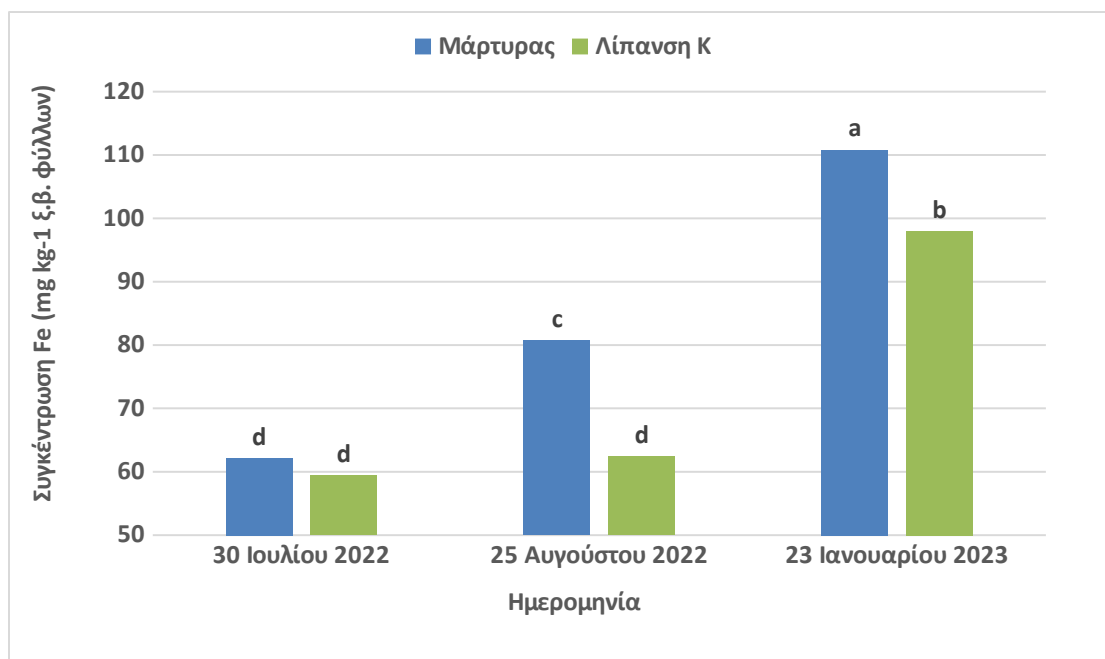
**Διάγραμμα 3.4.7.** Μεταβολή της συγκέντρωσης Mn στα φύλλα ελιάς ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με Κ. Διαφορετικά γράμματα μεταξύ των στηλών δείχνουν στατιστικές σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σύμφωνα με το κριτήριο Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Το Διάγραμμα 3.4.7 αποτυπώνει τη συγκέντρωση μαγγανίου (Mn) στα φύλλα, σε τρεις διαφορετικές χρονικές περιόδους (30 Ιουλίου 2022, 25 Αυγούστου 2022 και 23 Ιανουαρίου 2023) για τις μεταχειρίσεις του μάρτυρα και της λίπανσης με κάλιο. Κατά τις δύο πρώτες ημερομηνίες (30 Ιουλίου και 25 Αυγούστου 2022), οι συγκεντρώσεις Mn ήταν σε χαμηλά επίπεδα και χωρίς σημαντικές μεταβολές μεταξύ των μεταχειρίσεων. Ειδικότερα, οι τιμές κυμάνθηκαν από περίπου 33 έως 35 mg kg<sup>-1</sup>. Τον Ιούλιο οι τιμές που καταγράφηκαν ήταν στον μάρτυρα 33 mg/kg, ενώ στην μεταχείριση με καλιούχο λίπανση 35 mg kg<sup>-1</sup>, ωστόσο δεν σημειώθηκε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά. Κατά την μέτρηση του Αυγούστου παρατηρήθηκε παρόμοια εικόνα με τον Ιούλιο (34–35 mg kg<sup>-1</sup>), ενώ ομοίως δεν εμφανίστηκε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων. Αντιθέτως, στην τρίτη μέτρηση (23 Ιανουαρίου 2023) καταγράφηκε σημαντική αύξηση στη συγκέντρωση Mn και στις δύο μεταχειρίσεις, με τη μεταχείριση της λίπανσης Κ να παρουσιάζει σημαντικά υψηλότερη τιμή, αγγίζοντας τα 64 mg kg<sup>-1</sup>, σε σχέση με τον μάρτυρα όπου η συγκέντρωση έφτασε τα 59 mg kg<sup>-1</sup> (Διάγραμμα 3.4.7).



**Διάγραμμα 3.4.8.** Μεταβολή της συγκέντρωσης Zn στα φύλλα ελιάς ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με Κ. Διαφορετικά γράμματα μεταξύ των στηλών δείχνουν στατιστικές σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σύμφωνα με το κριτήριο Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Το διάγραμμα 3.4.8 καταγράφει τα ποσοστά της συγκέντρωσης ψευδαργύρου (Zn) στα φύλλα κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, υπό δύο διαφορετικές μεταχειρίσεις: μάρτυρας (χωρίς λίπανση) και εφαρμογή καλιούχου λίπανσης (Λίπανση Κ), σε τρεις χρονικές στιγμές: 30 Ιουλίου 2022, 25 Αυγούστου 2022 και 23 Ιανουαρίου 2023. Η συγκέντρωση Zn στα φύλλα μειώθηκε από τα τέλη Ιουλίου έως τα τέλη Αυγούστου και στη συνέχεια αυξήθηκε ξανά στα μέσα Ιανουαρίου καταγράφοντας τη μέγιστη τιμή (Διάγραμμα 3.4.8). Επίσης, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων ως προς τη συγκέντρωση των φύλλων σε Zn (Διάγραμμα 3.4.8).



**Διάγραμμα 3.4.9.** Μεταβολή της συγκέντρωσης Fe στα φύλλα ελιάς ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με Κ. Διαφορετικά γράμματα μεταξύ των στηλών δείχνουν στατιστικές σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σύμφωνα με το κριτήριο Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

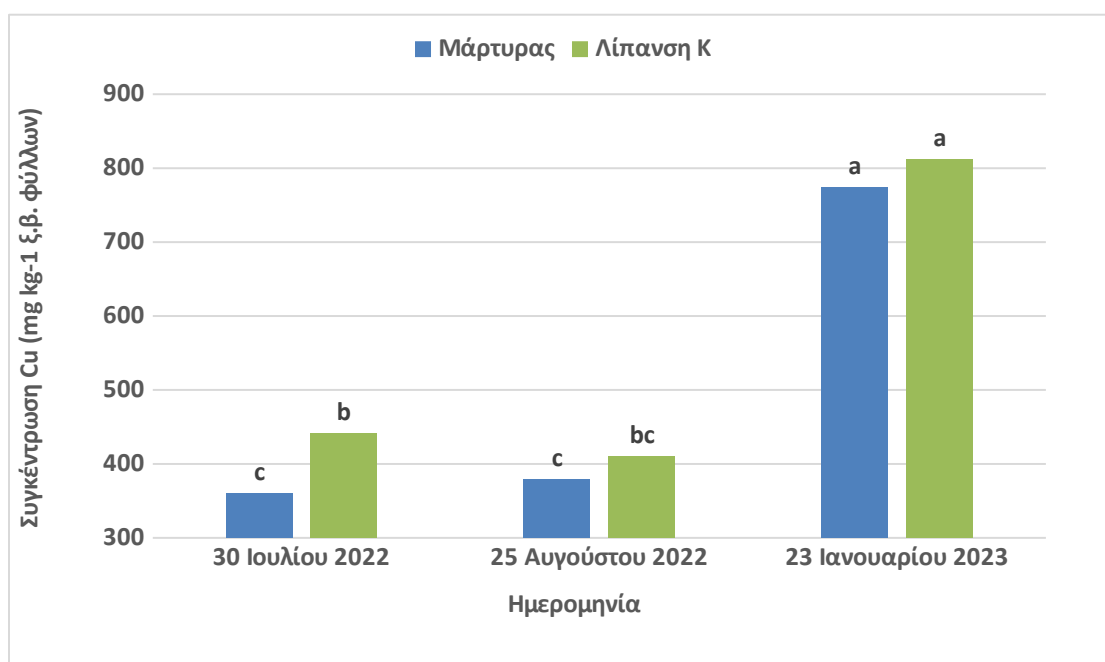
Το Διάγραμμα 3.4.9 αποτυπώνει τη μεταβολή της συγκέντρωσης σιδήρου (Fe) στα φύλλα των ελαιόδενδρων, υπό δύο διαφορετικές μεταχειρίσεις (μάρτυρας και καλιούχος λίπανσης) σε τρεις χρονικές περιόδους: 30 Ιουλίου 2022, 25 Αυγούστου 2022 και 23 Ιανουαρίου 2023.

Κατά την πρώτη μέτρηση (30 Ιουλίου 2022), οι συγκεντρώσεις Fe κυμάνθηκαν σε χαμηλά επίπεδα και σχεδόν όμοια και για τις δύο μεταχειρίσεις ( $62,4 \text{ mg kg}^{-1}$  για τον μάρτυρα και  $59,1 \text{ mg kg}^{-1}$  για τη λίπανση Κ), χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές (Διάγραμμα 3.4.9).

Στις 25 Αυγούστου 2022, σημειώθηκε αύξηση της συγκέντρωσης Fe στον μάρτυρα ( $80,8 \text{ mg kg}^{-1}$ ), η οποία ήταν στατιστικά αξιοσημείωτη σε σχέση με τις προηγούμενες τιμές, υποδεικνύοντας ενδεχομένη αύξηση της απορρόφησης του στοιχείου. Ο μάρτυρας είχε σημαντικά υψηλότερη τιμή σε σχέση με τη μεταχείριση λίπανση Κ. Αντιθέτως, στην μεταχείριση με λίπανση Κ η συγκέντρωση Fe παρέμεινε στα χαμηλά επίπεδα ( $62,1 \text{ mg kg}^{-1}$ ), όπως και τον Ιούλιο (Διάγραμμα 3.4.9).

Η πιο αξιοσημείωτη αύξηση καταγράφηκε στην τρίτη μέτρηση (23 Ιανουαρίου 2023), όπου η συγκέντρωση Fe στον μάρτυρα άγγιξε τα  $111,4 \text{ mg kg}^{-1}$ , η υψηλότερη

της περιόδου, ενώ και η λίπανση Κ παρουσίασε σημαντική αύξηση στα  $97,4 \text{ mg kg}^{-1}$  (Διάγραμμα 3.4.9). Η απόκλιση μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων υποδηλώνει ότι παρόλο που η λίπανση Κ αύξησε τη συγκέντρωση Fe σε σχέση με τις προηγούμενες μετρήσεις, η απουσία της φαίνεται να ευνόησε περισσότερο τη συσσώρευση Fe στα φύλλα.



**Διάγραμμα 3.4.10.** Μεταβολή της συγκέντρωσης Cu στα φύλλα ελιάς ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με Κ. Διαφορετικά γράμματα μεταξύ των στηλών δείχνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Το Διάγραμμα 3.4.10 παρουσιάζει τη συγκέντρωση χαλκού (Cu) στα φύλλα για τρεις χρονικές στιγμές και δύο μεταχειρίσεις: μάρτυρας και λίπανση Κ. Το διάγραμμα καταγράφει τις διαφοροποιήσεις στη συγκέντρωση του Cu στα φύλλα των φυτών, με και χωρίς εφαρμογή καλιούχου λίπανσης, σε τρεις χρονικές περιόδους: 30 Ιουλίου 2022, 25 Αυγούστου 2022 και 23 Ιανουαρίου 2023.

Η συγκέντρωση του Cu στα φύλλα δεν παρουσίασε αξιόλογες μεταβολές από τα τέλη Ιουλίου έως τα τέλη Αυγούστου, ενώ αυξήθηκε σημαντικά στα μέσα Ιανουαρίου και στις δύο μεταχειρίσεις (Διάγραμμα 3.4.10).

Στις 30 Ιουλίου 2022 η συγκέντρωση Cu στον μάρτυρα ήταν 353 mg kg<sup>-1</sup>, σημαντικά χαμηλότερη από εκείνη της μεταχείρισης με λίπανση K (448 mg kg<sup>-1</sup>) (Διάγραμμα 3.4.10).

Στις 25 Αυγούστου 2022 η διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων μειώθηκε και δεν ήταν στατιστικά σημαντική, με τον μάρτυρα να φτάνει τα 376 mg kg<sup>-1</sup> και τη λίπανση K τα 410 mg kg<sup>-1</sup> (Διάγραμμα 3.4.10).

Στις 23 Ιανουαρίου 2023 και οι δύο μεταχειρίσεις εμφάνισαν ισχυρή αύξηση στη συγκέντρωση Cu, με τον μάρτυρα να φτάνει τα 785 mg kg<sup>-1</sup> και τη λίπανση K να ξεπερνά τα 810 mg kg<sup>-1</sup>, χωρίς όμως η αύξηση αυτή να είναι στατιστικά σημαντική (Διάγραμμα 3.4.10).

### 3.5 Συγκέντρωση των καρπών ελιάς ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής σε ανόργανα στοιχεία

Στον Πίνακα 3.5.1 καταγράφονται οι συγκεντρώσεις των μακροστοιχείων N, P, K, Ca και Mg στους καρπούς της ελιάς ποικιλίας Χονδρολιά Χαλκιδικής, για τις μεταχειρίσεις του μάρτυρα και τη λίπανσης με κάλιο. Από τα ευρήματα συνάγεται ότι δεν σημειώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά σε καμία από τις συγκεντρώσεις των μακροστοιχείων μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων (Πίνακας 3.5.1).

**Πίνακας 3.5.1.** Συγκέντρωση των μακροστοιχείων N, P, K, Ca και Mg σε καρπούς ελιάς ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με κάλιο.

| Μεταχείριση          | N     | P     | K     | Ca    | Mg    |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                      | %     |       |       |       |       |
| <b>Μάρτυρας</b>      | 0,958 | 0,104 | 2,13  | 0,061 | 0,051 |
| <b>Λίπανση K</b>     | 0,965 | 0,099 | 1,893 | 0,048 | 0,046 |
| <b>Σημαντικότητα</b> | NS    | NS    | NS    | NS    | NS    |

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

Ο Πίνακας 3.5.2 καταγράφει τις συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων B, Mn, Zn, Fe και Cu στους καρπούς της ελιάς ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής, υπό τις δύο

μεταχειρίσεις του μάρτυρα και της λίπανσης με Κ. Από τα αποτελέσματα συνάγεται ότι δεν καταγράφηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές για κανένα από τα υπό εξέταση ιχνοστοιχεία μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων (Πίνακας 3.5.2).

**Πίνακας 3.5.2.** Συγκέντρωση των ιχνοστοιχείων B, Mn, Zn, Fe και Cu σε καρπούς ελιάς ποικιλίας Χονδρολιάς Χαλκιδικής των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και της λίπανσης με κάλιο.

| Μεταχείριση          | B                         | Mn   | Zn    | Fe    | Cu    |
|----------------------|---------------------------|------|-------|-------|-------|
|                      | <b>mg kg<sup>-1</sup></b> |      |       |       |       |
| <b>Μάρτυρας</b>      | 21,76                     | 4,72 | 13,73 | 20,54 | 11,53 |
| <b>Λίπανση Κ</b>     | 29,42                     | 4,28 | 13,65 | 27,97 | 5,31  |
| <b>Σημαντικότητα</b> | NS                        | NS   | NS    | NS    | NS    |

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

## 4. Συζήτηση

Η λίπανση συνιστά έναν από τους βασικότερους παράγοντες για την παραγωγική και επιτυχή καλλιέργεια της ελιάς, επιδρώντας καθοριστικά στη θρεπτική ισορροπία των δέντρων, την παραγωγή και την ποιότητα των καρπών. Στη χώρα μας, η καλλιεργητική μέθοδος της λίπανσης εφαρμόζεται κυρίως κατά τη χειμερινή περίοδο, με την προσθήκη σύνθετων ανόργανων λιπασμάτων αλλά και οργανικής ουσίας, όπως κοπριά, με σκοπό την ενδυνάμωση της γονιμότητας του εδάφους. Ωστόσο, στις περισσότερες περιπτώσεις η λίπανση πραγματοποιείται εμπειρικά, χωρίς να έχει προηγηθεί εδαφολογική ή φυλλοδιαγνωστική ανάλυση, κάτι που συχνά προκαλεί ανισορροπία θρεπτικών στοιχείων και μειωμένη απόδοση των ελαιόδεντρων (Ψαρράς, 2017).

Ενδιαφέρον προκαλεί το στοιχείο του καλίου, καθώς αποτελεί βασικό θρεπτικό στοιχείο που καθορίζει σημαντικές φυσιολογικές διεργασίες, όπως η μεταφορά σακχάρων, η σύνθεση ενζύμων και η ωρίμανση των καρπών. Οι ανάγκες της ελιάς σε κάλιο είναι περισσότερες κατά την ανάπτυξη του καρπού και την περίοδο αύξησης της ελαιοπεριεκτικότητας, καθιστώντας την επάρκειά του σημαντική για την ποιότητα και ποσότητα της παραγωγής. Ωστόσο, λόγω της καλλιέργειας του φυτού ελιάς σε φτωχά, συχνά ασβεστούχα ή αλατούχα εδάφη, χωρίς δυνατότητα άρδευσης, η πρόσληψη καλίου μπορεί να είναι περιορισμένη. Αυτό εξυψώνει τη σημασία της ορθολογικής και στοχευμένης εφαρμογής της καλιούχου λίπανσης, σε συνδυασμό με τις χρονικές ανάγκες του φυτού.

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στην κατανόηση της επίδρασης της λίπανσης με κάλιο σε ελαιόδεντρα ποικιλίας Χονδρολιά Χαλκιδικής, με σκοπό την αποτίμηση των μεταβολών στα επίπεδα θρεπτικών στοιχείων στα φύλλα, στους καρπούς, την ποιότητά τους, καθώς και την ενδεχόμενη επίδραση στην απόδοση. Η συζήτηση που έπεται προσπαθεί να ερμηνεύσει τα ευρήματα της έρευνας σε συνάρτηση με τη διεθνή βιβλιογραφία και να αναδείξει τη σημασία της καλιούχου λίπανσης υπό τις συνθήκες της ελληνικής ελαιοκαλλιέργειας. Οι παρακάτω παρατηρήσεις και ερμηνείες βασίζονται στα αποτελέσματα της φυλλοδιαγνωστικής και χημικής ανάλυσης των καρπών, καθώς και στην αξιολόγηση της παραγωγής.

Η εφαρμογή θειικού καλίου έλαβε χώρα τοπικά σε δύο χρονικά σημεία κατά την κρίσιμη περίοδο ανάπτυξης του καρπού. Οι παρακάτω παρατηρήσεις και ερμηνείες

προκύπτουν από τα ευρήματα των αναλύσεων των φυσιολογικών χαρακτηριστικών των φύλλων, της ποιότητας των καρπών, της φυλλοδιαγνωστικής και της χημικής ανάλυσης των καρπών, καθώς και της αξιολόγησης της παραγωγής.

### **Επίδραση της λίπανσης με K στα φυσιολογικά χαρακτηριστικά των φύλλων**

Όσον αφορά τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά των φύλλων, η μεταχείριση της λίπανσης K δεν οδήγησε σε μεταβολή στο ποσοστό ξηράς ουσίας και το ειδικό βάρος φύλλων, αλλά ούτε στη συγκέντρωση των φύλλων σε χλωροφύλλη α, β και ολική σε σχέση με τον μάρτυρα. Το κάλιο ρυθμίζει το άνοιγμα και το κλείσιμο των στοματίων και βελτιώνει τη φωτοσύνθεση ρυθμίζοντας την απορρόφηση CO<sub>2</sub> και την επακόλουθη μεταφορά των προϊόντων της φωτοσύνθεσης στα φυτά (Rawat et al. 2022). Σε έρευνα των Zivdar et al. (2018) βρέθηκε ότι διαφυλλικοί ψεκασμοί, 50 και 65 ημέρες μετά την πλήρη άνθιση με K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1 g l<sup>-1</sup>) και K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (2 g l<sup>-1</sup>) σε ελαιόδενδρα των ποικιλιών Mission, Koroneiki και Dezfuli αύξησαν σημαντικά τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης στα φύλλα όλων των ποικιλιών και απέδωσαν αυτή την αύξηση στον ρόλο του καλίου ως πρόδρομου συστατικού στη βιοσύνθεση των φωτοσυνθετικών χρωστικών ουσιών. Στη συγκεκριμένη έρευνα δεν παρατηρήθηκαν ανάλογες μεταβολές, ωστόσο τα φύλλα των δένδρων και των δύο μεταχειρίσεων είχαν πάντα επάρκεια σε K, σε όλες τις χρονικές περιόδους δειγματοληψίας.

### **Επίδραση της λίπανσης με K στην παραγωγή των δένδρων και στην ποιότητα καρπού**

Η παρούσα έρευνα είχε ως σκοπό να μελετήσει την επίδραση της ορθολογικής λίπανσης με κάλιο σε δένδρα ελιάς ποικιλίας Χονδρολιά Χαλκιδικής σε σύγκριση με το καθιερωμένο πρόγραμμα λίπανσης του παραγωγού. Στόχος ήταν να αποτυπωθεί η θετική επίδραση της λίπανσης με κάλιο στη θρεπτική κατάσταση των φύλλων, στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών, και στην παραγωγικότητα των ελαιόδεντρων. Η ποικιλία ελιάς Χονδρολιά Χαλκιδικής είναι μία από τις πιο σημαντικές ποικιλίες της χώρας μας που προορίζεται για την παραγωγή πράσινων ελιών ισπανικού τύπου αλλά και ελιών μαυρισμένων με οξείδωση (Κυριτσάκης 2007). Ως επιτραπέζια ελιά ο ρόλος του μεγέθους του καρπού είναι σημαντικότερος για την οικονομική αξία του προϊόντος.

Στις μεταχειρίσεις του πειράματος εφαρμόστηκαν οι εξής ποσότητες θρεπτικών στοιχείων: στον μάρτυρα (λίπανση που εφάρμοσε ο παραγωγός) προστέθηκαν ως

βασική λίπανση τον χειμώνα 12 kg N, 3 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> και 6 kg K<sub>2</sub>O ανά στρέμμα, πριν την άνθιση και κατά την καρπική περίοδο 8,3 kg N και 5,3 kg CaO, και μετασυλλεκτικά 8 kg N. Στη μεταχείριση της ορθολογικής λίπανσης με κάλιο εφαρμόστηκαν ανά στρέμμα με τη βασική λίπανση 12 kg N, 3 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> και 6 kg K<sub>2</sub>O, πριν την άνθιση και κατά την καρπική περίοδο 8,3 kg N, 8 kg K<sub>2</sub>O και 5,3 kg CaO, και μετασυλλεκτικά 8 kg N, με το 57,1% του καλίου να εφαρμόζεται επιφανειακά στο έδαφος από τα τέλη Ιουλίου έως τα μέσα Αυγούστου. Με την εναλλακτική λίπανση προστέθηκε υπερδιπλάσια ποσότητα καλίου στο έδαφος κατανεμημένη έτσι ώστε να ανταποκρίνεται χρονικά στις αυξημένες απαιτήσεις της καλλιέργειας.

Όσον αφορά την παραγωγή ανά δένδρο, η επιπλέον προσθήκη K κατά την περίοδο της ανάπτυξης του καρπού αύξησε ελαφρώς τη συνολική παραγωγή ανά δένδρο χωρίς όμως η αύξηση αυτή να είναι σημαντική. Επιπλέον, δεν συνέβαλε στην αύξηση του μεγέθους του καρπού αφού η μεταχείριση της λίπανσης με K είχε ελαφρώς μικρότερο ποσοστό συμμετοχής στην κατηγορία 110, και ελαφρώς υψηλότερο ποσοστό συμμετοχής στις κατηγορίες μεγέθους 150 και 200 σε σχέση με τον μάρτυρα, στοιχείο μη επιθυμητό για την επιτραπέζια ελιά. Σύμφωνα με τους Erel et al. (2008) στην ελιά η συσχέτιση μεταξύ υψηλών επιπέδων καλίου στα φύλλα και υψηλής απόδοσης έχουν τεκμηριωθεί επαρκώς. Το κάλιο θεωρείται ότι έχει θετική επίδραση στην ανθοφορία, καθώς προάγει τον σχηματισμό αμινοξέων που διεγείρουν τον σχηματισμό της οξειδάσης της IAA, η οποία με τη σειρά της διεγείρει την επαγωγή της ανθοφορίας. Το κάλιο μπορεί επίσης να προάγει την παραγωγή πυροσταφυλικής κινάσης και έτσι να επηρεάζει το επίπεδο ενός αριθμού αμινοξέων που εμπλέκονται στην επαγωγή της ανθοφορίας (Erel et al. 2008).

Τα χαρακτηριστικά των καρπών ελιάς που προορίζονται για επιτραπέζια χρήση είναι πολύ σημαντικά αφού η πρώτη αντίληψη της ποιότητας από τον καταναλωτή βασίζεται σε αυτά όπως μέγεθος, σχήμα, χρώμα και απουσία ελαττωμάτων. Ο υψηλός λόγος σάρκας προς πυρήνα του ελαιόκαρπου είναι επίσης σημαντικός για τον καταναλωτή (Rallo et al. 2018). Στην παρούσα έρευνα, η ορθολογική λίπανση με K δεν βελτίωσε τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών, όπως χρώμα, βάρος, διαστάσεις, ποσοστό ξηράς ουσίας περικαρπίου και λόγος σάρκας/πυρήνα σε σχέση με τον μάρτυρα. Αντίθετα, σε έρευνα των Toplu et al. (2009) που εφαρμόστηκε η εναλλακτική λίπανση που περιλάμβανε και K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> βρέθηκε αύξηση της παραγωγής και της ελαιοπεριεκτικότητας των καρπών, και αύξηση του μέσου βάρους καρπού καθώς και του λόγου σάρκας/πυρήνα. Επιπλέον, οι Rosati et al. (2015) ανέφεραν ότι

η εξισορροπημένη λίπανση με N, K των ελαιοδένδρων οδήγησε σε αύξηση του λόγου σάρκας/πυρήνα, της ελαιοπεριεκτικότητας επί του ξηρού βάρους, της περιεκτικότητας των καρπών σε νερό, ενώ δεν επηρεάστηκε η ωρίμανση των καρπών σύμφωνα με το χρώμα και τη σκληρότητα της σάρκας.

Η επαρκής ποσότητα καλίου έχει συνδεθεί με την αύξηση του μεγέθους του καρπού και της ελαιοπεριεκτικότητας (Sotiropoulos et al., 2023), αλλά και με την ενεργοποίηση ενζύμων που συνδέονται με τη σύνθεση φαινολικών ενώσεων, οι οποίες βελτιώνουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και τη διατροφική αξία του ελαιοκάρπου (Therios, 2015). Ακόμη, διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην κυτταρική διόγκωση και τελικά στη διαμόρφωση του τελικού μεγέθους του καρπού (Marschner, 2012). Εκτός από τη φυσική ανάπτυξη και αύξηση των καρπών, το κάλιο βοηθάει στη εξισορρόπηση ενζυμικών διεργασιών και ενεργοποιεί ένζυμα που συμμετέχουν στον μεταβολισμό των φαινολικών ενώσεων, όπως οι πολυφαινόλες και τα φλαβονοειδή. Οι ενώσεις αυτές διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των ελαιοκομικών προϊόντων, όπως η γεύση, το άρωμα και η πικράδα, ενώ ταυτόχρονα ενισχύουν τη διατροφική και αντιοξειδωτική τους αξία (Therios, 2015). Σε περιόδους επάρκειας καλίου, σημειώνεται αυξημένη σύνθεση αυτών των ενώσεων, στοιχείο που μπορεί να αιτιολογεί ποιοτική βελτίωση των καρπών ακόμη και χωρίς εμφανείς διαφορές στη χημική τους σύσταση. Ωστόσο, στην παρούσα έρευνα η ορθολογική λίπανση με κάλιο δεν επέφερε τα αναμενόμενα θετικά αποτελέσματα στην ποιότητα του καρπού και στην παραγωγή.

Σε άλλες μελέτες που αφορούν τη λίπανση της ελιάς με κάλιο, έχει παρατηρηθεί αξιοσημείωτη αύξηση της παραγωγικότητας και βελτίωση της ποιότητας των καρπών, ιδίως όταν η εφαρμογή πραγματοποιείται σε εδάφη φτωχά σε διαθέσιμο κάλιο ή κατά την περίοδο έντονης ανάπτυξης του καρπού (Fernández-Escobar et al., 2004). Στην παρούσα περίπτωση, η περιορισμένη ανταπόκριση μπορεί να αποδοθεί σε επαρκές αρχικό επίπεδο καλίου στο έδαφος ή σε περιορισμένη κινητικότητα του καλίου προς τους καρπούς εξαιτίας εδαφικών ιδιοτήτων.

Η σχέση του θρεπτικού στοιχείου του καλίου με την αντοχή του φυτού σε υδατικό στρες αποτελεί επίσης κομβικό στοιχείο. Η ποικιλία Χονδρολιά Χαλκιδικής, με υψηλές απαιτήσεις σε άρδευση, ενδέχεται να επωφελείται λιγότερο από την εφαρμογή καλίου όταν η υδατική επάρκεια είναι εξασφαλισμένη μέσω τακτικής άρδευσης, όπως έγινε στην παρούσα μελέτη (Νάνος, 2021).

Η ποικιλία η οποία αποτέλεσε αντικείμενο της παρούσας μελέτης Χονδρολιά Χαλκιδικής ανήκει στις πιο δύσκολες καλλιεργητικά ποικιλίες ελιάς όσον αφορά τις ανάγκες της σε νερό, ιδιαίτερα κατά την περίοδο της καρπόδεσης και της ανάπτυξης του καρπού. Η υδατική επάρκεια συνιστά καθοριστικό παράγοντα για την αξιοποίηση των θρεπτικών στοιχείων, διότι η πρόσληψη και η μεταφορά τους εντός του φυτού λαμβάνουν χώρα κυρίως μέσω της διαπνοής και της κυκλοφορίας του νερού από τις ρίζες προς τα εναέρια μέρη. Σε περιπτώσεις μειωμένης υγρασίας, το κάλιο διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην αντοχή του φυτού στο υδατικό στρες, μέσω της ρύθμισης του ανοίγματος και του κλεισίματος των στοματίων, γεγονός που μειώνει τις απώλειες νερού και ενισχύει την αποδοτικότητα της διαπνοής (Marschner, 2012).

Ωστόσο, όταν οι υδατικές συνθήκες είναι επιθυμητές, όπως κατά την παρούσα μελέτη όπου η άρδευση ήταν συστηματική και επαρκής, η ανάγκη του φυτού για μηχανισμούς εξοικονόμησης νερού σημειώνει πτώση. Υπό αυτές τις συνθήκες, η συνεισφορά του καλίου ως αντισταθμιστικός μηχανισμός απέναντι στην ξηρασία καθίσταται λιγότερο σημαντική, και συνεπώς είναι πιθανό να μην καταγράφεται τόσο έντονη θετική ανταπόκριση του φυτού στην επιπλέον εφαρμογή του στοιχείου. Σύμφωνα με τον Νάνο (2021), η ποικιλία Χονδρολιά, όταν καλλιεργείται υπό συνθήκες άρδευσης και καλής εδαφικής γονιμότητας, μπορεί να παρουσιάζει μικρότερη διαφοροποίηση στις αποδόσεις ανάλογα με τη λίπανση, σε σύγκριση με ξηρικές ή οριακές καλλιεργητικές συνθήκες.

Επομένως, η έλλειψη ισχυρής απόκρισης της ποικιλίας στην εφαρμογή καλίου στην παρούσα μελέτη, είναι πιθανό να συνδέεται με την επάρκεια νερού, που ουσιαστικά εξουδετέρωσε την ανάγκη για οσμωρρύθμιση και ρύθμιση της διαπνοής – λειτουργίες στις οποίες συνεισφέρει άμεσα το κάλιο. Το αποτέλεσμα αυτό ενισχύει την άποψη ότι ο ρόλος της καλιούχου λίπανσης είναι πιο κρίσιμος σε συνθήκες περιβαλλοντικού στρες, και επομένως θα ήταν ενδιαφέρον να διερευνηθεί περαιτέρω η επίδραση του καλίου σε μη αρδευόμενα ή οριακά παραγωγικά περιβάλλοντα (Marschner, 2012)

Ακόμη καθοριστικός παράγοντας είναι η κινητικότητα του καλίου εντός του φυτού. Σύμφωνα με τον Therios (2005), το κάλιο έχει την τάση να μεταφέρεται περισσότερο προς τα φύλλα και τα σημεία έντονης μεταβολικής δραστηριότητας, παρά προς τους καρπούς, ειδικά όταν υπάρχει ισχυρός φυλλικός ανταγωνισμός. Σε αυτή την συνθήκη, η περίοδος εφαρμογής και το στάδιο ανάπτυξης του καρπού

μπορεί να επιδράσουν σημαντικά την ικανότητα μεταφοράς καλίου στον ελαιόκαρπο. Για τον λόγο αυτό, συστήνεται οι εφαρμογές καλίου να χρονίζονται με ακρίβεια, σε φάσεις όπου το φυτό κατευθύνει φυσιολογικά τα αποθέματα του προς τον καρπό (Ιούλιος–Αύγουστος).

Τέλος, κρίσιμο ρόλο διαδραματίζει η μορφή του καλιούχου λιπάσματος. Το θειικό κάλιο ( $K_2SO_4$ ) που χρησιμοποιήθηκε στο παρόν πείραμα έχει το πλεονέκτημα ότι δεν περιέχει χλώριο, το οποίο σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να είναι τοξικό για την ελιά. Ωστόσο, η αργή αποδέσμευση και η σχετική χαμηλή υδατοδιαλυτότητα του συγκεκριμένου λιπάσματος ενδέχεται να αποτελέσαν ανασταλτικό παράγοντα για την ταχύτητα απορρόφησης του καλίου από το ριζικό σύστημα. Σε άλλες μελέτες (Roussos, 2014), λιπάσματα με μεγαλύτερη υδατοδιαλυτότητα ή εφαρμογή μέσω υδρολίπανσης έχουν δώσει καλύτερα αποτελέσματα.

### **Επίδραση της καλιούχου λίπανσης στην εποχιακή μεταβολή συγκέντρωσης των ανόργανων στοιχείων στα φύλλα**

Η συγκέντρωση των φύλλων σε άζωτο βρέθηκε οριακά σε υψηλή συγκέντρωση στα φύλλα τόσο το καλοκαίρι όσο και το χειμώνα και για τις δύο μεταχειρίσεις, αφού τα όρια επάρκειας για τη συγκέντρωση N στα φύλλα είναι 1,60-1,80% για δειγματοληψία που γίνεται τον χειμώνα και 1,5-2% για δειγματοληψία του Ιουλίου (Θερίος 2015, Fernández-Escobar, 2019). Είναι ξεκάθαρο ότι ο παραγωγός εφαρμόζει πολύ υψηλές ποσότητες N γεγονός που αποτυπώνεται στα αποτελέσματα της φυλλοδιαγνωστικής ανάλυσης. Όσον αφορά την κινητικότητα του στοιχείου, η συγκέντρωση των φύλλων σε N αυξήθηκε τον χειμώνα και στις δύο μεταχειρίσεις σε σχέση με το καλοκαίρι. Σύμφωνα με τους Fernandez-Escobar et al. (1999) η συγκέντρωση N στα φύλλα βρέθηκε να μειώνεται τον Ιούνιο φτάνοντας τις χαμηλότερες τιμές τον Αύγουστο και άρχισε και πάλι να αυξάνεται μέχρι το τέλος της περιόδου, τον χειμώνα.

Η συγκέντρωση των φύλλων σε P ήταν σε ανώτερα επίπεδα της βέλτιστης κατά τη δειγματοληψία του χειμώνα, ενώ το καλοκαίρι ήταν στη βέλτιστη συγκέντρωση. Τα όρια επάρκειας για τη συγκέντρωση P στα φύλλα είναι 0,09-0,11% τον χειμώνα και 0,1-0,3% τον Ιούλιο (Θερίος 2015, Fernández-Escobar, 2019). Επιπλέον, η συγκέντρωση των φύλλων σε P αυξήθηκε τον χειμώνα σε σχέση με το καλοκαίρι και στις δύο μεταχειρίσεις. Ομοίως, σύμφωνα με τους Fernandez-Escobar et al. (1999) η συγκέντρωση P στα φύλλα μειώθηκε τον Ιούνιο και παρουσίασε τη χαμηλότερη τιμή

τον Σεπτέμβριο, ενώ έπειτα αυξήθηκε και πάλι φτάνοντας τη μέγιστη τιμή το χειμώνα.

Ομοίως, η συγκέντρωση των φύλλων σε K βρέθηκε σε υψηλή συγκέντρωση τον χειμώνα και στις δύο μεταχειρίσεις και ειδικά στη μεταχείριση της λίπανσης με K αφού τα όρια επάρκειας για δειγματοληψία τον χειμώνα είναι 0,70-0,90%. Σύμφωνα με τον Fernández-Escobar (2019) τα όρια επάρκειας K στα φύλλα τον Ιούλιο είναι >0,8% και επομένως η συγκέντρωση K στα φύλλα κατά τις δειγματοληψίες του καλοκαιριού ήταν σε επάρκεια και στις δύο μεταχειρίσεις. Η συγκέντρωση K στα φύλλα μειώθηκε σημαντικά από τα τέλη Ιουλίου έως τα τέλη Αυγούστου και έπειτα αυξήθηκε και πάλι στα μέσα Ιανουαρίου φτάνοντας τη μέγιστη τιμή για τη μεταχείριση της λίπανσης με K ή σχεδόν στα επίπεδα Ιουλίου για τον μάρτυρα. Η μείωση της συγκέντρωσης K στα φύλλα σε χρονιά με υψηλή καρποφορία συνδέεται με την υψηλή ζήτηση των καρπών σε K (Fernández-Escobar, 2019). Το κάλιο είναι ένα στοιχείο το οποίο απαντάται στις υψηλότερες συγκεντρώσεις στον ελαιόκαρπο με αποτέλεσμα σημαντικές ποσότητες καλίου να απομακρύνονται από τον ελαιώνα κάθε έτος με τη συγκομιδή. Σύμφωνα με τον Θεριό (2015) οι εκροές θρεπτικών στοιχείων ετησίως από έναν ελαιώνα είναι 1,5-3,5 kg N/στρ., 0,8 kg P/στρ., έως 5 kg K/στρ. και 2-5 kg Ca/στρ. Στη παρούσα έρευνα, η επιπλέον λίπανση με K την περίοδο της έντονης ανάπτυξης του καρπού δεν επηρέασε τη συγκέντρωση των φύλλων σε K. Άλλωστε η συγκέντρωση των φύλλων σε K σε αυτόν τον καλά αρδευόμενο και λιπαινόμενο ελαιώνα ήταν σε επίπεδα επάρκειας ή σε υψηλά επίπεδα τον χειμώνα ειδικά στην λίπανση με K.

Η συγκέντρωση Ca και Mg στα φύλλα ήταν σε επάρκεια και για τις δύο μεταχειρίσεις και στις τρεις δειγματοληψίες. Τα όρια επάρκειας για το Ca είναι 1-2,5% τον χειμώνα και τον Ιούλιο >1%. Για το Mg τα όρια επάρκειας έχουν οριστεί για τον χειμώνα 0,10-0,30% και για τον Ιούλιο >0,1% (Θεριός 2015, Fernández-Escobar, 2019). Η συγκέντρωση των φύλλων σε Ca αυξήθηκε σταδιακά από το καλοκαίρι έως το χειμώνα φτάνοντας τη μέγιστη τιμή και στις δύο μεταχειρίσεις κάτι που είναι σύνηθες για το συγκεκριμένο στοιχείο. Ομοίως, η συγκέντρωση μαγνησίου στα φύλλα αυξήθηκε από τον Ιούλιο προς τον Αύγουστο και διατηρήθηκε υψηλή μέχρι τον Ιανουάριο και στις δύο μεταχειρίσεις. Παρόμοια αποτελέσματα έχουν αναφερθεί από τους Fernández-Escobar et al. (1999). Η επιπλέον λίπανση με K δεν επηρέασε τη συγκέντρωση των φύλλων σε Ca και Mg.

Η συγκέντρωση B, Zn και Fe στα φύλλα ήταν σε επάρκεια και για τις δύο μεταχειρίσεις και στις τρεις δειγματοληψίες. Τα όρια επάρκειας για τον Zn στα φύλλα είναι 10-30 mg kg<sup>-1</sup> τον χειμώνα και >10 mg kg<sup>-1</sup> τον Ιούλιο και για τον Fe στα φύλλα τον χειμώνα 50-150 mg kg<sup>-1</sup> ενώ για τον Ιούλιο δεν έχουν οριστεί. Για το B τα όρια επάρκειας στα φύλλα τον χειμώνα είναι 20-50 mg kg<sup>-1</sup> και τον Ιούλιο >19-150 mg kg<sup>-1</sup> (Θερίος 2015, Fernández-Escobar, 2019). Όσον αφορά το Mn, στη χειμερινή δειγματοληψία βρέθηκε σε επάρκεια στον μαρτυρά και σε υψηλή συγκέντρωση στη μεταχείριση της λίπανσης με K, ενώ το καλοκαίρι ήταν στα βέλτιστα επίπεδα και για τις δύο μεταχειρίσεις. Τα όρια επάρκειας για το Mn στα φύλλα τον χειμώνα είναι 20-60 mg kg<sup>-1</sup> και τον Ιούλιο >20 mg kg<sup>-1</sup> (Θερίος 2015, Fernández-Escobar, 2019).

Οι Fernandez-Escobar et al. (1999) ανέφεραν ότι η συγκέντρωση των φύλλων της τρέχουσας περιόδου σε B μειώθηκε μέσα στην καλλιεργητική περίοδο και έφτασε τις χαμηλότερες τιμές τον Μάιο ή Ιούνιο. Η μείωση αυτή συμβαίνει κοντά στην άνθιση και έχει συνδεθεί με την κινητικότητα του B από τα φύλλα για να καλύψει τα απαιτήσεις των ανθέων και των καρπών (Delgado et al., 1994). Στην παρούσα μελέτη η συγκέντρωση B στα φύλλα παρουσίασε τη χαμηλότερη τιμή στα μέσα Ιανουαρίου παραμένοντας πάντα εντός ορίων επάρκειας. Αναφορικά με την επίδραση της λίπανσης K, διαπιστώθηκε ότι τα φύλλα των δένδρων που δέχτηκαν επιπλέον λίπανση με κάλιο είχαν ελαφρώς ή σημαντικά υψηλότερη συγκέντρωση σε B σε σχέση με τον μάρτυρα.

Η συγκέντρωση Cu στα φύλλα βρέθηκε σε εξαιρετικά υψηλές συγκεντρώσεις στα φύλλα και των δύο μεταχειρίσεων σε όλες τις δειγματοληψίες. Τα όρια επάρκειας για τον Cu τον χειμώνα είναι 5-20 mg kg<sup>-1</sup> και τον Ιούλιο >4 mg kg<sup>-1</sup> (Θερίος 2015, Fernández-Escobar, 2019). Είναι ξεκάθαρο ότι η εκτεταμένη χρήση του χαλκού για την αντιμετώπιση ασθενειών στην ελιά έχει ως αποτέλεσμα την υπερβολική συγκέντρωση του στοιχείου στα φύλλα.

### **Επίδραση της καλιούχου λίπανσης στη συγκέντρωση ανόργανων στοιχείων στους καρπούς**

Οι καρποί ελιάς αποτελούν μία καλή πηγή ανόργανων στοιχείων και περιέχουν 0,02-0,25% P, 0,5-3,4% K, 0,01-0,20% Na, 0,02-0,20% Ca, 0,01-0,06% Mg, 0,01-0,13% S, 4-22 mg kg<sup>-1</sup> B, 0,3-5,8 mg kg<sup>-1</sup> Cu, 3-95 mg kg<sup>-1</sup> Fe, 0,91-5,5 mg kg<sup>-1</sup> Mn και 1,5-33 mg kg<sup>-1</sup> Zn (Kailis and Harris 2007).

Τα αποτελέσματα υποδήλωσαν ότι η εφαρμογή καλιούχου λιπάσματος δεν οδήγησε σε στατιστικά σημαντικές αλλαγές στις συγκεντρώσεις των μακροστοιχείων (N, P, K, Ca, Mg) στους καρπούς της ελιάς. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε μικρή μείωση της συγκέντρωσης καλίου στους καρπούς της μεταχείρισης με K σε σχέση με τον μάρτυρα, χωρίς όμως η διαφορά αυτή να είναι στατιστικά σημαντική (NS). Αντίστοιχα, οι συγκεντρώσεις των υπολοίπων στοιχείων παρέμειναν σε παρόμοια επίπεδα.

Η μη στατιστικά αξιόλογη διαφοροποίηση μπορεί να οφείλεται σε ποικίλους παράγοντες: τη δόση του εφαρμοζόμενου λιπάσματος, τον χρονισμό εφαρμογής, την ανταγωνιστική απορρόφηση άλλων στοιχείων ή και τη φυσική παραλλακτικότητα των φυτών (Therios 2005). Σε συμφωνία με τη διεθνή βιβλιογραφία, η πρόσληψη καλίου από το φυτό ενδέχεται να επηρεάζεται από την παρουσία υψηλών ποσοτήτων ασβεστίου στο έδαφος, γεγονός που μπορεί να περιορίζει τη διαθεσιμότητά του στο ριζικό σύστημα (Roussos, 2014). Ειδικότερα, ένας παράγοντας που είναι πιθανό να αιτιολογεί την περιορισμένη ανταπόκριση των δένδρων στη λίπανση με κάλιο είναι η ανταγωνιστική αλληλεπίδραση μεταξύ καλίου ( $K^+$ ) και ασβεστίου ( $Ca^{2+}$ ) στο έδαφος. Όπως επιβεβαιώνεται και στη διεθνή βιβλιογραφία, η ύπαρξη υψηλών ποσοτήτων ασβεστίου μπορεί να επιδράσει αρνητικά στη διαθεσιμότητα του καλίου στο ριζόστρωμα, καθώς τα δύο κατιόντα ανταγωνίζονται για ίδιες θέσεις πρόσληψης στο εδαφικό σύμπλεγμα ανταλλαγής κατιόντων (Roussos, 2014). Το ασβέστιο, λόγω του διπλού φορτίου του, εμφανίζει μεγαλύτερη συγγένεια με τα κολλοειδή του εδάφους, γεγονός που οδηγεί στον εκτοπισμό του καλίου και στη μείωση της διαθεσιμότητάς του. Σε ασβεστούχα εδάφη, όπως αυτά που συχνά συναντώνται στις ελαιοκομικές περιοχές της Ελλάδας, το φαινόμενο αυτό είναι συχνότερο και μπορεί να προκαλέσει δευτερογενή έλλειψη καλίου, ακόμα και όταν εφαρμόζεται λίπανση. Η μειωμένη απορρόφηση καλίου είναι πιθανό να επιδράσει αρνητικά τις κρίσιμες φυσιολογικές λειτουργίες του φυτού, όπως η ρύθμιση της στοματικής διαπνοής, η σύνθεση σακχάρων και η ανάπτυξη των καρπών (Marschner 2012). Συνεπώς, για την ορθολογική διαχείριση της λίπανσης, είναι ιδιαίτερα κρίσιμο να αξιολογούνται όχι μόνο τα απόλυτα επίπεδα καλίου στο έδαφος ή στο φυτό, αλλά και η ισορροπία μεταξύ καλίου και ασβεστίου (αναλογία K/Ca), η οποία αποτελεί κρίσιμο δείκτη διαθεσιμότητας και αποτελεσματικότητας των θρεπτικών στοιχείων.

Παρόμοια ήταν τα ευρήματα και όσον αφορά τα ιχνοστοιχεία (B, Mn, Zn, Fe, Cu), όπου ομοίως δεν σημειώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο

μεταχειρίσεων. Παρά την αριθμητική αύξηση της συγκέντρωσης του βορίου και του σιδήρου στους καρπούς της μεταχείρισης με K σε σχέση με τον μάρτυρα, οι μεταβολές δεν αξιολογήθηκαν σημαντικές βάσει του student t-test ( $p \leq 0,05$ ).

Ένα από τα βασικά αποτελέσματα της παρούσας μελέτης είναι η στατιστικά σημαντική μείωση της συγκέντρωσης του χαλκού (Cu) στους καρπούς της μεταχείρισης με κάλιο (5,31 ppm) σε σύγκριση με τον μάρτυρα (11,53 ppm). Η μείωση αυτή έχει αναφερθεί και ερμηνευθεί στη βιβλιογραφία ως αποτέλεσμα ανταγωνιστικής αλληλεπίδρασης μεταξύ του καλίου ( $K^+$ ) και του χαλκού ( $Cu^{2+}$ ) στη ριζόσφαιρα και στις θέσεις απορρόφησης των θρεπτικών στοιχείων (Marschner, 2012).

Ειδικότερα, τα δύο στοιχεία ως κατιόντα ανταγωνίζονται για την πρόσληψη μέσω κοινών μεταφορικών μηχανισμών στα κύτταρα των ριζών. Η αυξημένη συγκέντρωση καλίου στο έδαφος ενδέχεται να αποτελέσει ανασταλτικό παράγοντα για την πρόσληψη χαλκού, είτε λόγω άμεσου ανταγωνισμού στις θέσεις πρόσληψης, είτε λόγω τροποποίησης της ιοντικής ισορροπίας και του pH στη ριζόσφαιρα, που επηρεάζουν τη διαλυτότητα του  $Cu^{2+}$ . Ο Marschner (2012) μάλιστα αναφέρει ότι σε συνθήκες υπερβολικής παρουσίας καλίου, ιδιαίτερα σε εδάφη με ήδη χαμηλή διαθεσιμότητα ιχνοστοιχείων, καταγράφεται μείωση της πρόσληψης ιχνοστοιχείων όπως ο χαλκός, ο ψευδάργυρος και ο σίδηρος, εξαιτίας του ανταγωνιστικού φαινομένου. Αντίστοιχα, σύμφωνα με τους Fageria et al. (2011), οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ μακρο- και μικροθρεπτικών στοιχείων αποτελούν συχνό φαινόμενο και μπορούν να έχουν αξιόλογη επίδραση στη θρεπτική ισορροπία του φυτού, προκαλώντας είτε λειτουργικές ελλείψεις είτε τοξικότητες, ανάλογα με τη συγκέντρωση και τις συνθήκες του εδάφους.

## 5. Συμπεράσματα

Η καλλιέργεια της επιτραπέζιας ελιάς ποικιλίας Χονδρολιά Χαλκιδικής συνιστά μία από τις σημαντικότερες ποικιλίες για την παραγωγή εκλεκτής ποιότητας επιτραπέζια ελιά, με υψηλή εμπορική και διατροφική αξία. Το κάλιο αποτελεί σημαντικό μακροθρεπτικό στοιχείο για την ανάπτυξη και παραγωγικότητα της ελιάς, συνεισφέροντας στη ρύθμιση της υδατικής ισορροπίας, στη μεταφορά σακχάρων και στη βελτίωση της ποιότητας των καρπών. Η παρούσα εργασία είχε ως στόχο τη μελέτη της επίδρασης της καλιούχου λίπανσης στην ποικιλία ελιάς Χονδρολιά Χαλκιδικής με σκοπό την αξιολόγηση της επίδρασης στα φυσιολογικά χαρακτηριστικά και στη θρεπτική κατάσταση των φύλλων, στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών και στη συγκέντρωσή τους σε ανόργανα στοιχεία, καθώς και στην παραγωγή. Από τα αποτελέσματα της έρευνας προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Η ορθολογική λίπανση με κάλιο δεν είχε κάποια επίδραση στο ειδικό βάρος και στο ποσοστό ξηράς ουσίας φύλλου, ούτε στη συγκέντρωση των φύλλων σε χλωροφύλλη.
- Η επιπλέον προσθήκη καλίου κατά την περίοδο ανάπτυξης του καρπού δεν βελτίωσε τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών, όπως χρώμα, μέγεθος, ποσοστό ξηράς ουσίας και λόγο σάρκας προς πυρήνα.
- Η μεταχείριση της λίπανσης με κάλιο δεν οδήγησε σε αύξηση της παραγωγής ανά δένδρο και δεν βοήθησε στη μετατόπιση της παραγωγής σε μεγαλύτερες κατηγορίες μεγέθους καρπών.
- Η μεταχείριση της ορθολογικής λίπανσης με κάλιο δεν επηρέασε τη συγκέντρωση των καρπών σε ανόργανα στοιχεία.
- Η φυλλοδιαγνωστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε το καλοκαίρι και τον χειμώνα και έδειξε υψηλότερη από τη βέλτιστη συγκέντρωση σε άζωτο, βέλτιστη συγκέντρωση καλίου το καλοκαίρι, αλλά υψηλότερη της βέλτιστης τον χειμώνα ειδικά στη μεταχείριση της λίπανσης με κάλιο. Η συγκέντρωση των φύλλων σε P το καλοκαίρι ήταν στη βέλτιστη συγκέντρωση, ενώ τον χειμώνα σε ανώτερα επίπεδα της βέλτιστης.
- Τα στοιχεία ασβέστιο, μαγνήσιο, μαγγάνιο, σίδηρος, ψευδάργυρος, βόριο βρέθηκαν εντός ορίων επάρκειας και στις δύο μεταχειρίσεις.

- Ο χαλκός βρέθηκε σε εξαιρετικά υψηλές συγκεντρώσεις στα φύλλα και των δύο μεταχειρίσεων ως αποτέλεσμα της εκτεταμένης χρήσης του για την αντιμετώπιση των ασθενειών.
- Σε κάποιες περιπτώσεις όπως του φωσφόρου, του βορίου και του μαγγανίου, η συγκέντρωσή τους βρέθηκε σε υψηλότερα επίπεδα στη μεταχείριση της λίπανσης με κάλιο σε σχέση με τον μάρτυρα ή του σιδήρου σε χαμηλότερα επίπεδα από τον μάρτυρα.
- Από τα αποτελέσματα, ήταν ξεκάθαρη η μεταβολή της συγκέντρωσης των θρεπτικών στοιχείων μεταξύ καλοκαιριού και χειμώνα υποδεικνύοντας την κινητικότητα προς άλλα όργανα του φυτού αλλά και τη μεταβολή της συγκέντρωσής τους εξαιτίας των εκροών με τη συγκομιδή των καρπών.
- Η ορθολογική εφαρμογή του καλίου δεν επέφερε τα αναμενόμενα αποτελέσματα, γεγονός που μπορεί να οφείλεται στο ότι πρόκειται για έναν εμπορικό ελαιώνα ορθά αρδευόμενο και λιπαινόμενο, όπου τα θρεπτικά στοιχεία βρέθηκαν πάντα σε επάρκεια ή/και ελαφρώς σε υψηλή συγκέντρωση.
- Η πραγματοποίηση της φυλλοδιαγνωστικής ανάλυσης κρίνεται απαραίτητη για τη σωστή λήψη αποφάσεων αναφορικά με τη λίπανση ενός ελαιώνα. Ο παραγωγός καλείται να αποφασίσει περίοδο υλοποίησης της φυλλοδιαγνωστικής, καλοκαίρι ή χειμώνα, ανάλογα με το πρόγραμμα λίπανσης που επιθυμεί να εφαρμόσει ή με τις απαραίτητες διορθωτικές κινήσεις στη βελτίωση της θρέψης του ελαιόδενδρου.

## 6.Βιβλιογραφία

### Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

1. Brand-Williams W., Cuvelier M.E. and Berset C., 1995. Use of a radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 28:25-30.
2. Delgado, A., Benlloch, M., Fernândeز-Escobar, R., 1994. Mobilization of boron in olive trees during flowering and fruit development. *HortScience* 29:616-618.
3. 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.
4. Fernândeز-Escobar R. 2019. Olive nutritional status and tolerance to biotic and abiotic stresses. *Frontiers in Plant Science*, 10.
5. Fernândeز-Escobar R., Moreno R., and Garcíа-Creus M. 1999. Seasonal changes of mineral nutrients in olive leaves during the alternate-bearing cycle. *Scientia Horticulturae* 82:25-45.
6. Kailis S and Harris DJ., 2007. Producing Table Olives. Landlinks Press, Collingwood, Australia.
7. McGuire R.G., 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27:1254-1255.
8. Mafra, I., Barros A.S., Nunes C., Vitorino R., Saraiva J., Smith A.C., Waldron K.W., Delgadillo I. and Coimbra M.A., 2006. Ripening-related changes in the cell walls of olive (*Olea europaea* L.) pulp of two consecutive harvests. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(6):988-998.
9. Marschner H., 2012. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press.
10. Ortega-García F., Blanco S., Peinado, M.Á. and Peragón J., 2008. Polyphenoloxidase and its relationship with oleuropein concentration in fruits and leaves of olive (*Olea europaea*) cv. 'Picual' trees during fruit ripening. *Tree Physiology*, 28(1):45-54)

11. Rawat J., Pandey N. and Saxena J., 2022. Role of potassium in plant photosynthesis, transport, growth and yield. In: Iqbal N. and Umar S. (eds), Role of Potassium in Abiotic Stress. Springer, Singapore.
12. Roussos P.A., 2014. Effect of potassium nutrition on olive tree physiology. *Acta Horticulturae*, 1052:111-118.
13. Sotiropoulos T., Therios I. and Dimassi K., 2023. Potassium fertilization in table olives: effects on fruit quality and antioxidant content. *Journal of Plant Nutrition*, 46(3):301-313.
14. Zivdar S., Arzani K., Souri M. K., Moallemi N. and Seyyednejad S. M., 2018. Physiological and biochemical response of olive (*Olea europaea* L.) cultivars to foliar potassium application. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 18(12):1897-1908.
15. Wintermans I.F. and Mots A., 1965. Spectrophotometric characteristics of chlorophylls a and b and their pheophytins in ethanol. *Biochimica et Biophysica Acta*, 109:448-453.

### Ελληνική βιβλιογραφία

1. Θεριός Ι., 2015. Ελαιοκομία. Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη.
2. Κυριτσάκης Α., 2007. Ελαιόλαδο, βρώσιμη ελιά και πάστα ελιάς. Αυτοέκδοση, Θεσσαλονίκη.
3. Νάνος Γ., 2021. Σημειώσεις Δενδροκομίας-Ελαιοκαλλιέργεια. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.
4. Ελευθεροχωρινός Η.Γ., 2020. Ζιζανιολογία – Βιολογία και διαχείριση ζιζανίων, ΑγροΤύπος Α.Ε. (Αθήνα)
5. Gaiapedia.gr – Γεωπονική Πύλη Γνώσης. Άρθρο: Εδαφοκλιματικές Συνθήκες Ελιάς.
6. Μπαρμπόπουλος Θ. 1996. Η Καλλιέργεια της Ελιάς. Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε., Θεσσαλονίκη.
7. Σταυρόπουλος Π., 2012. Μικροβιολογία Τροφίμων: Ελιά και Παράγωγα.
8. Μαυρομάτης Α., 2015. Επιτραπέζια Ελιά: Καλλιέργεια και Επεξεργασία. Εκδόσεις Γεωργία.

9. Καραθανάσης Ι., 2010. Ελαιοκομία: Θεωρία και Πρακτική. Εκδόσεις Σταμούλη.
10. Μπουρδάρας Ι., 2012. Βελτίωση καρποφορίας επιτραπέζιας ελιάς με εφαρμογή λιπάνσεων και ποτίσματος. Γεωπονική Επιθεώρηση, Τεύχος 24, σελ. 77-88.