



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

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**Εφαρμογή ζεόλιθου από εδάφους και διαφυλλικά: αποτελεσματικότητα στην
ελιά**



Πατιστής Κωνσταντίνος

Επιβλέπων καθηγητής: Νάνος Δ. Γεώργιος

Βόλος, 2021

**Εφαρμογή ζεόλιθου από εδάφους και διαφυλλικά: αποτελεσματικότητα στην
ελιά**

Olive tree characteristics after soil or foliar application of zeolite

Τριμελής εξεταστική επιτροπή :

Νάνος Δ. Γεώργιος, Καθηγητής Δενδροκομίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής
και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (Επιβλέπων)

Δαναλάτος Νικόλαος, Καθηγητής Γεωργία-Οικολογία Φυτών Μεγάλης Καλλιέργειας,
Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο
Θεσσαλίας (Μέλος)

Αντωνιάδης Βασίλειος, Αναπληρωτής Καθηγητής Εφαρμοσμένης Εδαφολογίας,
Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο
Θεσσαλίας (Μέλος)

Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτή της πτυχιακής εργασίας, η οποία εκπονήθηκε σύμφωνα με τον Κανονισμό Εκπόνησης Πτυχιακής Εργασίας του ΤΓΦΠΑΠ.

Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας την παρούσα πτυχιακή διατριβή, θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς ορισμένους ανθρώπους, των οποίων η συμβολή έπαιξε σημαντικό ρόλο για την εκπόνηση της.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερος τον επιβλέπων καθηγητή μου, κύριο Νάνο, Καθηγητή Δενδροκομίας, για την ανάθεση αυτού του εξαιρετικά ενδιαφέροντος θέματος αλλά και για τη στήριξη, την καθοδήγησή του και την υπομονή του κατά τη διάρκεια των πειραμάτων, της συγγραφής και της διόρθωσης που ώστε να βγάλω εις πέρας την πτυχιακή μου διατριβή.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω την Τριανταφυλλιά Γεωργουδάκη, υποψήφια διδάκτορα Δενδροκομίας, συνεργάτης του εργαστηρίου Δενδροκομίας Π.Θ., την κα. Ευαγγελία Παναγιωτάκη, μέλος Ε.ΔΙ.Π. του Π.Θ. και την κα. Τομαρά Νικολίτσα μέλος Ε.Τ.Ε.Π. του Π.Θ., για τη βοήθεια που μου προσέφεραν καθ' όλη τη διάρκεια των εργαστηριακών μετρήσεων και για το θερμό κλίμα συνεργασίας κατά τη διάρκεια συμμετοχής μου στο Εργαστήριο Δενδροκομίας ιδιαίτερα όταν οι συγκυρίες δεν ήταν καθόλου ευχάριστες για μένα.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τη κα. Περσεφόνη Μαλέτσικα, διδάκτορα Γεωπόνου, συνεργάτης του εργαστηρίου δενδροκομίας, Π.Θ., για τη βοήθεια της στη διεξαγωγή των εργαστηριακών μετρήσεων του εργαστηρίου δενδροκομίας, για το θερμό κλίμα συνεργασίας, καθώς επίσης και για τη συμβολή της στη συγγραφή της πτυχιακής εργασίας μου.

Επιπλέον θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου σε όλους τους καθηγητές και το ερευνητικό/εργαστηριακό προσωπικό του Τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος για τα μαθήματα, τις συμβουλές και τη βοήθεια που μου προσέφεραν κατά τη διάρκεια των σπουδών μου. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Νικόλαο Τσιρόπουλο, Καθηγητή Χημείας για την παραχώρηση των εγκαταστάσεων του εργαστηρίου του για την διεξαγωγή των μετρήσεων μου.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την τα ρεμάλια φίλους μου για την διαρκή καζούρα, τους νέους μου φίλους, από αυτές τις σπουδές, οι οποίοι ήταν καταλύτης στην ολοκλήρωση της συγκεκριμένης διαδρομής, το ΦουΝτούκι “μου” για κάποιο λόγο που θα ξέρει αυτό, και φυσικά στην οικογένεια μου ασχέτως συγγένειας.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	iii
Περιεχόμενα	iv
Περίληψη	vi
1. Εισαγωγή	1
1.1. Γενικά	1
1.1.1. Βοτανική Ταξινόμηση	1
1.1.2. Προέλευση και Εξάπλωση	1
1.1.3. Παγκόσμια και Ελληνική Κατάσταση	1
1.2. Βιολογική Καλλιέργεια	2
1.2.1. Βιολογικές Πρακτικές Καλλιέργειας	3
1.2.2. Εχθροί και Ασθένειες	5
1.2.2.1. Ασθένειες	5
1.2.2.2. Εχθροί	6
1.2.3. Βιολογικά Σκευάσματα	7
1.2.3.1. Χαλκούχα Σκευάσματα	7
1.2.3.2. Θειάφι	8
1.2.3.3. Ουσίες Φυτικής η Ζωικής Προέλευσης	8
1.2.3.4. Φυτικά Έλαια και Εκχυλίσματα	8
1.2.3.5. Πολτοί	9
1.2.3.6. Υδρολυόμενες Πρωτεΐνες	9
1.2.3.7. Εντομοπαθογόνοι Οργανισμοί	9
1.2.3.8. Ορυκτά Φυσικής Προέλευσης	9
1.2.4. Στόχος	10
1.3. Κονσερβολιά ή Ελιά Πηλίου	10
1.3.1. Περιγραφή Ποικιλίας	10
1.3.2. Χαρακτηριστικά	11
1.3.3. Στόχος	11
1.4. Ελαιόλαδο	11
1.4.1. Το Ελαιόλαδο στην Ελλάδα	12
1.4.2. Εξαγωγές	12
1.4.3. Σημασία	13
1.4.4. Ποιότητα	13
1.4.5. Στόχος	15
1.5. Καλλιέργεια Ελιάς	15
1.5.1. Κλάδεμα	16
1.5.2. Άρδευση και Ξηρικές Καλλιέργειες	17
1.5.3. Ζιζάνια και Μείωση Απωλειών Υγρασίας	19
1.5.4. Λίπανση	20
1.5.5. Στόχος	22
1.6. Θερμική Καταπόνηση	22
1.6.1. Φυσιολογία Ριζών	22
1.6.2. Φυσιολογία Ανάπτυξης Κόμης και Βλαστών	23
1.6.3. Φυσιολογία Φύλλου	24
1.6.3.1. Λειτουργίες Φύλλου	25
1.6.3.1.1. Φωτοσύνθεση	25
1.6.3.1.2. Διαπνοή	27
1.6.4. Φυσιολογία Καρπού	28
1.6.5. Αντιδιαπνευστικές Ουσίες	28
1.6.5.1. Καολίνης	29

1.6.5.2. Ζεόλιθος	29
1.6.5.2.1. Ζεόλιθος ως Εδαφοβελτιωτικό	30
1.6.5.2.2. Ζεόλιθος και Φυτοπροστασία.....	30
1.6.5.2.3. Ζεόλιθος και Διαπνοή.....	31
1.6.6 Στόχος	33
1.7. Σκοπός Ερευνητικής Εργασίας	34
2. Υλικά και Μέθοδοι	35
2.1 Πειραματικός αγρός	35
2.1.1 Χωροθέτηση	35
2.1.2 Φυτικό Υλικό	35
2.1.3 Συνθήκες αγρού	35
2.1.4 Καλλιεργητικές Φροντίδες	36
2.2 Πειραματικό Σχέδιο	37
2.3 Μετρήσεις	39
2.3.1 Μετρήσεις Αγρού	39
2.3.2 Μετρήσεις Εργαστηρίου	40
2.3.2.1 Μετρήσεις Φύλλων	40
2.3.2.2 Μετρήσεις Καρπών	43
2.3.3 Μετρήσεις Ελαιοτριβείου	45
2.4 Στατιστική Ανάλυση	46
3. Αποτελέσματα	47
3.1 Εδαφικές και Κλιματικές Συνθήκες	47
3.1.1 Κλιματικές Συνθήκες την Καλλιεργητική Περίοδο 2017-2018	47
3.1.2 Κλιματικές Συνθήκες την Καλλιεργητική Περίοδο 2018-2019	48
3.2 Μετρήσεις Ανάπτυξης	49
3.2.1 Μέγεθος Κορμού και Κόμης	49
3.2.2 Ανάπτυξη Βλαστών	50
3.3 Μετρήσεις Φύλλων	51
3.3.1 Χρώμα Φύλλων	51
3.3.2 Ξηρή Ουσία και Ειδικό Βάρος	54
3.3.3 Χλωροφύλλη a και Χλωροφύλλη b	56
3.3.4 Φυλλοδιαγνωστική	62
3.4 Μετρήσεις Καρπών	64
3.4.1 Χρώμα Καρπών	64
3.4.2 Διαστάσεις Καρπών	65
3.4.3 Άλλες Παράμετροι Καρπού	66
3.4.4 Μετρήσεις Παραγωγής	67
3.4.5 Μετρήσεις Προσβολής από δάκο	67
3.5 Μετρήσεις Ελαιολάδου	68
4. Συζήτηση	70
4.1 Παράμετροι Ανάπτυξης	70
4.2 Παράμετροι Φύλλων	71
4.3 Παράμετροι Καρπών	78
4.4 Παραγωγή	79
4.5 Μακροσκοπικές Παρατηρήσεις	81
4.6 Οικονομικά Στοιχεία	82
5. Συμπεράσματα	83
Βιβλιογραφία	84

Περίληψη

Η καλλιέργεια της ελιάς στην περιοχή του Πηλίου στηρίζεται κυρίως στην ποικιλία Κονσερβολιά, ενώ είναι επί το πλείστον ξηρική. Το παραπάνω σε συνδυασμό με την όλο και πιο εμφανή κλιματική αλλαγή καθιστά απαραίτητη τη χρήση νέων γεωργικών προϊόντων που επεκτείνουν το διάστημα ύπαρξης διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας στις ρίζες. Ένα τέτοιο προϊόν είναι ο ζεόλιθος που με εφαρμογή του στο έδαφος αυξάνει την διαθέσιμη εδαφική υγρασία για τις καλλιέργειες, ενώ ταυτόχρονα δεσμεύει θρεπτικά συστατικά, τα προστατεύει από έκπλυση, και τα καθιστά διαθέσιμα στις καλλιέργειες. Επίσης, με διαφυλλική του εφαρμογή δημιουργεί ένα φιλμ σωματιδίων πάνω στα φύλλα, το οποίο πιθανότατα δρα όπως ο καολίνης, ήτοι ως εντομοαπωθητικό, ανακλαστικό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολία, ανακουφιστικός παράγοντας για τη θερμική καταπόνηση, ενώ βελτιώνει τις παραγωγικές παραμέτρους.

Προσπαθώντας να μελετηθεί η αποτελεσματικότητα του ζεόλιθου σε ξηρική βιολογική καλλιέργεια ελιάς δημιουργήθηκαν τρεις μεταχειρίσεις ελαιόδεντρων: ο μάρτυρας (M), η μεταχείριση με ζεόλιθο από εδάφους (ZS), και η μεταχείριση με ζεόλιθο διαφυλλικό και από εδάφους (ZF). Το πείραμα εκπονήθηκε για δύο καλλιεργητικές περιόδους, 2017-2018 και 2018-2019, όπου η πρώτη ήταν χρονιά ακαρπίας, ενώ η δεύτερη καρποφορίας. Μετρήσεις και αναλύσεις έγιναν για παραμέτρους ανάπτυξης, χρώματος, μεγέθους, παραγωγής και ποιότητας σε φύλλα και σε καρπούς στο τέλος Ιουνίου και Σεπτεμβρίου κάθε έτους.

Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι τα φύλλα της ελιάς διατήρησαν ή βελτίωσαν την συγκέντρωση ξηράς ουσίας και χλωροφύλλης τους κατά τη διάρκεια της ξηροθερμικής περιόδου. Η χρήση του ζεόλιθου με ενσωμάτωση στο έδαφος δεν κατέληξε σε διαφορές στη θρεπτική κατάσταση των δέντρων, ενώ φαίνεται να έδρασε ανταγωνιστικά με τις ρίζες τους με αποτέλεσμα να βρεθούν φύλλα με μειωμένο υδατικό περιεχόμενο και συγκέντρωση χλωροφυλλών και σχεδόν μηδενικό αντίκτυπο στην παραγωγή και ποιότητα καρπών και ελαιόλαδου. Αντίθετα η μεταχείριση με διαφυλλικό και εδαφικό ζεόλιθο φαίνεται να μείωσε τη θερμική καταπόνηση της ξηροθερμικής περιόδου με αποτέλεσμα αλλαγές στα χαρακτηριστικά των φύλλων που διαφοροποιούνταν ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες, ενώ αύξησε τις παραγωγικές παραμέτρους και βελτίωσε τις ποιοτικές. Καταλήγοντας συμπεραίνουμε ότι η εφαρμογή διαφυλλικού ζεόλιθου σε ξηροθερμικά κλίματα είναι μια τεχνική με θετικά αποτελέσματα ιδιαίτερα σε χρονιά καρποφορίας και αυξημένων αναγκών, ενώ η χρήση ζεόλιθου από εδάφους δεν

φαίνεται να επιδρά θετικά, αλλά ίσως ακόμα και ανταγωνιστικά, κάτω από τις συγκεκριμένες εδαφοκλιματικές συνθήκες σε ξηρική καλλιέργεια.

1. Εισαγωγή

1.1 Γενικά

1.1.1 Βοτανική Ταξινόμηση

Το ελαιόδεντρο (*Olea europaea* L.) είναι ένα αιωνόβιο, αειθαλές, καρποφόρο δέντρο που το ύψος του μπορεί να φτάσει ακόμα και τα 20 μέτρα και ανήκει στην οικογένεια Oleaceae και στο γένος *Olea*. Είναι ένα ανώτερο φυτό, αγγειόσπερμο, σπερματόφυτο, δικότυλο και συμπέταλο. Υπάρχουν 30 διαφορετικά είδη στο γένος *Olea* εκ των οποίων μόνο το παραπάνω έχει οικονομικό ενδιαφέρον και πιο συγκεκριμένα δύο υποείδη του, η καλλιεργούμενη ελιά (*Olea europaea* var. *sativa*) και η άγρια ελιά (*Olea europaea* var. *oleaster*), η οποία πολλές φορές χρησιμοποιείται και σαν υποκείμενο.

1.1.2 Προέλευση και Εξάπλωση

Η ελιά υπήρχε όπως φαίνεται από αρχαιοτάτων χρόνων πολύ πριν την ανάπτυξη του λόγου. Ο τόπος καταγωγής της δεν είναι ξεκάθαρος αλλά εικάζεται ότι είναι ένας εκ των Συρία, Μικρά Ασία, Αβησσυνία και Αίγυπτος από και όπου διαδόθηκε στην Ελλάδα, Ιταλία και λοιπές περιοχές της λεκάνης της Μεσογείου (Fooks 2002). Στη συνέχεια κατά τον 16^ο αιώνα η ελιά έφτασε και στην Αμερική μέσω των αποίκων και τελευταία στην Νότιο Αφρική, την Αυστραλία και την Κίνα (Ποντίκης 2000). Παρόλα αυτά καλλιεργείται μόνο στις εύκρατες περιοχές του Νότιου και Βόρειου ημισφαιρίου και αυτό γιατί έχει ειδικές κλιματικές απαιτήσεις (Fooks 2002).

1.1.3 Παγκόσμια και Ελληνική Κατάσταση

Το 2018 σύμφωνα με την FAOSTAT τα ελαιόδεντρα καλλιεργούνταν σε 10,5 εκατομμύρια εκτάρια παγκόσμια και η συνολική παραγωγή ήταν της τάξης των 21,1 εκατομμυρίων τόνων καρπού. Από άποψη καλλιεργούμενης έκτασης προηγούνταν η Ισπανία με 2,6 εκατομμύρια εκτάρια και ακολουθούσαν η Τυνησία με 1,5, η Ιταλία με 1,15, το Μαρόκο με 1,05, η Ελλάδα με 0,95 και η Τουρκία με 0,85 εκατομμύρια εκτάρια. Βέβαια σε παραγωγή ελαιόκαρπου η Ισπανία προπορευόταν με 10 εκατομμύρια τόνους και ακολουθούσαν η Ιταλία με 1,9, το Μαρόκο με 1,6, η Τουρκία με 1,5, η Ελλάδα με 1,1 και η Αλγερία με 0,86 εκατομμύρια τόνους.

Επίσης σύμφωνα με την ίδια πηγή περίπου το 50% της καλλιεργούμενης έκτασης με ελιές βρίσκεται στην Ευρώπη, ενώ η Ελλάδα κατέχει περίπου το 9%. Όσον αφορά την

παραγωγή καρπού η Ευρώπη κατείχε περίπου το 65% της παγκόσμιας παραγωγής ενώ η Ελλάδα το 4,5% αυτής. Εδώ ξεχωρίζει η Ισπανία όπου κατείχε το 25% των παγκόσμιων καλλιεργειών ελιάς και παρήγαγε το 48% της παγκόσμιας παραγωγής.

Όσον αφορά το ελαιόλαδο η Ευρώπη παράγει περίπου το 69% της παγκόσμιας παραγωγής και από αυτό το ποσοστό το 63% ανήκει στην Ισπανία ενώ ακολουθούν η Ιταλία με 17%, η Ελλάδα με 14% και η Πορτογαλία με 5% (European Commission 2020).

1.2 Βιολογική Καλλιέργεια

Η βιολογική καλλιέργεια και φυσικά τα προϊόντα της βρίσκονται σε ανοδική πορεία την τελευταία δεκαετία με ακόμα μεγαλύτερη τάση να παρατηρείται τα τελευταία λίγα χρόνια. Πλέον υπάρχουν αρκετά καταστήματα τα οποία εμπορεύονται μόνο βιολογικά και “φυσικά” προϊόντα και αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο τόσο στην ευαισθητοποίηση του κοινού σε περιβαλλοντικά ζητήματα όσο και σε ζητήματα σχετικά με την διατροφική αξία και τα υπολείμματα φυτοφαρμάκων στις τροφές του. Παρόλα αυτά ενώ υπάρχει νομοθεσία για τη βιολογική γεωργία και βιολογικά προϊόντα (Κανονισμοί 834/2007 και 889/2008 της Ε.Ο.Κ.) ο όρος “φυσικά” δεν είναι ακόμα νομοθετικά ορισμένος.

Σύμφωνα με τους κανονισμούς που αναφέρθηκαν παραπάνω βιολογική γεωργία ορίζεται ως ένα παραγωγικό σύστημα με ήπιας μορφής καλλιέργεια, φιλική προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο. Βασική αρχή της βιολογικής γεωργίας είναι η αποφυγή χρήσης χημικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, δηλαδή ουσιών που παρασκευάζονται σε χημικά εργαστήρια και δεν μπορούν να βρεθούν σε αυτή τη μορφή στην φύση. Ακόμα προσπαθεί να μεγιστοποιήσει την αμειψισπορά και την χρήση οργανικών υπολειμμάτων (κοπριά, κομπόστ, χλωρή λίπανση), να διατηρήσει τη βιοποικιλότητα και να καταπολεμήσει βιολογικά εχθρούς και ασθένειες (Janssen and Hamm 2011) με στόχο να διατηρήσει ή και να αυξήσει τη γονιμότητα του εδάφους.

Στην Ευρώπη και συγκεκριμένα στην ΕΕ η ανάπτυξη της βιολογικής καλλιέργειας βρίσκεται σε μια συνεχώς ανοδική πορεία (Moschitz 2008). Στην Ελλάδα το 2019 σύμφωνα με το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων υπήρχαν 36461 εκτάρια βιολογικές εκτάσεις ελιάς και 20600 εκτάρια υπό ένταξη, ενώ το 2015, 36802 και

10802, αντίστοιχα. Όπως φαίνεται ενώ η συνολική έκταση βιολογικών καλλιεργειών παραμένει σταθερή, οι εκτάσεις υπό ένταξη αυξάνονται το οποίο εξηγείται δεδομένου ότι μια καλλιέργεια παραμένει για 3 χρόνια στο υπό ένταξη στάδιο μέχρι τελικά να καταταχθεί στις βιολογικές.

1.2.1 Βιολογικές Πρακτικές Καλλιέργειας

Υπάρχουν πολλές πρακτικές για τη βιολογική καλλιέργεια οι οποίες βέβαια διαφέρουν σε κάποια σημεία μεταξύ των ετήσιων και πολυετών καλλιεργειών. Αυτές είναι οι εξής:

- **Εδαφοκατεργασία:** Στόχος της συγκεκριμένης πρακτικής είναι να επιτρέψουμε στον αέρα να εισέλθει πιο εύκολα στα ανώτερα στρώματα του εδάφους για να επιταχυνθούν διαδικασίες αποδόμησης και να διευκολύνουμε την έκπτυξη ριζών ετήσιων φυτών. Είναι μία πρακτική που εφαρμόζεται κυρίως σε ετήσιες καλλιέργειες, ενώ αποφεύγεται σε πολυετείς, όπου προτιμάται η ελάχιστη κατεργασία για την αποφυγή τραυματισμού των ριζών και την αποφυγή συμπίεσης του εδάφους.
- **Εδαφοκάλυψη:** Μία πρακτική χρήσιμη στις πολυετείς καλλιέργειες. Σκοπό έχει να καλύψει το έδαφος ώστε να αποφεύγεται η απορροή και η απομάκρυνση εδάφους κατά τη διάρκεια έντονων βροχοπτώσεων, ενώ ταυτόχρονα βοηθάει στη διατήρηση της υγρασίας του εδάφους σε περιπτώσεις ξηρασίας. Επίσης είναι χρήσιμη ενάντια στην έκπτυξη ζιζανίων. Μπορεί να γίνει με διάφορες μεθόδους όπως χρήση άχρου, φύλλων και τεμαχισμένων κλαδευτικών, πλαστικού εδαφοκάλυψης, μισοχωνεμένου κομπόστ ή και χλωρής λίπανσης. Από τις παραπάνω μεθόδους για πολυετείς καλλιέργειες προτιμάται η χρήση των τεμαχισμένων κλαδευτικών, φύλλων ή και χλωρής λίπανσης τα οποία δρουν και σαν λίπανση ταυτόχρονα.
- **Αμειψισπορά:** Χρησιμοποιείται στις ετήσιες καλλιέργειες με την εναλλαγή καλλιεργειών σε βάθος κάποιων χρόνων και πρέπει ο αγρός να είναι καλυμμένος αν είναι δυνατόν όλο τον χρόνο. Τα προτερήματα είναι ότι με σωστή επιλογή των καλλιεργειών μπορούμε να απαλλαγούμε από πολλά ζιζάνια, τα θρεπτικά εξαντλούνται ισορροπημένα ή και προστίθενται, και έχουμε υγιή φυτά απαλλαγμένα από ασθένειες.

- **Συγκαλλιέργεια:** Είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται τόσο σε ετήσιες όσο και σε πολυετείς καλλιέργειες. Στις ετήσιες καλλιέργειες παρουσιάζει αντίστοιχα πλεονεκτήματα με ότι αναφέρθηκε στην αμειψισπορά και μερικά ακόμα όπως η αλληλοπάθεια, όπου το ένα φυτό εκκρίνει ουσίες που μπορεί να βοηθούν ή να εμποδίζουν την ανάπτυξη του άλλου, και η χρήση του συγκαλλιεργούμενου είδους σαν ενδιαίτημα για ωφέλιμα έντομα. Πρέπει να γίνει όμως σωστή επιλογή των συγκαλλιεργούμενων ειδών, καθώς το ένα θα μπορούσε να αποτελεί ξενιστή εχθρών ή επιβλαβών ασθενειών για το άλλο ή και ακόμα να επηρεάζει αρνητικά την ανάπτυξη του άλλου. Στις πολυετείς καλλιέργειες η συγκαλλιέργεια με αρωματικά αυτοφυή φυτά ή άλλα είδη μπορεί να προσφέρει τα οφέλη της εδαφοκάλυψης, μείωση των ζιζανίων, αύξηση των ωφέλιμων εντόμων, θετική αλληλοπάθεια, αλλά και να αυξήσει το εισόδημα του γεωργού σε περίπτωση που τα παραπάνω είδη συγκομίζονται και εμπορεύονται.
- **Λίπανση:** Βασικός στόχος της λίπανσης είναι να αναπληρώσουμε τις ποσότητες θρεπτικών συστατικών που αφαιρούνται από το χωράφι κάθε έτος δηλαδή να διατηρήσουμε το ισοζύγιο του. Πολύ σημαντικό είναι να ξέρουμε τι ποσότητες θρεπτικών συστατικών λείπουν από τον αγρό ή από τα δέντρα μας. Λύση για αυτό είναι η φυλλοδιαγνωστική και η ανάλυση εδάφους που πρέπει να γίνονται τακτικά για να μην οδηγούν σε υπερ-λιπάνσεις ή υπο-λιπάνσεις. Οι επιλογές που έχει ένας βιοκαλλιεργητής είναι η χλωρά λίπανση με κάποιο ψυχανθές (μέσω των αζωτοδεσμευτικών βακτηρίων θα δεσμεύσει άζωτο από το περιβάλλον και θα μας το αποδώσει στο έδαφος κατά την ενσωμάτωση του), η κοπριά που θα μπορούσε να συλλέγεται από διάφορους κοντινούς εκτροφείς ζώων, η χρήση κομπόστ από κομποστοποίηση φυτικών και οργανικών υπολειμμάτων, αλλά και η χρήση εγκεκριμένων βιολογικών λιπασμάτων που μπορούν να βρεθούν στα γεωπονικά καταστήματα τα οποία είτε προέρχονται από φυσικά ορυκτά είτε από κομπόστ διάφορων παραπροϊόντων βιομηχανιών.
- **Εδαφοβελτιωτικά:** Μία άλλη σχετικά νεότερη κατηγορία είναι η χρήση εδαφοβελτιωτικών που είναι συνήθως φυσικά ορυκτά με επιθυμητές ιδιότητες που βελτιώνουν τη δομή του εδάφους επιτρέποντας του την καλύτερη διατήρηση υγρασίας, τον καλύτερο αερισμό ή και ακόμα την καλύτερη δέσμευση θρεπτικών συστατικών. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι ο Ζεόλιθος.

- Φυτοπροστασία: Σχετικά με τη φυτοπροστασία η καλύτερη μέθοδος για τους βιοκαλλιεργητές είναι η πρόληψη. Έτσι σωστές καλλιεργητικές φροντίδες όπως κλάδεμα και κατάλληλη επιλογή φυτικού υλικού όπως ανθεκτικών ποικιλιών σε διάφορες ασθένειες μπορούν να μειώσουν κατά πολύ το μέγεθος των προβλημάτων. Όπως περιγράφηκε και παραπάνω η συγκαλλιέργεια με είδη που μπορεί να παρουσιάζουν αλληλοπάθεια ή είδη που φιλοξενούν ωφέλιμα έντομα μπορεί να μειώσει το πιθανό μόλυσμα ή τα επιβλαβή έντομα, αντίστοιχα. Υπάρχει και η δυνατότητα χρήσης εκχυλισμάτων για ψεκασμούς από διάφορα άγρια βότανα η οποία βέβαια πρέπει να είναι αρκετά στοχευμένη. Τέλος, υπάρχουν εγκεκριμένα βιολογικά μυκητοκτόνα, βακτηριοκτόνα και εντομοκτόνα τα οποία μπορούν να βρεθούν στα γεωπονικά καταστήματα.

1.2.2 Εχθροί και Ασθένειες

1.2.2.1 Ασθένειες

Όπως κάθε φυτικός οργανισμός έτσι και η ελιά μπορεί να εμφανίσει διάφορες ασθένειες οι οποίες ανάλογα με την έκταση των συμπτωμάτων τους μπορούν να προκαλέσουν μικρότερη ή μεγαλύτερη οικονομική ζημία. Έτσι επιλέχθηκε να αναπτυχθούν παρακάτω αυτές οι οποίες εμφανίζονται με μεγαλύτερη συχνότητα και προκαλούν σοβαρές ζημιές.

- Βερτισιλίωση: Προκαλείται από τον μύκητα *Verticillium dahliae*, σποραδικά σε μεμονωμένα δέντρα και οδηγεί σε ολική ή μερική αποπληξία. Προς το παρόν δεν υπάρχουν τρόποι θεραπείας και συνίσταται το κλάδεμα ή κόψιμο των νεκρών κλάδων ή δέντρων και το κάψιμο τους, ενώ πρέπει πάντα να γίνεται απολύμανση των κλαδευτικών εργαλείων.
- Γλοιοσπόριο: Προκαλείται από τον μύκητα *Gloesporium olivarium*, ευνοείται από την υψηλή σχετική υγρασία του περιβάλλοντος, που συνήθως συναντάται φθινόπωρο ή χειμώνα στη χώρα μας, και από τα τραύματα που έχουν δημιουργηθεί στον καρπό από τον δάκο ή άλλες αιτίες. Εκτός από τον καρπό προσβάλλει και τα φύλλα, αλλά η υποβάθμιση που προκαλεί στους καρπούς και ως συνέπεια στο λάδι είναι πολύ μεγαλύτερης σημασίας.
- Κυκλοκόνιο: Οφείλεται στον μύκητα *Spilosea oleaginea*, και συναντάται σε όλες τις ελαιοπαραγωγικές περιοχές της χώρας. Συνήθως οδηγεί σε φυλλόπτωση και σπανιότερα σε ξήρανση κλάδων οδηγώντας το ελαιόδεντρο

σε εξασθένηση και σε μικρότερη καρποφορία την επόμενη χρονιά. Χαρακτηριστικό του σύμπτωμα είναι οι ομόκεντρες χλωρωτικές και αργότερα νεκρωτικές κηλίδες στην πάνω επιφάνεια των φύλλων που αποκαλούνται μάτι παγωνιού.

- Μολύβδωση ή Κερκοσπορίωση: Προκαλείται από τον μύκητα *Cercospora cladosporioides* και εμφανίζεται με ακανόνιστα στίγματα στην πάνω επιφάνεια των φύλλων που ενίοτε ενώνονται και καλύπτουν όλο το φύλλο. Αποτέλεσμα της παρουσίας τους είναι η φυλλόπτωση, η καρπόπτωση και η καθυστέρηση ανάπτυξης του δέντρου. Υπάρχει περίπτωση να εμφανιστεί με χαρακτηριστικά σκούρα κόκκινα στίγματα στους άωρους ή ώριμους καρπούς μειώνοντας την εμπορική τους αξία (Fooks 2002).
- Καρκίνος: Οφείλεται στο βακτήριο *Pseudomonas savastanoi* όπου υπάρχει στις επιφάνειες των φύλλων όλο το χρόνο, ευνοείται από το νερό της βροχής για τη μετάδοσή του, και εισβάλλει στους ιστούς του δέντρου από πληγές ή ανοίγματα που μπορούν να προκύψουν από τις καλλιεργητικές πρακτικές (συγκομιδή, κλάδεμα, κ.α.), από τις καιρικές συνθήκες (παγετός ή χαλάζι) ή ακόμα και από φυσιολογικές διαδικασίες (πτώση φύλλων και ανθέων). Αποτέλεσμα είναι η δημιουργία φυματίων στο σημείο εισόδου όπου μπορεί να οδηγήσει σε πτώση φύλλων αλλά ακόμα και σε ξήρανση κλάδων.

1.2.2.2 Εχθροί

Τόσο η ελιά όσο και τα υπόλοιπα δέντρα έχουν πολλούς εχθρούς, πολλοί εκ των οποίων είτε έχουν περισσότερους εκ του ενός ξενιστές είτε έχουν πολλούς φυσικούς εχθρούς με αποτέλεσμα να μη βρίσκονται σε τόσους ικανούς πληθυσμούς στη φύση ώστε να προκαλέσουν οικονομική ζημία. Έτσι εδώ θα γίνει μία παρουσίαση των εχθρών που παρουσιάζουν κατά γενική ομολογία οικονομικό ενδιαφέρον.

- Δάκος (*Dacus oleae*): Το έντομο αυτό είναι ένα δίπτερο και πιο συγκεκριμένα μια φρουτόμυγα που σαν μοναδικό ξενιστή έχει την ελιά. Απαντάται οπουδήποτε υπάρχουν ελιές ή αγριελιές και είναι ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα τα οποία πρέπει να λάβει υπόψιν ο παραγωγός καθώς προκαλεί μείωση της ποσότητας αλλά και υποβάθμιση της ποιότητας του καρπού και του ελαιόλαδου. Σε ευνοϊκές συνθήκες, χωρίς καύσωνες και με ορισμένες βροχοπτώσεις το καλοκαίρι, ο δάκος μπορεί να δώσει μέχρι και επτά γενιές τον

χρόνο. Εκτός από την ζημιά που προκαλείται από το νύγμα του εντόμου και από την προνύμφη του, η πληγή είναι και σημείο εισόδου παθογόνων που προκαλούν δευτερογενείς μολύνσεις. Το πρόβλημα με το συγκεκριμένο έντομο είναι τόσο μεγάλο που η κατά τόπους Διεύθυνση Γεωργίας της κάθε περιοχής κάνει ψεκασμούς εναντίον του όταν κρίνεται απαραίτητο.

- Λεκάνιο (*Saissetia oleae*): Το συγκεκριμένο έντομο ανήκει στα ομόπτερα και είναι πολυφάγο είδος με πολλούς ξενιστές εκτός από την ελιά όπως τα εσπεριδοειδή και την πικροδάφνη. Η ζημιά που προκαλεί είναι η αναρρόφηση των χυμών και η έκκριση τοξικού σάλου και δευτερογενώς η δημιουργία καπνιάς και εξασθένησης του δέντρου εξαιτίας των γλυκών εκκρίσεων του και της σκίασης που προκαλεί η καπνιά. Συνήθως έχει μία γενιά τον χρόνο.
- Πυρηνοτρήτης (*Prays oleae*): Ανήκει στα λεπιδόπτερα και είναι μονοφάγο έως και ολιγοφάγο. Έχει τρεις γενιές τον χρόνο, τη φυλλόβια, την ανθόβια και την καρπόβια, και η ζημιά προκαλείται από την προνύμφη του. Πιο σημαντική είναι η καρπόβια, καθότι προκαλεί ζημιές στον καρπό που οδηγεί σε πρόωμη πτώση τον Ιούνιο και τον Ιούλιο, ενώ οι προηγούμενες επηρεάζουν τα άνθη και τα φύλλα, αντίστοιχα, που όμως υπάρχουν σε ποσότητα. Ο πληθυσμός του εντόμου περιορίζεται σημαντικά από τις απότομες μεταβολές της θερμοκρασίας και της υγρασίας.
- Ρυγχίτης (*Coenorhinus cribripennis*): Ανήκει στα κολεόπτερα και είναι επίσης ένα ολιγοφάγο έντομο που τρέφεται μόνο με ελιές ή φυτά της οικογένειας Oleaceae (Balachowsky and Hoffman 1963). Το ενήλικο τρέφεται από τους νέους βλαστούς, τα φύλλα και τους νέους καρπούς, ενώ η προνύμφη του τρώει σχεδόν όλο το κουκούτσι και προκαλεί πρόωμη καρπόπτωση και αυτή η ζημιά είναι που έχει οικονομική σημασία. Έχει μία γενιά τον χρόνο και διαχειμάζει στο έδαφος σε κουκούλι.

1.2.2 Βιολογικά Σκευάσματα

1.2.2.1 Χαλκούχα Σκευάσματα

Ίσως η πιο χρήσιμη και διαδεδομένη κατηγορία βιολογικών σκευασμάτων με δράση ενάντια στις περισσότερες ασθένειες. Ενώσεις του χαλκού όπως βορδιγάλειος πολτός, υδροξείδιο του χαλκού, οξειδίο του χαλκού και οξυχλωριούχος χαλκός είναι μερικές μορφές τις οποίες συναντούμε. Η λειτουργία τους οφείλεται στη βλάβη που προκαλούν

στους λιποσακχαρίτες που τελικά οδηγεί στην κατάρρευση της εξωτερικής μεμβράνης των μυκηλιακών υφών (Nan et al. 2008). Πολύ βασικό είναι ο κατάλληλος χρόνος εφαρμογής αυτών των σκευασμάτων καθ' όλη τη διάρκεια του έτους για την αντιμετώπιση διάφορων ασθενειών όπως το κυκλοκόνιο, την κερκοσπορίαση, τον καρκίνο και το γλοιοσπόριο. Μεγάλη προσοχή πρέπει να επιδεικνύεται με αποφυγή άσκοπων ψεκασμών, καθώς μπορεί να εμφανιστεί συσσώρευση χαλκού στα επιφανειακά στρώματα του εδάφους οδηγώντας σε δυσμενείς επιδράσεις στους οργανισμούς που ζουν εκεί και κατά επέκταση σε ένα μη υγιές έδαφος.

1.2.2.2 Θειάφι

Το θειάφι χρησιμοποιείται τόσο για την καταπολέμηση μερικών ασθενειών όπως το οίδιο αλλά και για την αντιμετώπιση διάφορων εχθρών όπως ο ρυγχίτης και τα ακάρεα. Προσοχή πρέπει να δοθεί στις θερμοκρασιακές συνθήκες εφαρμογής τους, καθώς σε υψηλότερες των 28 °C μπορεί να προκαλέσει εγκαύματα λόγω τοξικότητας.

1.2.2.3 Ουσίες Φυτικής η Ζωικής Προέλευσης

Οι ουσίες αυτές παράγονται από διάφορους οργανισμούς και απαντώνται στη φύση. Μπορεί να παρουσιάζουν εντομοκτόνο, βακτηριοκτόνο ή μυκητοκτόνο δράση. Μερικές ουσίες με εντομοκτόνο δράση είναι η Αζαδιραχίνη που παράγεται από το δέντρο *Azadirachta indica* και χρησιμοποιείται ενάντια σε Λεπιδόπτερα, Δίπτερα, Κολεόπτερα, Υμενόπτερα, Ημίπτερα, Θυσανόπτερα, ακάρεα και νηματώδεις, και η Σπινοςίνη που παράγεται από το βακτήριο *Saccharopolyspora spinosa* και χρησιμοποιείται ενάντια σε Λεπιδόπτερα, Δίπτερα, Κολεόπτερα, Υμενόπτερα, Θυσανόπτερα, Ορθόπτερα και πολλά ακόμα.

1.2.2.4 Φυτικά Έλαια και Εκχυλίσματα

Υπάρχουν διάφορα έλαια όπως μέντας ή δυόσμου, πεύκου και κύμινου (από το κάρυο του) τα οποία χρησιμοποιούνται ως εντομοκτόνα, μυκητοκτόνα, ακαρεοκτόνα, αλλά και ως ανασταλτικοί παράγοντες βλάστησης. Επίσης υπάρχουν εκχυλίσματα τσουκνίδας (*Urtica dioica*, *U. urens*), πολυκομπιού (*Equisetum arvense*), καφέ φυκιών (*Ascophyllum nodosum*) και κρεμμυδιού (*Allium cepa*) που εμφανίζουν έντονη δράση ενάντια σε ασθένειες και εχθρούς σύμφωνα με πολλά συγγράμματα οικολογικής γεωργίας.

1.2.2.5 Πολτοί

Οι χειμερινοί και θερινοί πολτοί είναι σημαντικοί σύμμαχοι στη βιολογική καταπολέμηση. Στην ελιά χρησιμοποιούνται θερινοί πολτοί, που είναι εξευγενισμένα υπό-παράγωγα του πετρελαίου, για την αντιμετώπιση των κοκκοειδών, όπως του λεκανίου, και της βαμβακάδας. Ουσιαστικά δρουν προκαλώντας ασφυξία.

1.2.2.6 Υδρολύμενες Πρωτεΐνες

Χρησιμεύουν ως προσελκυστικό στους διάφορους τύπους παγίδων. Επιτρέπεται μόνο σε συγκεκριμένες εφαρμογές σε συνδυασμό με άλλα κατάλληλα προϊόντα που περιλαμβάνονται στην Κοινοτική νομοθεσία. Χρησιμοποιούνται για προσέλκυση ή καταπολέμηση δίπτερων (δάκος της ελιάς, μύγα της Μεσογείου, κ.λπ.).

1.2.2.7 Εντομοπαθογόνοι Οργανισμοί

Η βάση πίσω από αυτή τη μέθοδο είναι η χρήση παθογόνων μικροοργανισμών (βακτήρια, μύκητες, ιούς, πρωτόζωα κ.α.) που προκαλούν ασθένειες στα έντομα. Ο πιο διαδεδομένος είναι ο βάκιλος Θουριγγίας (*Bacillus thuringiensis*) ο οποίος εφαρμόζεται ενάντια στον πυρηνοτρήτη κατά της ανθόβιας γενιάς (άνοιγμα 5-10% ανθέων) και σε περίπτωση μεγάλης προσβολής και κατά της καρπόβιας γενιάς (καρπίδιο στην έως 5 mm). Ο τρόπος δράσης είναι η δημιουργία τοξινών από τον μικροοργανισμό που μέσω της κατάποσης από την προνύμφη του εντόμου καταλήγει στο στομάχι όπου προκαλεί τη διακοπή της σίτισης και τελικά τον θάνατο της. Άλλοι οργανισμοί που έχουν δοκιμαστεί ή δοκιμάζονται είναι τα βακτήρια *Pseudomonas putida* κατά του δάκου, ο μύκητας *Beauveria bassiana* επίσης ενάντια στον δάκο, τα πρωτόζωα *Octospora muscae* για τον δάκο και οι ιός *Picornavirus CrPV* για το ίδιο έντομο.

1.2.2.8 Ορυκτά Φυσικής Προέλευσης

Επίσης σήμερα έχει παρατηρηθεί η χρήση διάφορων κόνεων φυσικής προέλευσης όπως ο ζεόλιθος και ο καολίνης. Αυτές οι ουσίες είναι αργυλοπυριτικής φύσεως και ο ψεκασμός τους στα ελαιόδεντρα δημιουργεί ένα φυσικό φιλμ εξωτερικά από τα φύλλα και τους καρπούς με αποτέλεσμα αρχικά τη δυσκολία εντοπισμού τους από τα έντομα και κατά δεύτερον τον τραυματισμό των εντόμων, εξαιτίας της κρυσταλλικής δομής τους, που οδηγεί σε αφυδάτωση τους και τελικά τον θάνατο τους. Ο καολίνης έχει μελετηθεί διεξοδικά και η αποτελεσματικότητά του στην προστασία από αρθρώποδα

και από αβιοτικούς παράγοντες είναι δεδομένη. Αντίθετα, ο πολύ φθηνότερος Ελληνικός ζεόλιθος δεν έχει μελετηθεί αρκετά έως καθόλου με διαφυλλικές εφαρμογές ως φυτοπροστατευτικό ή ως προστατευτικό από αβιοτικές καταπονήσεις

1.2.3 Στόχος

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω υπάρχει η δυνατότητα καταπολέμησης κάποιων εχθρών και ασθενειών της καλλιέργειας με χρήση φυσικών ορυκτών με ελάχιστη επεξεργασία. Στην περίπτωση του ζεόλιθου αυτό θα μπορούσε να συνδυαστεί με ταυτόχρονη βελτίωση του εδάφους της καλλιέργειας, αντί για υποβάθμιση του όπως γίνεται από κάποιους άλλους παράγοντες. Επομένως στόχος είναι να ερευνηθεί η αποτελεσματικότητα του και τα πιθανά οφέλη χρήσης του από τους καλλιεργητές.

1.3 Κονσερβολιά ή Ελιά Πηλίου

1.3.1 Περιγραφή Ποικιλίας

Η ποικιλία Κονσερβολιά έχει πολλά ακόμα ονόματα όπως Πηλίου, Αμφίσσης, Αγρινίου, Άρτας, Βολιώτικη, Πατρινιά, Χοντρολιά, Στρογγυλολιά, Κορυδολιά κ.ά. μερικά εκ των οποίων φανερώνουν και τις περιοχές στις οποίες καλλιεργείται. Το επιστημονικό της όνομα είναι *Olea europaea var. Rotunda* (Fooks 2002). Κατηγοριοποιείται στις επιτραπέζιες ποικιλίες όπου και αποτελεί το 60% της συνολικής εγχώριας παραγωγής, αλλά πλέον έχει καθιερωθεί η χρήση της ως μεικτή δεδομένου του μεγέθους του καρπού της, της ελαιοπεριεκτικότητας της, αλλά και των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του λαδιού της.

Η καλλιέργεια της πρέπει να γίνεται σε γόνιμα εδάφη των οποίων το υψόμετρο μπορεί να φτάνει και τα 600 μέτρα. Προτιμά τα αργιλοασβεστώδη, τα αργιλοαμμώδη και δροσερά εδάφη. Είναι μια παραγωγική ποικιλία εφόσον εφαρμοστούν οι καλλιεργητικές φροντίδες επιμελώς (Fooks 2002).

Φυτοπαθολογικά είναι μια ποικιλία που παρουσιάζει ευαισθησία στο Βερτισίλιο (*Verticillium dahlia*), ενώ είναι σχετικά ανθεκτική στο ψύχος, στον καρκίνο (*Pseudomas savastanoi*) και στο κυκλοκόνιο (*Spilosea oleagina*).

Εντομολογικά ο καρπός της προσβάλλεται εύκολα από τον δάκο (*Dacus oleae*), τον πυρηνοτρήτη (*Prays oleae*) και τον ρυγχίτη (*Coenorhinus cribripennis*).

1.3.2 Χαρακτηριστικά

Τα δέντρα της είναι μεσαίου έως μεγάλου μεγέθους και δύναται να φτάσουν και τα 10 μέτρα σε ύψος. Η διάμετρος της κόμης φτάνει από 5 έως 8 μέτρα. Είναι ορθόκλαδη και πρέπει να περιορίζεται η καθ' ύψος ανάπτυξη της με κλαδέματα. Η φυσιολογική ωρίμανση του καρπού επιτυγχάνεται από τον Νοέμβριο έως τον Φεβρουάριο αλλά πολλές φορές συγκομίζεται και νωρίτερα εφόσον αυτό που επιζητάει ο παραγωγός είναι πράσινες ελιές ή αγουρέλαιο.

Ο καρπός αυτής της ποικιλίας είναι από τους μεγαλύτερους μεταξύ των ελληνικών ποικιλιών και φτάνει να ζυγίζει ακόμα και 8 γραμμάρια. Το σχήμα του καρπού είναι σφαιρικό ή ωοειδές. Ο πυρήνας τους έχει βαθιές αύλακες που είναι ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά της ποικιλίας. Ο λόγος του καρπού προς τον πυρήνα είναι 10:1, ενώ η ελαιοπεριεκτικότητα του φτάνει το 15% (Fooks 2002).

1.3.3 Στόχος

Από τα παραπάνω είναι φανερό ότι η ποικιλία Αμφίσσης είναι μία εδραιωμένη στην ελληνική επικράτεια βρώσιμη ελιά με μεγάλη εξάπλωση και έχει πολύ καλά χαρακτηριστικά για να ανταπεξέλθει σε αυτή την απαίτηση. Επίσης στην περιοχή του Πηλίου αποτελεί μονοκαλλιέργεια, πράγμα που την καθιστά ευάλωτη σε εξάρσεις του πληθυσμού ενός εχθρού, ενώ είναι πολύτιμη για τους παραγωγούς. Έτσι μία μελέτη που μπορεί να δώσει ένα καινούργιο όπλο στη φαρέτρα τους τόσο ενάντια σε εχθρούς όσο και επικουρικά στις καλλιεργητικές φροντίδες κρίνεται αναγκαία.

1.4 Ελαιόλαδο

Το ελαιόλαδο περιέχεται στον καρπό της ελιάς σε ποσοστό 10 έως 35%, στη φυσική της ωρίμανση, αναλόγως την ποικιλία και τις καλλιεργητικές φροντίδες. Οι ποικιλίες που προορίζονται για παραγωγή λαδιού είναι συνήθως μεσαίου μεγέθους και η ελαιοπεριεκτικότητά τους είναι μεταξύ 17 και 35% του νωπού βάρους του καρπού.

Έχουν υπάρξει πολλές μέθοδοι εξαγωγής του από την ελιά αλλά αυτοί που έχουν επικρατήσει πλέον ακολουθούν την εξής μεθοδολογία. Καθάρισμα των καρπών από φερτές ύλες και φύλλα, έκθλιψη τους για τη δημιουργία πάστας (με σφυριά, μυλόπετρες ή άλλους τρόπους), μεταφορά της πάστας και μάλαξη της για εξαγωγή των

ελαίων, μεταφορά για φυγοκέντριση δύο ή τριών φάσεων όπου διαχωρίζεται το ελαιόλαδο από το μείγμα νερού και στερεών συστατικών (πυρήνα κλπ.) για τις δύο φάσεις ή από το νερό και τα στερεά υπολείμματα ξεχωριστά για το σύστημα των τριών φάσεων. Τέλος, το ελαιόλαδο περνάει από κάποια φίλτρα για τον καθαρισμό αν αυτό απαιτείται.

Το ελαιόλαδο αποτελείται από γλυκερίδια στο 98% του βάρους του και το υπόλοιπο 2% από περισσότερες από 230 χημικές ενώσεις, όπως στερόλες, πτητικές ενώσεις, αλειφατικές και τριτερπενικές αλκοόλες, υδρογονάνθρακες και αντιοξειδωτικά (Servili et al. 2009).

1.4.1 Το Ελαιόλαδο στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα η μέση ετήσια παραγωγή ελαιόλαδου από το 2015 έως το 2018 είναι 280-300 χιλιάδες τόνοι ανά έτος. Αυτό αντιστοιχούσε στο 14% του παραγόμενου ελαιόλαδου της ΕΕ η οποία παρήγαγε το 69% της παγκόσμιας παραγωγής του (European Commission 2020). Αυτό την κάνει την 3^η μεγαλύτερη παραγωγό χώρα ελαιόλαδου παγκοσμίως πίσω από την Ισπανία και την Ιταλία.

Οι κυριότερες ελαιοποιήσιμες ποικιλίες ελιάς στην Ελλάδα είναι: η Κορωνέικη, η Λιανολιά, η Αδραμυτίμη και η Κουτσουρελιά, ενώ υπάρχουν και οι διπλής χρήσης: η Θρουμπολιά, η Κονσερβολιά, η Μεγαρίτικη και η Χαλκιδικής.

Οι μεσογειακές χώρες ως παραγωγοί του ελαιόλαδου είναι και οι καλύτεροι καταναλωτές με τους Έλληνες να έχουν την υψηλότερη κατά κεφαλή κατανάλωση ελαιόλαδού με 12,8 kg ανά άτομο το 2016 (European Commission 2020).

1.4.2 Εξαγωγές

Οι εξαγωγές είναι ένα πολύ σημαντικό κομμάτι για την Ελλάδα καθότι εξήγαγε κατά μέσο όρο 180 χιλιάδες τόνους ελαιόλαδο τις χρονιές 2016-2019 εκ των οποίων το 89% σε χώρες της ΕΕ, ενώ το υπόλοιπο εκτός ΕΕ. Άξιο επισήμανσης είναι ότι το 67% των συνολικών εξαγωγών ελαιόλαδου έγινε προς την Ιταλία η οποία συνολικά εισήγαγε 508 χιλιάδες τόνους και εξήγαγε 334 χιλιάδες τόνους κατά μέσο όρο τα παραπάνω έτη (European Commission 2020).

Βασικό πρόβλημα που παρατηρείται στην ελληνική επικράτεια είναι εξαγωγή ελαιόλαδου καλής ποιότητας, χύμα σε χαμηλές τιμές οι οποίες δεν αποφέρουν ένα

ικανοποιητικό εισόδημα στους καλλιεργητές και η έλλειψη κεντρικής κρατικής οργάνωσης σε αυτό το κομμάτι. Σε αυτό συντελεί και το χαμηλό ποσοστό τυποποίησης που φτάνει το 27% σε αντίθεση με άλλες χώρες όπως η Ισπανία και η Ιταλία με 50% και 80%, αντίστοιχα.

1.4.3 Σημασία

Αν αναλογιστεί κανείς ότι στην Ελλάδα η ελαιοκαλλιέργεια αποτελεί το 70% των δενδρωδών καλλιεργειών και συνολικά περίπου το 17% της καλλιεργούμενης γης μπορεί να καταλάβει ότι ένα μεγάλο μέρος του πληθυσμού ζει από την ενασχόληση του με αυτήν.

Επίσης σύμφωνα με την Eurostat το 2018 το ελληνικό ελαιόλαδο μόνο αποτελούσε το 7,9% του ακαθάριστου αγροτικού προϊόντος στην Ελλάδα, ενώ η αξία του έφτασε τα 860 εκατομμύρια ευρώ, ποσοστό δηλαδή της τάξεως του 19,95% της συνολικής αξία του ελαιόλαδου στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Παρόλο που η έκταση που καταλαμβάνει η καλλιέργεια της φαίνεται μεγάλη και πιθανώς δυσανάλογη με το εισόδημα που προκύπτει, πρέπει να γίνει κατανοητό ότι πολλές από αυτές τις εκτάσεις λόγω κλιματικών συνθηκών και ανάγλυφου πιθανώς να μην μπορούσαν να καλλιεργηθούν με κάτι άλλο, καθώς το συγκεκριμένο δέντρο μπορεί να αποδώσει ως ένα βαθμό ακόμα και σε ξηρικές καλλιέργειες και άγονα εδάφη.

Τέλος, πρέπει να συνεκτιμήσει κανείς ότι το ελαιόλαδο είναι ένα από τα κύρια συστατικά της μεσογειακής διατροφής και ιδιαίτερα της ελληνικής, το οποίο συνδέεται άρρηκτα με την ελληνική γαστρονομία και τον τουριστικό κλάδο μέσω του νέου ανερχόμενου μοντέλου τουρισμού, του γαστρονομικού τουρισμού.

1.4.4 Ποιότητα

Η ποιότητα του ελαιόλαδου σήμερα καθορίζεται από διάφορους παράγοντες οι οποίοι καθορίζονται την ΕΕ με τον κανονισμό ΚΑΝ ΕΕ 299/13 σε τροποποίηση του ΚΑΝ ΕΕ 2568/91 και φαίνονται στον Πίνακα 1.

Ο πιο συνηθισμένος δείκτης είναι η οξύτητα που ουσιαστικά μετράει την περιεκτικότητα του προϊόντος σε ελαϊκό οξύ (γραμμάρια ελεύθερου ελαϊκού οξέος ανά 100 γραμμάρια λιπαρής ύλης), ενώ μέσω του δείκτη ΔΚ που είναι συνδυασμός των Κ232 και Κ270 μπορούμε να καταλάβουμε αν το ελαιόλαδο είναι νοθευμένο.

Πίνακας 1. Απαιτούμενες τιμές δεικτών για τις διάφορες κατηγορίες ποιότητας ελαιόλαδου.

Κατηγορία	Οξύτητα (%)	Δείκτης Υπεροξειδίου (meq O₂/kg)	K232	K270	ΔΚ
Εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο	≤0,8	≤20	≤2,50	≤0,22	≤0,01
Παρθένο ελαιόλαδο	≤2,0	≤20	≤2,60	≤0,25	≤0,01
Λαμπάντε παρθένο ελαιόλαδο	>2,0	-	-	-	-
Εξευγενισμένο ελαιόλαδο	≤0,3	≤5	-	≤1,10	≤0,16
Ελαιόλαδο-αποτελούμενο από εξευγενισμένα ελαιόλαδα και παρθένα ελαιόλαδα	≤1,0	≤15	-	≤0,90	≤0,15
Εξευγενισμένο πυρηνέλαιο	≤0,3	≤5	-	≤2,00	≤0,20
Πυρηνέλαιο	≤1,0	≤15	-	≤1,70	≤0,18

Άξιο αναφοράς είναι ότι, χρησιμοποιώντας ως κριτήριο τους παραπάνω δείκτες, η Ελλάδα κατατάσσεται πρώτη στον κόσμο, καθώς σύμφωνα με στοιχεία του Συνδέσμου Ελληνικών Βιομηχανιών Τυποποίησης Ελαιόλαδου (Σ.Ε.ΒΙ.Τ.ΕΛ.), πάνω από το 70% της Ελληνικής παραγωγής ελαιόλαδου είναι εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο (Prosodol 2011).

Παρόλα αυτά ενώ αυτοί οι δείκτες μπορούν να μας δώσουν αρκετές πληροφορίες για την ποιότητα του ελαιόλαδου, δεν μπορούν να μας δώσουν περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του ούτε για το αν το ελαιόλαδο έχει αρχίσει να ταγγίζει το οποίο στη συνέχεια επιταχύνεται καθιστώντας το ελαιόλαδο μη αρεστό στους καταναλωτές. Αυτό πλέον γίνεται με ελέγχους σε διάφορα ιδιωτικά και μη εργαστήρια όπου το δείγμα περνά από ένα πάνελ εμπειρών γευσιγνωστών όπου καθορίζουν τα οργανοληπτικά του χαρακτηριστικά.

Με το ενδιαφέρον των ανθρώπων πλέον να έχει μετατοπιστεί στη διατροφή και στην υγεία τους μέσω αυτής, αρκετό ενδιαφέρον παρουσιάζουν μετρήσεις που δείχνουν την περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες (ελαιοκανθάλη, ελαιασίνη, κ.ά.) που παρουσιάζουν ισχυρή βιολογική δράση. Αυτές οι ουσίες βρίσκονται σε μεγαλύτερες ποσότητες στους άωρους πράσινους καρπούς και έτσι πλέον έχει εδραιωθεί και το έξτρα παρθένο ελαιόλαδο πρώιμης συγκομιδής (αγουρέλαιο) σαν ένα σταθερά ανοδικό προϊόν. Όταν

η συγκέντρωση αυτών των ουσιών ξεπερνά τα 250 ppm τότε το ελαιόλαδο μπορεί να πάρει ισχυρισμό υγείας και να χρησιμοποιείται ως παραφαρμακευτικό προϊόν.

Οι παραπάνω δείκτες ποιότητας ενός ελαιόλαδου επηρεάζονται από διάφορους παράγοντες που επιδρούν από την έναρξη σχηματισμού του ως την παραγωγή του και την αποθήκευση του. Μερικά παραδείγματα αυτών είναι:

- Η ηλιοφάνεια: Έχει παρατηρηθεί ότι αυξάνει τα αρωματικά συστατικά του ελαιόλαδου.
- Προσβολές από εχθρούς: Ο δάκος με τις στοές των προνυμφών του προκαλεί δευτερογενείς προσβολές και οξείδωση των καρπών και των ελαίων τους.
- Προσβολές από ασθένειες: Το γλοιοσπόριο προκαλεί τάγγισμα.
- Στάδιο συγκομιδής: Υπερώριμες ελιές έχουν υψηλότερο βαθμό οξύτητας και λιγότερα αρώματα.
- Θερμοκρασία επεξεργασίας: Σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 25 °C έχουμε απώλεια αρωματικών ενώσεων.
- Αποθήκευση: Φως, υψηλή θερμοκρασία και παρουσία αέρα οδηγούν σε οξείδωση του ελαιόλαδου και υποβάθμιση του.

1.4.5 Στόχος

Δεδομένου ότι το ελαιόλαδο είναι ένας σημαντικός πόρος εσόδων για τους καλλιεργητές και ότι τα έσοδα επηρεάζονται τόσο από την παραγόμενη ποσότητα ανά στρέμμα όσο και από τα ποιοτικά του χαρακτηριστικά, στόχος είναι η βελτίωση της ποιότητας που θεωρείται μία οικονομική διέξοδος. Έτσι μέσω της μελέτης αυτής θα προσπαθήσουμε να ερευνήσουμε αν μέσω της χρήσης του ζεόλιθου μπορούμε να περιορίσουμε τις αλλοιώσεις στην ποιότητα του ελαιόλαδου που προκύπτει από την προσβολή του δάκου ώστε να παραχθεί ένα προϊόν υψηλότερης εμπορικής αξίας που είναι ταυτόχρονα πιο φιλικό προς το περιβάλλον.

1.5 Καλλιέργεια Ελιάς

Η ελιά, όπως προαναφέρθηκε, καλλιεργείται στις εύκρατες περιοχές της γης με άριστες θερμοκρασίες αυτές μεταξύ 15 και 20 °C. Είναι γενικότερα φυτό ανθεκτικό στην ξηρασία και μπορεί να καρποφορήσει ακόμα και με 200 mm ετήσιας βροχόπτωσης αρκεί τα εδάφη να έχουν μεγάλη υδατοχωρητικότητα. Το εδάφη που

προτιμάει είναι μετρίως όξινα ή αλκαλικά και μέσης σύστασης. Επίσης αναπτύσσεται ικανοποιητικά σε εδάφη σχετικά πλούσια σε ασβέστιο και βόριο (Ποντίκης 2000), ενώ παρουσιάζει ανοχή στην αλατότητα. Συνήθως η φύτευση γίνεται σε ισοϋψείς καμπύλες ή κατά γραμμές ανάλογα με την κλίση των εδαφών και η πυκνότητα φύτευσης ποικίλει ανάλογα με τον τρόπο καλλιέργειας από 15 δέντρα/στρέμμα στις παραδοσιακές φυτεύσεις, όπου έχουμε 1-1,5 m κορμού πριν την έκπτυξη των βραχιόνων, έως 40 δέντρα/στρέμμα σε διαμόρφωση χαμηλού κυπέλλου, μέχρι και >150 δέντρα/στρέμμα στις υπέρπυκνες καλλιέργειες στις οποίες η πλειονότητα των καλλιεργητικών πρακτικών γίνονται μηχανικά.

Σημαντικός παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψιν είναι η επιλογή των κατάλληλων ποικιλιών ώστε να ταιριάζουν στις εδαφοκλιματικές συνθήκες της περιοχής και να παρουσιάζουν αντοχή στους πιο κοινούς εχθρούς και ασθένειες της περιοχής εάν αυτό είναι εφικτό.

Τέλος μεγάλη σημασία παρουσιάζει το γεγονός ότι η ελιά σαν είδος έχει την τάση να παρουσιάζει ακαρπία κάθε δεύτερη χρονιά, το φαινόμενο της παρενιαυτοφορίας, και οι τρόποι που μπορούμε να την περιορίσουμε είναι με το σωστές πρακτικές στο κλάδεμα, την άρδευση και τη λίπανση. Εξαιτίας της μεγάλης σημασίας τους αυτοί οι παράγοντες παρουσιάζονται παρακάτω πιο αναλυτικά.

1.5.1 Κλάδεμα

Ο κύριος στόχος του κλαδέματος είναι να εξασφαλίσει μια ισορροπία μεταξύ βλάστησης και καρποφορίας ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη παραγωγικότητα κάθε χρονιά. Το κλάδεμα μπορεί να γίνεται είτε χειρωνακτικά είτε μηχανικά. Η πλέον διαδεδομένη μέθοδος είναι η χειρωνακτική, αλλά πλέον χώρο έχει αρχίσει να κερδίζει και η μηχανική μέθοδος με μεγαλύτερη χρήση της στις υπέρπυκνες καλλιέργειες.

Το κλάδεμα καρποφορίας εφαρμόζεται είτε κάθε χρόνο είτε κάθε δεύτερη χρονιά από εκεί και πέρα και σκοπό έχει να διατηρήσει σταθερό το ύψος του δέντρου και την ποιότητα παραγωγής του. Το κλάδεμα καρποφορίας γίνεται είτε μετά τη συγκομιδή νωρίς τον χειμώνα είτε νωρίς την άνοιξη πριν την έκπτυξη των βλαστών και γενικότερα συστήνεται η ένταση του κλαδέματος να είναι μέτρια και να γίνεται κάθε χρονιά με διακυμάνσεις μεταξύ των ετών που περιμένουμε μικρή παραγωγή. Έτσι την χρονιά που περιμένουμε πλήρη παραγωγή προτιμάται λίγο μεγαλύτερη ένταση στο κλάδεμα με σκοπό την σχετικά μικρότερη καρποφορία για να υπάρχουν αρκετοί πόροι στο δέντρο

ώστε να σχηματιστούν νέοι καρποφόροι βλαστοί, ταυτόχρονα με την τροφοδοσία των καρπών που βρίσκονται στο δέντρο, για την επόμενη χρονιά. Την χρονιά της παρενιαντοφορίας το κλάδεμα θα πρέπει να είναι μικρότερης εντάσεως, καθώς το δέντρο θα μπορεί να ανταπεξέλθει στις ανάγκες καρποφορίας και δημιουργίας νέων βλαστών.

Σημαντικό είναι κατά το κλάδεμα να προσπαθούμε να αυξήσουμε την επιφάνεια που έχουμε απευθείας πρόσπτωση φωτός στα φύλλα, καθώς αυτοί οι κλάδοι θα έχουν καλύτερη καρποφορία. Έτσι αρχικά αφαιρούμε τους άρρωστους και έντονα καρποφορήσαντες κλάδους (συνήθως βρίσκονται στο κάτω μέρος της κόμης), στη συνέχεια τους αχρειαστούς για αντικατάσταση, και τέλος θα ελαφρύνουμε τις πολύ φορτωμένες κορυφές και ποδιές.

Τελικά, το σωστό κλάδεμα εκτός από το να καθορίζει κατά μεγάλο ποσοστό τον τρόπο καρποφορίας και την ποιότητα των καρπών, μπορεί να μειώσει τις προσβολές από διάφορους εχθρούς και ασθένειες, καθώς ένα ευάερο και ευήλιο περιβάλλον στο εσωτερικό του ελαιόδεντρου δρα θετικά εναντίον τους.

1.5.2 Άρδευση και Ξηρικές Καλλιέργειες

Είναι κοινώς αποδεκτό ότι η ελιά είναι ένα δέντρο με αντοχή στην ξηρασία αλλά επίσης αποδεκτό είναι ότι με επάρκεια νερού το δέντρο μπορεί να παράξει μεγαλύτερη ποσότητα καρπών και με καλύτερη ποιότητα.

Εκτός από το 5% του νερού που απαιτείται για τις φυσιολογικές λειτουργίες του φυτού, το μεγαλύτερο μέρος του νερού χρησιμοποιείται για την διαπνοή του (Θεριός 2005). Οι ετήσιες ανάγκες ενός ελαιόδεντρου φτάνουν τις 450-600 mm τον χρόνο το οποίο καλύπτεται σε αρκετές περιοχές της Ελλάδος, όμως η ανισοκατανομή του κατά τη διάρκεια του έτους και ειδικά η ξηρασία κατά τους θερινούς μήνες κάνουν την καλλιέργεια του προβληματική. Το πρόβλημα αυτό εντείνεται από το γεγονός ότι η ξηρασία συμπίπτει με τις αυξημένες ανάγκες σε θρεπτικά και νερό από το ελαιόδέντρο, καθότι κύρια τότε καρποφορεί.

Μία λύση είναι η άρδευση των ελαιώνων, κάτι που δεν είναι εφικτό όμως σε πολλούς, καθότι είτε δεν υπάρχει πρόσβαση σε αρδευτικό δίκτυο είτε υπάρχει περιορισμένο διαθέσιμο νερό σε αυτές τις περιοχές τη θερινή περίοδο. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι έτσι και αλλιώς πολλοί από τους ελαιώνες φυτεύτηκαν σε δυσπρόσιτα σημεία και

σημεία που η βροχόπτωση δεν ήταν αρκετή για άλλες καλλιέργειες και επομένως δεν υπήρχαν εναλλακτικές επιλογές.

Έτσι οι ξηρικές καλλιέργειες ελαιώνων είναι μία πραγματικότητα με την οποία βρισκόμαστε αντιμέτωποι και πρέπει να βρούμε λύσεις. Επομένως αρχικά χρήσιμο θα ήταν να αναφερθεί η ποσότητα νερού που χρειάζεται στα διάφορα βλαστικά στάδια και φαίνεται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2. Απαιτούμενη ποσότητα βροχής στα διάφορα βλαστικά στάδια (Θεριός 2005).

Βλαστικό Στάδιο	Ποσότητα βροχής (mm)
Λήθαργος	100 - 120
Έναρξη βλάστησης	80 - 100
Διαφοροποίηση οφθαλμών	40 - 80
Άνθηση	20 - 40
Καρπόδεση	60 - 80
Αύξηση καρπού	60 - 80
Ωρίμανση	100 - 120
Σύνολο	460 - 620

Όπως φαίνεται το μεγαλύτερο μέρος του νερού που απαιτείται είναι στα στάδια του λήθαργου, της έναρξης της βλάστησης, και στην ωρίμανση. Συνήθως αυτές οι απαιτήσεις μπορούν να καλυφθούν από την βροχή, καθώς συμπίπτουν με εποχές στις οποίες υπάρχουν βροχοπτώσεις. Το εντονότερο πρόβλημα εμφανίζεται στην εποχή της καρπόδεσης και της αύξησης τους καρπού στις ξηρικές καλλιέργειες το οποίο συμβαίνει κατά κύριο λόγο την θερινή περίοδο.

Με γνώμονα αυτό οι καλλιεργητές ξηρικών ελαιώνων θα πρέπει να εστιάσουν σε κατάλληλες γεωργικές πρακτικές για τη μείωση των αναγκών νερού (κλάδεμα), την αποθήκευση του βρόχινου νερού στο έδαφος για όσο μεγαλύτερο διάστημα γίνεται, και στη μείωση των απωλειών του από διάφορους παράγοντες ώστε να παρατείνουν την περίοδο με διαθέσιμο νερό για τα δέντρα όσο περισσότερο γίνεται μειώνοντας την καταπόνηση τους με σκοπό την καλύτερη ποιότητα καρπών και τη μείωση της παρεννιαυτοφορίας.

Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι η έλλειψη νερού κατά τη διάρκεια της καρποφορίας οδηγεί συνήθως σε μικρότερους καρπούς, και επομένως οι ξηρικές καλλιέργειες κυρίως αποσκοπούν στην παραγωγή ελαιόλαδου.

1.5.3 Ζιζάνια και Μείωση Απωλειών Υγρασίας

Τα ζιζάνια που βρίσκονται σε ένα ελαιώνα μπορεί να είναι ετήσια η πολυετή. Τα μεγαλύτερα προβλήματα που προκαλούν είναι η χρήση των υδατικών αποθεμάτων ιδιαίτερα τις ξηρές περιόδους, που είναι αρκετά σημαντικό πρόβλημα στις ξηρικές καλλιέργειες, η απορρόφηση θρεπτικών συστατικών και ότι μπορεί να αποτελούν ξενιστές για διάφορα έντομα και αρρώστιες. Τα προβλήματα αυτά είναι πιο έντονα σε νέες φυτεύσεις ελιάς.

Στη λεκάνη της Μεσογείου ο έλεγχος των ζιζανίων γίνεται κατά κύριο λόγο με μηχανικό όργωμα ή χρήση ζιζανιοκτόνων (Metzidakis et al. 2012). Επίσης το όργωμα παράλληλα με τις κατακόρυφες γραμμές του επικλινούς αγρού είναι μία συνηθισμένη μέθοδος στην Ελλάδα (Gerontidis et al. 2001), ενώ στην Ισπανία περίπου το 50% των ελαιώνων οργώνεται για να μειώσει τον ανταγωνισμό σε νερό και θρεπτικά των δέντρων (Sastre et al. 2016). Οι παραπάνω μέθοδοι οδηγούν σε μεγάλο βαθμό στην απογύμνωση του εδάφους το οποίο είναι ευπαθές σε διάβρωση και στη χειρότερη συγκράτηση υδατικών αποθεμάτων. Παρόμοια αποτελέσματα προκαλεί και η χρήση ζιζανιοκτόνων, ενώ προκαλεί και μείωση της βιοποικιλότητας.

Μία μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι η περιορισμένη εδαφοκατεργασία που σκοπό έχει να επεμβαίνει ελάχιστες φορές στο έδαφος. Σε αυτή επιτρέπεται η χρήση εργαλείων που ανακατεύουν το έδαφος σε μικρό βάθος, περιορισμένες φορές το έτος. Μελέτες έδειξαν αυτές οι πρακτικές επιδρούν θετικά στη συσσώματωση του εδάφους και στη σταθεροποίηση του οργανικού άνθρακα στο έδαφος (Sheehy et al. 2015, Kabiri et al. 2015). Η συγκεκριμένη μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί με την ταυτόχρονη χρήση χλωρής λίπανσης για περαιτέρω εμπλουτισμό του εδάφους με θρεπτικά συστατικά και μείωση του αριθμού των ζιζανίων.

Μία άλλη μέθοδος που πλέον χρησιμοποιείται είναι η ακαλλιέργεια που στόχο έχει να αφήνει το έδαφος ακατέργαστο. Σε αυτή τη μέθοδο πρέπει να γίνονται χορτοκοπές ιδιαίτερα κατά την περίοδο όταν αρχίζουν να μειώνονται τα αποθέματα νερού από το έδαφος. Μελέτες έχουν δείξει ότι η συγκεκριμένη μέθοδος μεταξύ των πολλών θετικών επιδράσεων που έχει βελτιώνει και τη διείσδυση νερού στο έδαφος (Franzluebbbers 2002) και βελτιώνει την υγρασία στο πάνω στρώμα εδάφους (Jin et al. 2011).

Τέλος ,και οι δυο παραπάνω μέθοδοι σε συνδυασμό με τη μειωμένη χρήση χημικών λιπασμάτων ή με την χρήση υπολειμμάτων ελιάς, είχαν σαν αποτέλεσμα μειωμένη

διάβρωση του εδάφους και βελτίωση της ποιότητας του εδάφους (Montes-Borrego et al. 2013, Fernández-Romero et al. 2016).

1.5.4 Λίπανση

Σκοπός της λίπανσης είναι να εφοδιάσει το ελαιόδεντρο με θρεπτικά συστατικά ώστε να είναι παραγωγικό και ζωηρό. Μία καλή πρακτική είναι η εξισορρόπηση των εκροών και των εκροών, δηλαδή ο εφοδιασμός των δέντρων με τα μακροστοιχεία (N, P, K, Ca, Mg) και τα μικροστοιχεία (Cu, Zn, Fe, Mn, B) που αφαιρέθηκαν από τη συγκομιδή και πιθανώς από κάποιες καλλιεργητικές πρακτικές. Στον Πίνακα 3 φαίνονται κάποια από αυτά.

Πίνακας 3. Τα αφαιρούμενα λιπαντικά στοιχεία (N, P, K Ca) από το έδαφος των ελαιώνων για παραγωγή 100 kg καρπών, 50 kg φύλλων και 50 kg ξύλου νωπό βάρος (Θερίος 2005).

Λιπαντικά Στοιχεία	Ανά 100 kg καρπών	Ανά 50 kg φύλλων	Ανά 50 kg ξύλου
N	0,500	0,500	0,380
P	0,120	0,120	0,150
K	0,950	0,280	0,195
Ca	0,960	0,500	0,300

Μερικοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψιν είναι οι φυσικές ιδιότητες του εδάφους (σύσταση, διαπερατότητα, κ.ά.), η περιεκτικότητα του σε θρεπτικά στοιχεία, το ύψος νερού ετήσιας βροχόπτωσης και άρδευσης, και η περιεκτικότητα των φυτών μας σε θρεπτικά συστατικά. Τα παραπάνω μετρούνται με ανάλυση εδάφους, καταγραφή των βροχομετρικών στοιχείων και φυλλοδιαγνωστική, η οποία πρέπει να γίνεται τον χειμώνα.

Στην συνέχεια αναλύονται τα σημαντικότερα θρεπτικά στοιχεία για την ελιά και η χρησιμότητα τους:

- Άζωτο (N): Ένα από τα σημαντικότερα μακροστοιχεία καθώς αποτελεί δομικό στοιχείο των αμινοξέων, πρωτεϊνών, της χλωροφύλλης, κ.ά. Έχει μεγάλη επίδραση στη βλάστηση και καρποφορία των δέντρων, μειώνει την παρениαντοφορία, ενώ αυξάνει το ποσοστό των τέλειων ανθέων. Στους ξηρικούς ελαιώνες γίνεται εφαρμογή σαν βασική λίπανση τον χειμώνα, ενώ στους ποτιστικούς σε δόσεις. Παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψιν είναι η βροχόπτωση, καθώς σε μικρότερο από 400 mm ύψος βροχής υπολογίζουμε 100

g N ανά δέντρο ανά 100 mm βροχής, ενώ για μεγαλύτερο από 700 mm ύψος φτάνει μέχρι 150 g N ανά δέντρο ανά 100 mm βροχής (Θεριός 2005).

- Φώσφορος (P): Είναι συστατικό των ενώσεων υψηλής ενέργειας (ATP, ADP, NADP), νουκλεϊκών οξέων και φωσφολιπιδίων. Συμβάλει στην αύξηση της ρίζας και σε διάφορες βιοχημικές αντιδράσεις μεταβολισμού. Συνήθως δεν παρατηρείται τροφοπενία του στην Ελλάδα και χορηγείται στο 1/3 του χορηγούμενου N για συντήρηση.
- Κάλιο (K): Ίσως το πιο σημαντικό μακροστοιχείο, καθώς διαδραματίζει σημαντικό ρόλο σε πλειάδα διεργασιών όπως στον μεταβολισμό υδατανθράκων και N, στη σύνθεση πρωτεϊνών, στην ενεργοποίηση ενζύμων, στη ρύθμιση ανοίγματος των στοματιών, στη φωτοσύνθεση και την αναπνοή, στην ποιότητα των καρπών και στην αντοχή των φυτών στις ασθένειες. Συνήθως χορηγείται σαν βασική λίπανση το φθινόπωρο κάτω από την κόμη με ενσωμάτωση του. Η απαραίτητη ποσότητα διαφέρει μεταξύ ξηρικών και αρδευτικών ελαιώνων από 0,8-1 kg/δέντρο σε 1-1,5 kg/δέντρο, αντίστοιχα (Θεριός 2005).
- Ασβέστιο (Ca): Σημαντικό στοιχείο για τη λειτουργία των μεμβρανών, ενώ ταυτόχρονα δρα ως ρυθμιστικός παράγοντας στο έδαφος ως προς την οξύτητα, την αλκαλικότητα και την υφή του. Συνήθως υπάρχει σε επάρκεια στα περισσότερα εδάφη στην Ελλάδα, ενώ σε περίπτωση έλλειψης ενσωματώνονται 200 έως 1000 kg κονιοποιημένου ασβεστόλιθου ανά στρέμμα το φθινόπωρο.
- Μαγνήσιο (Mg): Σπάνια παρατηρείται έλλειψη του, η οποία αναγνωρίζεται από χλώρωση στα πρώτα φύλλα της βάσης ετήσιων βλαστών που επεκτείνεται τον χειμώνα στα νεότερα και τελικά οδηγεί σε πρόωρη φυλλόπτωση (Θεριός 2005).
- Βόριο (B): Σημαντικότερο ιχνοστοιχείο το οποίο υπάρχει σε έλλειψη σε πολλές ελαιοκομικές περιοχές της χώρας. Η τροφοπενία του οδηγεί σε ύπαρξη πολλών ξηρών κλαδίσκων που έχουν τη μορφή «σκούπας», χλώρωση του κορυφαίου τμήματος των φύλλων, καθυστέρηση της έναρξης της βλάστησης την άνοιξη, μείωση της διαφοροποίησης των ανθοφόρων οφθαλμών, καρπόπτωση το καλοκαίρι και παραμόρφωση των καρπών. Αντιμετώπιση της γίνεται με προσθήκη βόρακα ή βορικού οξέος σε δόση περίπου 200 g ανά δέντρο ανά διετία πριν από την περίοδο των βροχοπτώσεων.

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω μία αναλογία 3:1:4 για τα N, P, K είναι η σωστή λίπανση για την ελιά αλλά πάντα θα πρέπει να καθορίζεται με βάση και πολλά ακόμη στοιχεία. Η λίπανση συνήθως είναι βασική αργά το φθινόπωρο ή νωρίς το χειμώνα για όλα τα στοιχεία σε περιοχές με χαμηλό σχετικά ύψος χειμερινής βροχόπτωσης, και το 1/3 του N εφόσον είναι δυνατή η εφαρμογή του να γίνεται αργότερα την άνοιξη. Μέριμνα θα πρέπει να υπάρξει ώστε οι ποσότητες να μην είναι παραπάνω από τις απαιτούμενες, καθότι πέρα από το χρηματικό κόστος θα μπορούσε να οδηγήσει σε ρύπανση του υδροφόρου ορίζοντα.

1.5.5 Στόχος

Όπως φαίνεται για την καλλιέργεια των ελαιώνων και για τον περιορισμό της παρεννιατοφορίας σημαντικό ρόλο παρουσιάζει τόσο η επάρκεια σε νερό κατά τις κρίσιμες περιόδους, όσο και η ύπαρξη των απαραίτητων θρεπτικών καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Έτσι είναι αναγκαίο να μελετηθούν φυσικές μέθοδοι όπως η εφαρμογή ζεόλιθου στο έδαφος με σκοπό τη συγκράτηση και τροφοδοσία της υγρασίας και των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους στα ελαιόδεντρα κατά την περίοδο έλλειψης τους.

1.6 Θερμική Καταπόνηση

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η ελιά καρποφορεί σε περιοχές που κατά κύριο λόγο έχουν ζεστά καλοκαίρια κατά την περίοδο των οποίων φέρει τους καρπούς της και άρα έχει αυξημένες υδατικές και θρεπτικές ανάγκες. Έτσι είναι ευάλωτη σε θερμικές καταπονήσεις οι οποίες εντείνονται στις ξηρικές καλλιέργειες. Βέβαια για να έχουμε μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα του τί συμβαίνει στο ελαιόδεντρο θα πρέπει να εμβαθύνουμε στη φυσιολογία της ελιάς πριν αναλύσουμε πιθανούς τρόπους αντιμετώπισης της.

1.6.1 Φυσιολογία Ριζών

Η ελιά έχει παρατηρηθεί τόσο εμπειρικά όσο και πειραματικά ότι είναι ένα δέντρο ανθεκτικό στην ξηρασία. Υπάρχει θετική συσχέτιση της ξηρασίας με το μέγεθος του ριζικού συστήματος της ελιάς (Θερίος 2005). Η ρίζα της ελιάς τα πρώτα έτη της ζωής της ασχέτως αν προέρχεται από σπόρο ή μόσχευμα αναπτύσσεται κάθετα, ενώ

αργότερα αντικαθίσταται από ένα θυσανώδες ριζικό σύστημα (Ποντίκης 2000), το οποίο αναπτύσσεται συνήθως σε βάθος 50-70 cm.

Φυσικά υπάρχουν διαφοροποιήσεις στο πώς αναπτύσσεται το ριζικό σύστημα ανάλογα με τη σύσταση του εδάφους και έτσι στα βαριά αργιλώδη εδάφη αναπτύσσεται επιφανειακά, ενώ στο αμμώδη αναπτύσσεται τόσο σε βάθος όσο και σε έκταση. Στα πηλώδη εδάφη μέσης σύστασης το ριζικό σύστημα αναπτύσσεται κάπου στο ενδιάμεσο. Σημαντικό ρόλο διαδραματίζει και ο τρόπος καλλιέργειας. Σε ξηρικές καλλιέργειες ελιάς έχει βρεθεί δυόμιση φορές μεγαλύτερο μήκος ριζών σε σχέση με αρδευόμενες με απώτερο σκοπό την εύρεση νερού (Θεριός 2005). Έχουν βρεθεί ελαιόδεντρα στην περιοχή Sfax της Τυνησίας, όπου η βροχόπτωση είναι 200 mm, με ριζικό σύστημα πλάτους 12 μέτρων και βάθους 6 μέτρων (Ποντίκης 2000).

Τέλος πρέπει να σημειωθεί ότι όσο μεγαλύτερο είναι σε μέγεθος το ριζικό σύστημα της ελιάς τόσο καλύτερη πρόσβαση έχει σε θρεπτικά συστατικά που βρίσκονται προσβάσιμα στο έδαφος, δεδομένου ότι υπάρχει η απαραίτητη υγρασία για να δημιουργηθεί το σωστή διαφορά υδατικού δυναμικού μεταξύ δέντρου και εδάφους ώστε να τα προσλάβει. Επομένως ένα ελαιόδεντρο με ένα σωστά ανεπτυγμένο ριζικό σύστημα, σε ένα έδαφος που έχει διαθέσιμα θρεπτικά συστατικά τα οποία μπορεί να συγκρατήσει και έχει και ένα ικανοποιητικό ύψος βροχής ή ικανοποιητική άρδευση θα μπορέσει να έχει καλή βλαστική ανάπτυξη και παραγωγή.

1.6.2 Φυσιολογία Ανάπτυξης Κόμης και Βλαστών

Η κόμη της ελιάς δεδομένου ότι είναι ένα αειθαλές δέντρο θα μπορούσε να βρίσκεται συνεχώς σε ανάπτυξη. Βέβαια ο ετήσιος βλαστικός κύκλος που έχει παρατηρηθεί είναι ο εξής: Αρχικά υπάρχει η φθινοπωρινή βλάστηση (μικρής έντασης), επόμενος είναι ο χειμερινός λήθαργος (αναστολή αύξησης), στην συνέχεια ακολουθεί η εαρινοποίηση (επίδραση χειμερινού ψύχους), η διαφοροποίηση οφθαλμών από τα μέσα του χειμώνα, η ανθοφορία, η νέα ανοιξιάτικη βλάστηση (μεγαλύτερης έντασης), η αρχική ανάπτυξη του καρπού, η σκλήρυνση του πυρήνα και τέλος η καλοκαιρινή διάπαυση (αναστολή βλάστησης) (Jimenez 1969). Επομένως υπάρχουν δύο περίοδοι βλάστησης η φθινοπωρινή και η ανοιξιάτικη, ενώ υπό συνθήκες (παρενιαυτοφορία-ακαρπία) ίσως υπάρξει και μία καλοκαιρινή περίοδο βλάστησης συνήθως ασθενική.

Η ένταση βλάστησης αυτών των περιόδων επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες εκ των οποίων οι πιο σημαντικοί είναι η θερμοκρασία, η διαθέσιμη εδαφική υγρασία και

η επάρκεια σε θρεπτικά συστατικά (Schroeder και Rizi 1967). Φαίνεται ότι η χειμερινή βλάστηση αναστέλλεται από τις χαμηλές θερμοκρασίες, ενώ η καλοκαιρινή από την έλλειψη υγρασίας.

Τέλος, πολύ βασικό είναι το γεγονός ότι παρατηρείται ενδογενής ανταγωνισμός για τα θρεπτικά στοιχεία μεταξύ των αυξανόμενων φυτικών οργάνων (Bollard 1970), το οποίο στην ελιά παρατηρείται μεταξύ βλαστικής και αναπαραγωγικής ανάπτυξης οι οποίες συμπίπτουν χρονικά. Όταν αυτό συμβαίνει, το δέντρο δίνει προτεραιότητα στην αναπαραγωγική ανάπτυξη με φυσικό αποτέλεσμα την αναστολή της βλαστικής αύξησης.

1.6.3 Φυσιολογία Φύλλου

Εκτός από τα γνωρίσματα που έχουν αναφερθεί παραπάνω για την ελιά, είναι και υποτροπικό δέντρο, με φυσικό αποτέλεσμα τα φύλλα της (και όχι μόνο) να είναι προσαρμοσμένα στις συνθήκες που επικρατούν σε τέτοιες περιοχές, δηλαδή την περιορισμένη διαθεσιμότητα νερού. Έτσι τα φύλλα της είναι επιμήκη και μικρά (5-6 cm μήκος και 1-1,5 cm πλάτος), έχουν τρίχες και στις δύο πλευρές (περισσότερες στην κάτω πλευρά που τους δίνει το χαρακτηριστικό ασημίζων χρώμα), είναι καλυμμένα με κηρούς (στην κάτω επιφάνεια περισσότερο), και τα στομάτια βρίσκονται μόνο στην κάτω πλευρά του φύλλου. Τα στομάτια αυτά σε συγκεκριμένες ποικιλίες όπως η 'Μαστοειδής' και η 'Κορωνέικη', είναι μικρά (μήκος x πλάτος= 25 x 20 μm) με άνοιγμα 11 x 5 μm και βρίσκονται σε πυκνότητα 400 με 800 mm^{-2} (Bosabalidis and Kofidis 2002).

Η εσωτερική δομή του φύλλου είναι τυπική των σκληρόφυλλων της μεσογειακής χλωρίδας με μεγάλη συνεκτικότητα και εξηγεί, σύμφωνα με τους Bonghi et al. (1987a) και Mariscal et al. (2000), το μεγάλο ειδικό βάρος (EB) και τη χαμηλή διαπερατότητα σε ανακλώμενη φωτοσυνθετικά ενεργό ακτινοβολία (ΦΕΑ) (<0,01%). Πιο συγκεκριμένα, βρίσκουμε δρυφρακτοειδές παρέγχυμα τόσο στην πάνω επιδερμίδα αποτελούμενο από τρεις συμπαγείς στρώσεις επιμηκυσμένων κυττάρων διακοπτόμενων από αγγειώδεις δεσμίδες όσο και στην κάτω αποτελούμενο από μία στρώση σχετικά επιμηκυσμένων κυττάρων (Chartzoulakis et al. 1999, Bacelar et al. 2004), ενώ στο εσωτερικό τους σπογγώδες παρέγχυμα που περιέχει μεγάλους μεσοκυττάρους χώρους, μεμονωμένες ή ομάδες σκληρεΐδων και αγγειώδεις δεσμίδες (Chartzoulakis et al. 1999).

1.6.3.1 Λειτουργίες Φύλλου

1.6.3.1.1 Φωτοσύνθεση

Αδιαμφισβήτητα η φωτοσύνθεση είναι η πιο σπουδαία χημική αντίδραση η οποία αρχικά τροφοδοτεί τα φυτά με ενέργεια, και αυτά στη συνέχεια συντηρούν την τροφική αλυσίδα και τη ζωή γενικότερα. Οι φυτικοί οργανισμοί μέσω της φωτοσύνθεσης παράγουν την απαιτούμενη χημική ενέργεια με χρήση της ηλιακής ακτινοβολίας με την ταυτόχρονη χρήση διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και νερού (H₂O) που αντλούν από το περιβάλλον. Η χημική εξίσωση που την περιγράφει είναι η εξής:



Απαραίτητα για να λειτουργήσει η παραπάνω αντίδραση είναι το CO₂, το H₂O, το φως και η απορρόφηση τους. Έτσι το CO₂ απορροφάται από τον περιβάλλοντα αέρα μέσω των στοματίων, το H₂O από το έδαφος μέσω του ριζικού συστήματος και το φως που μεταφέρει την ηλιακή ενέργεια (κατά τη διάρκεια της ημέρας) απορροφάται κυρίως από τις χλωροφύλλες (a και b), που κυρίως συναντώνται στα πράσινα μέρη του φυτού, αλλά και άλλες χρωστικές όπως τα καροτενοειδή και τις φυκοβιλίνες. Στην ελιά η χλωροφύλλη a είναι 2,5 έως 3 φορές περισσότερη ποσοτικά από την χλωροφύλλη b (Λόλας 2007). Συναντάται σε μεγαλύτερη αναλογία σε σχέση με την b στα φύλλα που βρίσκονται στην εξωτερική επιφάνεια της κόμης συγκρινόμενη με τα φύλλα που βρίσκονται στα κάτω στρώματα της κόμης, όπου η αναλογία είναι μικρότερη.

Φυσικά τα προϊόντα της φωτοσύνθεσης θα χρησιμεύσουν τόσο για τη βλαστική ανάπτυξη του ελαιόδεντρου όσο και για τη διατήρηση και ανάπτυξη των καρπών του, και άρα συνδέονται άρρηκτα με την ευρωστία και παραγωγικότητα της καλλιέργειας.

Η φωτοσύνθεση είναι μια λειτουργία που επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, εκ των οποίων κάποιοι καθορίζονται από το ίδιο το φυτό, ενώ άλλοι από τις εξωτερικές συνθήκες. Αυτοί είναι οι εξής:

- Το φως: η ελιά ενώ ευδοκimeί σε χώρες με υψηλό ηλιακό φως έχει μέτρια ακτινοβολία κορεσμού με αποτέλεσμα, ενώ σε χαμηλές εντάσεις φωτός η αύξηση της έντασης να οδηγεί σε ανάλογη αύξηση του ρυθμού της φωτοσύνθεσης, στη συνέχεια περαιτέρω αύξηση της έντασης φωτός οδηγεί σε φωτοκορεσμό με αποτέλεσμα τη σταθεροποίηση του ρυθμού φωτοσύνθεσης.

Για μεμονωμένα φύλλα ελιάς η τάξη μεγέθους για το σημείο φωτοκορεσμού είναι $800 - 1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Higgins et al. 1992).

- Η θερμοκρασία: ακριβώς όπως και παραπάνω έχουμε αύξηση του ρυθμού φωτοσύνθεσης με αύξηση της θερμοκρασίας μέχρι ένα κρίσιμο σημείο, τους 35°C , και από εκεί και πέρα υπάρχει σταδιακή αναστολή της φωτοσύνθεσης η οποία σχετίζεται με το κλείσιμο των στοματίων για την εξοικονόμηση νερού (Θεριός 2005) και άρα μείωση της πρόσληψης CO_2 που τροφοδοτεί τη χημική αντίδραση.
- Το διοξείδιο του άνθρακα: το CO_2 είναι το ένα καύσιμο της χημικής αντίδρασης της φωτοσύνθεσης και, όσο μεγαλύτερη η συγκέντρωση του στην ατμόσφαιρα, τόσο μεγαλύτερος ο ρυθμός της. Βέβαια και αυτός ο παράγοντας υπακούει στον παραπάνω άτυπο νόμο και εφόσον το φυτό βρεθεί σε περιβάλλον με πολύ μεγάλη συγκέντρωση CO_2 , τότε τα στομάτια κλείνουν και μειώνεται η πρόσληψη του και επομένως και η φωτοσύνθεση. Η συγκέντρωση του CO_2 στον ατμοσφαιρικό αέρα είναι σταθερή και $0,04\%$ κατ' όγκο σήμερα λόγω της υπερθέρμανσης του πλανήτη.
- Το νερό: το έτερο καύσιμο της χημικής αντίδρασης της φωτοσύνθεσης, αποτελεί προϋπόθεση για τη λειτουργία της, καθώς έλλειψη του οδηγεί σε φυσιολογικές τροποποιήσεις στο ελαιόδεντρο όπως τη συστροφή των φύλλων με αποτέλεσμα τη μείωση της επιφάνειας τους που εκτίθεται στο φως και την ανάκλαση μεγαλύτερου ποσοστού του προσπίπτοντος φωτός, το κλείσιμο των στοματίων και την αλλαγή σε μεταβολικές λειτουργίες του φυτού. Όλες οι παραπάνω αντιδράσεις έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας.
- Τα θρεπτικά στοιχεία: όπως όλα τα φυτά έτσι και η ελιά χρειάζεται να έχει επάρκεια θρεπτικών στοιχείων αφού τυχόν έλλειψη τους θα οδηγήσει σε μείωση της φωτοσύνθεσης. Για παράδειγμα έλλειψη μαγνησίου ή αζώτου, βασικά στοιχεία της χλωροφύλλης, θα οδηγήσει σε ελλειμματικό σχηματισμό της, ενώ έλλειψη φωσφόρου διαταράσσει το σύστημα μεταφοράς ενέργειας, καθώς είναι βασικό συστατικό των ενώσεων υψηλής ενέργειας ATP, ADP και NADP (Θεριός 2005).
- Τα φύλλα: η ηλικία και η διάταξη τους είναι σημαντική. Τα νεαρά και γερασμένα φύλλα φωτοσυνθέτουν λιγότερο αποδοτικά, αραιότερη κόμη οδηγεί

σε καλύτερο φωτισμό, περισσότερη χλωροφύλλη α και επομένως πιο αποδοτική φωτοσύνθεση.

- Τα στομάτια: ο αριθμός και η θέση τους είναι επίσης παράγοντες που επηρεάζουν ποικίλα τη φωτοσύνθεση.

Όλοι οι παραπάνω παράγοντες μπορούν να επιδρούν αυτόνομα στον ρυθμό της φωτοσύνθεσης, αλλά πολλές φορές αλληλοεπηρεάζονται και τελικά ο ρυθμός καθορίζεται από τον παράγοντα που είναι λιγότερο βέλτιστος.

1.6.3.1.2 Διαπνοή

Όπως και η φωτοσύνθεση έτσι και η διαπνοή είναι ένας σημαντικός μηχανισμός με σκοπό τη διατήρηση του θερμικού ισοζυγίου του φυτού με απορρόφηση θερμότητας και ψύξη του φυτού. Επηρεάζεται επίσης από πολλούς παράγοντες όπως:

- Τη θερμοκρασία: αύξηση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος οδηγεί σε αύξηση της θερμοκρασίας του φυτού το οποίο αντιδρά με αύξηση της διαπνοής για τη μείωση της.
- Τη Σχετική Υγρασία: μείωση της σχετικής υγρασίας του περιβάλλοντος του φυτού οδηγεί σε μεγαλύτερη διαφορά υδατικού δυναμικού και άρα αύξηση της διαπνοής σε προσπάθεια εξισορρόπησης, εφόσον υπάρχει ικανό διαθέσιμο νερό.
- Τον άνεμο: αύξηση του ανέμου κοντά στο φυτό συνήθως οδηγεί σε πιο γρήγορο ρυθμό μεταφοράς ενέργειας ή και σε απομάκρυνση της υγρασίας από το μικρόκλιμα του δέντρου με αποτέλεσμα την αύξηση της διαπνοής.
- Το φως: αύξηση του φωτός οδηγεί σε αύξηση θερμοκρασίας του φύλλου και άρα προσπάθεια μείωσης της μέσω της αύξησης της διαπνοής.
- Τη λίπανση: ένα έδαφος πιο πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά μπορεί με λιγότερο υδατικό διάλυμα να θρέψει το φυτό, λόγω της μεγαλύτερης συγκέντρωσης τους σε αυτό, και επομένως χρειάζεται λιγότερο νερό που οδηγεί σε μικρότερη διαπνοή, αφού το νερό είναι το μέσο άντλησης και η διαπνοή η δύναμη μεταφοράς των θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος σε όλα τα τμήματα του υπέργειου μέρους του φυτού.
- Τα φύλλα: το μέγεθος, το σχήμα, ο προσανατολισμός, η δομή και η επιφάνεια κάλυψης τους είναι μερικοί από τους παράγοντες που μπορούν να οδηγήσουν σε αύξηση ή μείωση της διαπνοής, ενώ μπορεί να είναι και το αποτέλεσμα της

προσαρμογής τους στις εδαφοκλιματικές συνθήκες και στις απαιτήσεις του φυτού.

- Τα στομάτια: διαφοροποίηση του αριθμού τους, του μεγέθους τους και της θέσης τους οδηγεί σε διαφορετικό ρυθμό διαπνοής.
- Την σχέση ρίζα προς βλαστό: Το μεγάλο ριζικό σύστημα και η αύξηση της σχέσης ρίζα/βλαστός οδηγεί σε αύξηση της διαπνοής εξαιτίας της μεγαλύτερης διαθεσιμότητας νερού λόγω αυξημένης ικανότητας προσρόφησης από τις ρίζες.

1.6.4 Φυσιολογία Καρπού

Ο καρπός της ελιάς είναι δρύπη και αποτελείται από το επικάρπιο, το μεσοκάρπιο (σάρκα) και τον πυρήνα (ενδοκάρπιο και σπέρμα) από έξω προς τα μέσα. Η αύξηση τους χαρακτηρίζεται από μία διπλή σιγμοειδή καμπύλη και γίνεται σε τρεις φάσεις (King 1938, Fernandez-Diaz 1971). Η πρώτη και τελευταία φάση ανάπτυξης είναι ταχείες, ενώ η ενδιάμεση είναι βραδείας ανάπτυξης για τον καρπό κατά την οποία παρατηρείται η σκλήρυνση του πυρήνα. Όλα τα παραπάνω επηρεάζονται φυσικά από πολλούς παράγοντες, όπως την ποικιλία του ελαιόδεντρου, την ηλικία και ζωηρότητα του δέντρου, την υγρασία του εδάφους, και την επάρκεια του σε θρεπτικά συστατικά, και τέλος τον προσανατολισμό του ελαιώνα που επηρεάζει άμεσα την ηλιοφάνεια και επομένως την πρωίμιση ή οψίμιση της παραγωγής.

Ο καρπός της ελιάς αποτελείται από το ελαιόλαδο, τα λιπαρά οξέα του ελαιόλαδου, νερό, σάκχαρα, ελευρωπαΐνη, πρωτεΐνες, χρωστικές του ελαιόλαδου, καροτενοειδή, στερόλες, αρωματικές ενώσεις του ελαιόλαδου, τοκοφερόλες και φαινόλες (Θεριός 2005).

1.6.5 Αντιδιαπνευστικές Ουσίες

Από τα παραπάνω φαίνεται η σημασία της διαπνοής για πολλές σημαντικές διεργασίες του φυτού, ενώ γίνεται ξεκάθαρο ότι το φυτό αντιμετωπίζει έντονη θερμική καταπόνηση κατά τις ζεστές και ξηρές μέρες του καλοκαιριού με αποτέλεσμα να επηρεάζεται άμεσα η παραγωγή και η ευρωστία του. Επομένως κρίνεται απαραίτητο να μελετηθούν ουσίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αντιδιαπνευστικές με σκοπό την προσθήκη ενός ακόμα εργαλείου στις επιλογές των καλλιεργητών.

1.6.5.1 Καολίνη

Προέρχεται από λειοτριβημένο λευκό ορυκτό, τον καολινίτη, με χημικό τύπο $[Al_4Si_4O_{10}(OH)_8]$. Είναι λευκή άργιλος, μη πορώδης, αργιλοπυριτική, λεπτόκοκκη, δεν είναι τραχιά, διογκώνεται με το νερό και διασπείρεται εύκολα σε αυτό, ενώ είναι και χημικά αδρανής για μεγάλο εύρος pH. Είναι μεγάλης καθαρότητας που αγγίζει το 99%, με μέγεθος σωματιδίων μικρότερο από 2 μm και φωτεινότητα μεγαλύτερη από 85% (Glenn and Puterka 2005, Bostanian and Racette 2008, Glenn 2009).

Χρησιμοποιείται με διάλυση του σε νερό και ψεκάζεται στα φυτά, όπου αφήνει ένα λευκό φιλμ σωματιδίων όταν στεγνώσει το οποίο έχει δράσεις εναντίον εχθρών και ασθενειών, προλαμβάνει το ηλιόκαυμα σε καρπούς και μειώνει τη θερμική καταπόνηση. Ενδείκνυται να εφαρμόζεται προληπτικά και όχι θεραπευτικά, ενώ πρέπει να γίνονται και επαναλήψεις της εφαρμογής του για να καλύπτεται η νέα βλάστηση ή η απώλεια λόγω βροχοπτώσεων. Έχει αναφερθεί ότι εφαρμογή του σε δένδρα ελιάς καταπολέμησε επιτυχώς τον δάκο (Saour and Makee 2004) και ταυτόχρονα και το λεκάνιο (Pascual et al. 2010). Τέλος έχει παρατηρηθεί ότι το λευκό επίχρισμα στην επιφάνεια των φύλλων είναι υψηλά ανακλαστικό στην προσπίπτουσα ακτινοβολία και μπορεί να την αναδιανείμει στο εσωτερικό της κόμης (Wünsche et al. 2004, Lombardini et al. 2005, Rosati et al. 2006, Rosati et al. 2007), ενώ σε δένδρα μηλιάς μειώνει τη θερμική καταπόνηση σε επίπεδο φύλλου, καρπού και κόμης (Glenn et al. 2002, Glenn et al. 2003).

1.6.5.2 Ζεόλιθος

Ο ζεόλιθος, όπως και τα υπόλοιπα αργιλικά ορυκτά, αποτελείται από αργιλοπυριτικά μόρια με ποικίλη κρυσταλλική δομή. Υπάρχουν τρεις μορφές φυσικού ζεόλιθου: ο κλινοπτιλόλιθος, ο χαζαβίτης και ο μορντενίτης, καθώς και διάφορες μορφές συνθετικού ζεόλιθου. Στη βιομηχανία έχουν χρησιμοποιηθεί σαν απορροφητές, εναλλάκτες ιόντων, παράγοντες διαχωρισμού, κ.ά. (Al Dwairi and Al-Rawajfeh 2012). Υπάρχουν εφαρμογές τους στη διαχείριση λυμάτων και νερών, ενώ χρησιμοποιούνται και στην ιατρική σε εμβόλια, δημιουργία οστών, αντιοξειδωτικά, κ.ά. (Pavelic and Hadzija 2003). Τέλος, στην κτηνοτροφία χρησιμοποιούνται εδώ και χρόνια για τη μείωση των άσχημων οσμών και ως πρόσθετο στην τροφή για τη μείωση των επιδράσεων των μυκοτοξινών, ενώ στη γεωργία για τις δυνατότητες βελτίωσης των ιδιοτήτων του εδάφους.

1.6.5.2.1 Ζεόλιθος ως Εδαφοβελτιωτικό

Ο ζεόλιθος είναι ένας από τους πιο αποτελεσματικούς παράγοντες ανταλλαγής κατιόντων, καθότι έχει 2 με 3 φορές μεγαλύτερη δυνατότητα ανταλλαγής κατιόντων σε σχέση με όλα τα άλλα ορυκτά που βρίσκονται στο έδαφος (Perez-Caballero et al. 2008). Αυτός είναι και ο λόγος που χρησιμοποιείται και σε πολλά λιπάσματα βραδείας αποδέσμευσης. Επίσης, καθώς είναι ελαφρά αλκαλικός, βοηθάει στη ρύθμιση του pH του εδάφους. Λειτουργεί δεσμεύοντας τα αρνητικά φορτισμένα νιτρικά ιόντα και έτσι προάγει την πρόσληψη κατιόντων, όπως μαγνήσιο, κάλιο και ασβέστιο. Όλα τα παραπάνω ταυτόχρονα οδηγούν στη μείωση της ρύπανσης μέσω έκπλυσης, την πιο αποδοτική χρήση των λιπασμάτων, και άρα μικρότερες αναγκαίες ποσότητες εφαρμογής, και τελικά την αύξηση των αποδόσεων (Ramesh et al. 2010, Perez-Caballero et al. 2008).

Ένα ακόμα χαρακτηριστικό του είναι ότι δημιουργεί ένα μόνιμο απόθεμα νερού και προσφέρει παρατεταμένη υγρασία στην καλλιέργεια κατά τις ξηρές περιόδους, πράγμα που βοηθάει το φυτό να ανταπεξέλθει καλύτερα στην ξηρασία. Βελτίωση σε αμμώδες εδάφους με ζεόλιθο έχει αυξήσει έως και 50% το διαθέσιμο νερό στα φυτά (Ramesh et al. 2010).

Τέλος, η εφαρμογή ζεόλιθου μπορεί να βελτιώσει τις υδραυλικές ιδιότητες του εδάφους βελτιώνοντας τη διείσδυση, τον εξαερισμό, την περιεκτικότητα του σε χούμο και βοηθά στην αύξηση της δέσμευσης του άνθρακα στο έδαφος (Lal 2015, Mirzaei et al. 2015).

1.6.5.2.2 Ζεόλιθος και Φυτοπροστασία

Έχει αποδειχθεί ότι ουσίες με δράση φιλμ προστατεύουν ενάντια σε διάφορα παθογόνα φυλλώματος (Zekaria-Oren 1991). Η επικάλυψη ζεόλιθου ακριβώς όπως και του καολίνη δημιουργεί ένα φράγμα που αποτρέπει την επαφή των μυκηλιακών υφών του παθογόνου να έρθουν σε άμεση επαφή με την επιφάνεια του φύλλου. Επίσης η υψηλή συγγένεια του ζεόλιθου με το νερό είναι ένα ακόμα πιθανό προτέρημα, το οποίο είναι πιο έντονο στους πλούσιους σε αλουμίνιο ζεόλιθους, ενώ η προσβάσιμη υγρασία από το παθογόνο είναι πολύ σημαντική για την ανάπτυξη του. Έτσι το νερό δεσμεύεται από τον ζεόλιθο και αποτρέπεται η δημιουργία φιλμ νερού το οποίο έχει αναφερθεί να προστατεύει από το φουζικλάδιο (*Venturia inaequalis*) στη μηλιά (Percival and Boyle 2009). Με τον ίδιο μηχανισμό μπορεί να αποφευχθεί αυτό το φιλμ νερού που απαιτείται

από πολλούς μύκητες και βακτήρια για τη βλάστηση τους (Puterka et al. 2000, Glenn et al. 2001).

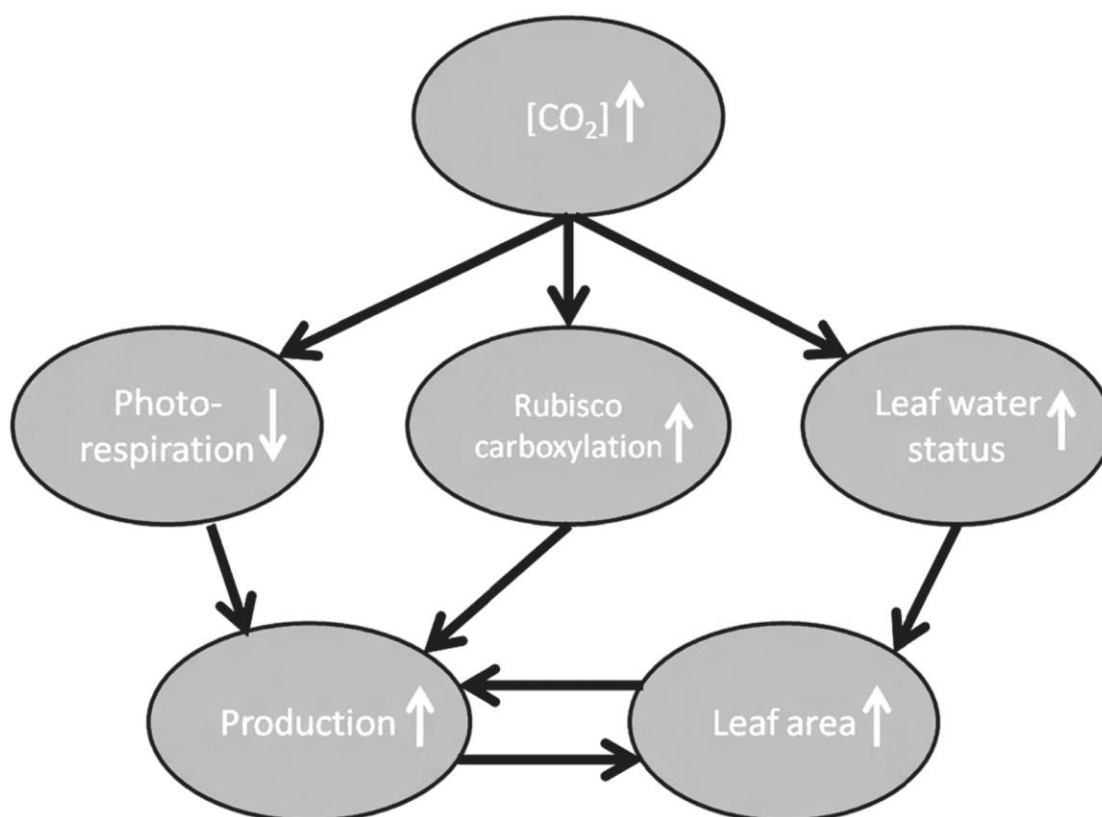
Η εντομοκτόνος δράση του ζεόλιθου οφείλεται κυρίως στο ότι μπορούν να καταστρέψουν κομμάτι της εξωτερικής επιδερμίδας των εντόμων μέσω της τριβής των σκληρών σωματιδίων του ή να καταστρέψουν τη λειτουργία του με την απορρόφηση των λιπιδίων του από απορροφητικά σωματίδια. Και οι δύο διαδικασίες προκαλούν ταχεία απώλεια νερού από το σώμα του εντόμου και προκαλούν θάνατο από αφυδάτωση, καθώς υπάρχει αντίστροφη σχέση μεταξύ της θνησιμότητας των εντόμων και της σχετικής υγρασίας. Μελέτες που έγιναν στον καολίνη που δρα με τον ίδιο τρόπο με τον ζεόλιθο (ως φιλμ επικάλυψης) έδειξαν ότι οι εχθροί, όπως ψύλλες, αφίδες και φρουτόμυγες, εναπόθεταν λιγότερα αυγά (Mazor and Erez 2004, Larentzaki et al. 2008, Leskey et al. 2010). Τα αποτελέσματα επίσης έδειξαν ότι ο ρυθμός επώασης των αυγών που καλύπτονται με το φιλμ μειώνεται, η ανάπτυξη των προνυμφών διακόπτεται και η θνησιμότητα είναι υψηλότερη για φύλλα στα οποία τα έντομα παρασίτων εκτίθενται στο φιλμ, ενώ σωματίδια που προσκολλώνται στο σώμα των εντόμων μπορεί να οδηγήσουν σε διαταραχή της συμπεριφοράς του εντόμου σε τέτοιο βαθμό που να μην μπορεί να τραφεί και τελικά να λιμοκτονήσει (Glenn et al. 2001). Ένα ακόμα αποτέλεσμα των ψεκασμών με ουσίες που δημιουργούν φιλμ επικάλυψης είναι ότι μειώνουν την ελκυστικότητα όσον αφορά τα οπτικά ερεθίσματα των εντόμων και εμποδίζει τα έντομα να αναγνωρίσουν και να βρουν φυτικά μέρη για να γεννήσουν αυγά (Leskey et al. 2010). Ωστόσο, τα φιλμ σωματιδίων προκαλούν επίσης αρνητικά αποτελέσματα, καθώς ορισμένα παρασιτικά έντομα μπορούν να ευδοκιμήσουν σε φύλλα με φιλμ, ενώ ταυτόχρονα μειώνουν τους φυσικούς θηρευτές των εχθρών της καλλιέργειας (Marko et al. 2008).

1.6.5.2.3 Ζεόλιθος και Διαπνοή

Οι ζεόλιθοι είναι σε θέση να απορροφήσουν μόρια CO₂ και να τα απελευθερώσουν αργά στο περιβάλλον (Jaramillo and Chandross 2004, Montanari and Busca 2008). Όταν οι ζεόλιθοι ψεκάζονται σε φύλλα φυτών ενδέχεται να αυξήσουν την ποσότητα CO₂ κοντά στα στόματα, κάτι που θα μπορούσε να προκαλέσει υψηλότερο ρυθμό φωτοσύνθεσης για φυτά C₃ και C₄. Μια υψηλότερη συγκέντρωση CO₂ εφαρμόζοντας ζεόλιθους μπορεί να αυξήσει την ταχύτητα της καρβοξυλίωσης μέσω της αναστολής της αντίδρασης οξυγόνωσης, αυξάνοντας την αποδοτικότητα της καθαρής πρόσληψης

CO₂ εξαιτίας της μείωσης των απωλειών CO₂ μέσω φωτοαναπνοής (Long et al. 2004). Λόγω της αυξημένης συγκέντρωσης CO₂, η αποτελεσματικότητα της χρήσης φωτός αυξάνεται σε καθαρή πρόσληψη CO₂, η οποία έχει ως αποτέλεσμα αυξημένη ανάπτυξη και αυξημένο ρυθμό παραγωγής στην περιοχή των φύλλων. Επιπλέον, η χρήση νερού μειώνεται λόγω χαμηλότερου ρυθμού διαπνοής, ο οποίος επιταχύνει περαιτέρω την ανάπτυξη των φύλλων (Εικόνα 1) (Long et al. 2004).

Στη βιβλιογραφία έχουν παρατηρηθεί αντικρουόμενα δεδομένα σχετικά με τη φωτοσυνθετική λειτουργία χρησιμοποιώντας παρόμοιες ουσίες. Οι Grange et al. (2004) διαπίστωσαν μείωση στους φωτοσυνθετικούς ρυθμούς μεμονωμένων φύλλων λόγω της μείωσης του φωτός λόγω της αύξησης της αντανάκλασης κατά 20-40% και της μειωμένης απορρόφησης. Οι Wünsche et al. (2004) παρατήρησαν ότι, παρά τη μείωση των φωτοσυνθετικών ρυθμών μεμονωμένων φύλλων, δεν υπήρχε μείωση στη φωτοσύνθεση της κόμης. Οι Glenn et al. (2003) βρήκαν αύξηση της φωτοσύνθεσης της κόμης. Οι Rosati et al. (2007) έδειξαν ότι η εφαρμογή καολίνη μειώνει τη φωτοσύνθεση μεμονωμένων φύλλων, αλλά αυξάνει τη φωτοσύνθεση της κόμης λόγω της ευρείας διασποράς του φωτός εντός της κόμης, εξηγώντας την αυξημένη απόδοση.



Εικόνα 1. Απεικόνιση των άμεσων επιπτώσεων της αύξησης της συγκέντρωσης του CO₂ στις λειτουργίες και την παραγωγή των φυτών C3 (Long et al. 2004).

Είναι γνωστό ότι η συγγένεια του Rubisco (το ένζυμο που είναι υπεύθυνο για την ενσωμάτωση του άνθρακα στα φυτά) με το CO₂, καθώς και η διαλυτότητα του CO₂ σε σχέση με το O₂, μειώνονται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Επομένως, η σχετική αναλογία καρβοξυλίωσης προς οξυγόνωση μειώνεται, όταν η θερμοκρασία αυξάνεται (Ainsworth and Rogers 2007). Με επικάλυψη των φυτών με ζεόλιθο, η θερμοκρασία των φύλλων μπορεί δυνητικά να μειωθεί, εξαιτίας της αύξησης της ανάκλασης του φωτός και ιδιαίτερα της υπέρυθρης ακτινοβολίας από τα φύλλα.

Παρόμοια πειράματα έχουν ήδη πραγματοποιηθεί με καολίνη (παρόμοια σύσταση) και τα αποτελέσματα έδειξαν υψηλότερο ρυθμό αφομοίωσης άνθρακα στα φύλλα και μειωμένη θερμοκρασία κόμης σε γκρέιπφρουτ και μήλα (Glenn and Puterka 2005, Glenn et al. 2003, Jifon and Syvertsen 2003). Ο καολίνης δροσίζει τους ιστούς και προστατεύει τα φυτά από ακραίες συνθήκες θερμότητας και υψηλής υπερϊόδους ακτινοβολίας αυξάνοντας την ανάκλαση των φύλλων και μειώνοντας τον ρυθμό διαπνοής. Υπάρχουν μελέτες που έχουν δείξει ότι τα φύλλα *Citrus sinensis* var. Valencia, *Ficus elastica* και *Phaseolus vulgaris* ψύχονται περίπου κατά 4 °C χάρη στο ανακλαστικό υλικό (Abou-Khaled et al.1970). Αυτό το αποτέλεσμα έρχεται σε αντίθεση με την τάση των αντιδιαπνευστικών ουσιών να αυξάνουν τις θερμοκρασίες των φύλλων. Η χαμηλότερη θερμοκρασία οδηγεί σε μείωση της διαπνοής κατά 25%, γεγονός που βελτιώνει την αποδοτικότητα χρήσης νερού και έχει επίσης θετική επίδραση στην απόδοση και την ποιότητα των φρούτων.

Εκτός από τη μείωση της θερμικής καταπόνησης, οι ζεόλιθοι μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τη μείωση της υδατικής καταπόνησης. Οι ζεόλιθοι έχουν μεγαλύτερη συγγένεια προσρόφησης με το νερό σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο μόριο (Lalancette et al. 2005) και μπορεί να φτάσει μέχρι και 30% βάρος χωρίς να αλλάξει ο όγκος τους (Eriksson 2008). Έτσι αυτά τα πολυμερή σχηματίζουν ένα φιλμ πάνω από τα στομάτια αυξάνοντας την αντίσταση στην απώλεια υδρατμών, ενώ ταυτόχρονα απορροφώντας νερό δημιουργούν ένα φυσικό εμπόδιο.

1.6.6 Στόχος

Παραπάνω αναλύθηκε το πως η θερμική καταπόνηση κατά τη θερινή περίοδο υψηλών θερμοκρασιών επηρεάζει τη φυσιολογία των φυτών, τη βλαστική τους ανάπτυξη και τελικά την παραγωγή τους ποσοτικά και ποιοτικά. Έτσι αυτή η εργασία

στοχεύει να εξετάσει τις μεθόδους με τις οποίες η χρήση αντιδιαπνευστικών ουσιών, και συγκεκριμένα ο ζεόλιθος, μπορεί να μειώσει αυτές τις αρνητικές συνέπειες, καθώς και το εύρος και τη σημαντικότητα αυτής της πιθανής μείωσης.

1.7 Σκοπός Ερευνητικής Εργασίας

Η μονοκαλλιέργεια της ποικιλίας Αμφίσσης στο Πήλιο σε μεγάλο ποσοστό ως ξηρική καλλιέργεια παρουσιάζει πολλές προκλήσεις για τους παραγωγούς. Η έλλειψη νερού κατά τις περιόδους που οι απαιτήσεις της ελιάς είναι αυξημένες, η αδυναμία τροφοδοσίας του δέντρου με θρεπτικά συστατικά καθ' όλη τη διάρκεια του έτους λόγω περιορισμένου εδαφικού νερού, και η θερμική καταπόνησή τους κατά τους θερινούς μήνες είναι κάποιοι από τους παράγοντες που μειώνουν τόσο την ποσότητα όσο και την ποιότητα της παραγωγής, τη βλαστική ανάπτυξη και ταυτόχρονα εντείνουν το φαινόμενο της παρενιαυτοφορίας.

Στα παραπάνω πρέπει να προστεθούν και τα συχνά προβλήματα καρπόπτωσης και ποιοτικής υποβάθμισης των καρπών από τις συχνές προσβολές του δάκου. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο η καλλιέργεια της ελιάς στο Πήλιο γίνεται πολλές φορές ασύμφορη για τους καλλιεργητές, καθώς το κόστος των λιπασμάτων και των διαφόρων σκευασμάτων είναι απαγορευτικό και ειδικά στις περιπτώσεις των βιολογικών ελαιώνων όπου οι επιλογές είναι περιορισμένες.

Ο ζεόλιθος είναι ένα φυσικό προϊόν διαθέσιμο από Ελληνικά ορυχεία που έχει μελετηθεί περιορισμένα στη γεωργία. Έτσι αυτή η εργασία πραγματοποιήθηκε με σκοπό τη μελέτη των ιδιοτήτων του ζεόλιθου, ενός φτηνού φυσικού ορυκτού, το οποίο υπόσχεται ότι έχει θετική επίδραση σε πολλά από τα παραπάνω προβλήματα. Έγινε εφαρμογή του ως εδαφοβελτιωτικό μόνο σε μεγάλη κοκκομετρία, αλλά και διαφυλλικά με μικρή κοκκομετρία, ώστε να μελετηθεί η επίδραση που έχει στη φυσιολογία της ελιάς κάτω από θερμική και υδατική καταπόνηση σε εμπορικό βιολογικό ελαιώνα, με προοπτική την καθιέρωση της χρήσης του.

2. Υλικά και Μέθοδοι

2.1 Πειραματικός αγρός

2.1.1 Χωροθέτηση

Το παρών πείραμα διεξήχθη κατά τα ημερολογιακά έτη 2017, 2018 και 2019 στο Δήμο Νοτίου Πηλίου στην ευρύτερη περιοχή της Αργαλαστής και συγκεκριμένα στην τοποθεσία Κάλαμος με συντεταγμένες σε δεκαδικές μοίρες 39.22209297123161, 23.191715906831224 και τοπωνυμία Κουτσουρδαίικα. Το αγροτεμάχιο είναι επικλινές με Ανατολικό προσανατολισμό και υψόμετρο περί τα 70 μέτρα από την επιφάνεια της θάλασσας με συνολικό εμβαδόν 2207,96 τ.μ..

2.1.2 Φυτικό Υλικό

Η έκταση καλύπτεται με 34 δέντρα και οι αποστάσεις φύτευσης τους δεν είναι σταθερές αλλά για αρκετά από αυτά προσεγγίζουν αποστάσεις 8x8 m ενώ τα δέντρα είναι ηλικίας μεγαλύτερης των 50 ετών. Το παρών αγροτεμάχιο φύτεται με ελιές ποικιλίας Αμφίσσης εμβολιασμένες πάνω σε άγριο υποκείμενο σε ύψος τουλάχιστον 1,5 μέτρου και το συνολικό ύψος των δέντρων φτάνει μέχρι και τα 5 μέτρα.

2.1.3 Συνθήκες αγρού

Το αγροτεμάχιο συνορεύει από τη βόρεια πλευρά με μικρή ρεματιά γεγονός που επηρεάζει τη διαθέσιμη υγρασία των ελαιόδεντρων που συνορεύουν. Η μηχανική σύσταση του εδάφους είναι κατά 50% Άμμος, 20% Άργιλος και 30% Ιλύς και επομένως χαρακτηρίζεται πηλώδες και μέσης σύστασης. Το pH του εδάφους είναι 7,1 και επομένως ελαφρά αλκαλικό, η ηλεκτρική του αγωγιμότητα χαμηλή, ο διαθέσιμος Φώσφορος του κατά Olsen χαμηλός, το ανταλλάξιμο Κάλιο χαμηλό, το ανταλλάξιμο Μαγνήσιο υψηλό και τέλος το εκχυλίσιμο Βόριο μέσο. Όλα τα παραπάνω είναι αποτελέσματα εδαφολογικής ανάλυσης που έγινε στο Ινστιτούτο Βιομηχανικών και Κτηνοτροφικών Φυτών (Ι.Β.Κ.Φ.) Λάρισας ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ. Το ύψος βροχής ήταν 1012,3 mm την καλλιεργητική περίοδο 2017-2018 και 745,3 mm την καλλιεργητική περίοδο 2018-2019 με μεγαλύτερη συγκέντρωση τους φθινοπωρινούς και χειμερινούς μήνες και σχετική ανομβρία κατά την περίοδο του καλοκαιριού (185,7mm το 2017-2018 και 134,4 mm το 2018-2019) σύμφωνα με τον ιδιωτικό μετεωρολογικό σταθμό τύπου Watson W-8681 με λογισμικό το Cumulus που επιμελείται ο κ. Γιάννης Καλατζής στην Αργαλαστή, πολύ κοντά (<1 Km) από τον ελαιώνα της μελέτης.

2.1.4 Καλλιεργητικές Φροντίδες

Στο παρών ελαιοπερίβολο εφαρμόζεται είναι βιολογική και ξηρική καλλιέργεια. Το κλάδεμα έγινε, όπως κάθε χρόνο, με χειροπρίονο και αλυσοπρίονο όπου απαιτούνταν, μεταξύ του δευτέρου δεκαπενθήμερου του Οκτωβρίου και το τέλος Μαρτίου και ήταν μέτριας έντασης και για τις δύο καλλιεργητικές περιόδους. Τα κλαδευτικά κάηκαν για την καλλιεργητική περίοδο 2017-2018, ενώ έγιναν πέλετ και έμειναν στον αγρό την καλλιεργητική περίοδο 2018-2019. Την καλλιεργητική περίοδο 2017-2018 έγινε βασική λίπανση με 4 kg Patentkali (30% K₂O οξείδιο Καλίου 100% υδατοδιαλυτό, 10% MgO οξείδιο Μαγνησίου 100% υδατοδιαλυτό, 42,5% SO₃ θείο) από τη K&S Kali. Την καλλιεργητική περίοδο 2018-2019 έγινε χλωρά λίπανση με βίκο (σπορά στις 14/10/18 και ενσωμάτωση στις 21/4/19) και εφαρμογή 1,5 kg Kalisor (50% K₂O υδατοδιαλυτό, 45% SO₃ υδατοδιαλυτό) από τη K&S Kali, 1,5 kg Labinor P-30 (P₂O₅ 30%, N 1.2%, CaO 36, οργανική ύλη 14%) από την LABIN και 0,2 kg ETIDEKAHIDRAT (δεκαϋδρικός βόρακας) από την ETiMADEN ανά δέντρο. Η ενσωμάτωση των λιπασμάτων έγινε με φρέζα ελκυστήρα από γεωργικό ελκυστήρα τον Φεβρουάριο. Περίπου στα μέσα Μαρτίου έγινε ψεκασμός με διαφυλλικό λίπασμα Ασβεστίου-Θείου-Χαλκού (S 20% – CaO 20% – Cu 4%) από τη ΓΕΩΒΕΤ ΕΛΛΑΣ ΑΕΒΕ με δόση 2 L ανά 100 L ψεκαστικού υγρού και συνολική εφαρμογή εφαρμογή 400 λίτρων για πλήρη κάλυψη των δέντρων και τις δύο καλλιεργητικές περιόδους. Κατά το πρώτο δεκαπενθήμερο του Μαΐου έγινε ψεκασμός με σκεύασμα βακίλου Θουριγγίας AGREE WP συνδυαστικά με διαφυλλικό Βόριο BORON 10% με δόσεις 0,5 kg και 1 L, αντίστοιχα, στον τόνο ψεκαστικού υγρού για την καταπολέμηση του πυρηνοτρήτη *Prays oleae* και για τη λίπανση των δέντρων και τις δύο καλλιεργητικές περιόδους. Και στις δύο καλλιεργητικές περιόδους τις πρώτες μέρες του Ιουνίου έγινε χρήση καταστροφέα, φερόμενο από γεωργικό ελκυστήρα, για την καταπολέμηση των ζιζανίων με σκοπό τη μείωση του ανταγωνισμού για νερό με τα δέντρα. Για την καταπολέμηση του δάκου, *Bactrocera oleae*, την καλλιεργητική περίοδο 2017-2018 έγινε χρήση δέκα κωνικών κίτρινων παγίδων CONETRAP AMPHOS-DACUS με ελκυστικό και πυρεθρίνη, ενώ την καλλιεργητική περίοδο 2018-2019 έγινε δολωματικός ψεκασμός με Success 0.24CB (Spinosad 0.024% β/ο, Βοηθητικές ουσίες: 99.97% β/β), με 260 ml σκευάσματος σε 4 L ψεκαστικού υγρού, στην ΒΔ πλευρά του κορμού των δέντρων με ψεκαστήρα πλάτης σε τρεις επαναλήψεις στις 08/07, 01/08 και 08/09. Τέλος, συγκομιδή καρπών έγινε μόνο την καλλιεργητική

περίοδο 2018-2019 στις 3 Νοεμβρίου χειρωνακτικά με ελαιοραβδιστικό, καλάμια και ελαιόπανα.

2.2 Πειραματικό Σχέδιο

Αρχικά αποφασίστηκε να οριστούν τρεις μεταχειρίσεις, ο μάρτυρας συμβολιζόμενος με M, η μεταχείριση στην οποία θα εφαρμοζόταν ζεόλιθος μόνο από εδάφους σαν εδαφοβελτιωτικό συμβολιζόμενη με ZS, και η μεταχείριση στην οποία θα εφαρμοζόταν ποσότητα ζεόλιθου από εδάφους και θα ψεκαζόταν με ζεόλιθο λεπτής κοκκομετρίας συμβολιζόμενη με ZF. Στο πείραμα αποφασίστηκε να ληφθεί ως πειραματική μονάδα το δέντρο και έτσι επιλέχθηκαν τέσσερα διαφορετικά δέντρα για κάθε μεταχείριση ως επαναλήψεις.

Τα παραπάνω δέντρα ορίστηκαν με τον εξής τρόπο ώστε να υπάρχει πλήρης τυχαιοποίηση:

- Αρχικά τα δέντρα όλου του πειραματικού αγρού αριθμήθηκαν με ένα νούμερο από το 1 έως το 34.
- Στη συνέχεια οι αριθμοί αυτοί γράφτηκαν σε ίσα κομμάτια χαρτί, διπλώθηκαν και τοποθετήθηκαν σε ένα δοχείο.
- Από το δοχείο αυτό επιλέχθηκαν από τέσσερα κομμάτια χαρτί για κάθε μεταχείριση και έτσι ορίστηκαν τα δέντρα που αντιστοιχούσαν στις επαναλήψεις.
- Σε κάθε επανάληψη αντιστοιχήθηκε από ένα όνομα , M1, M2, M3, M4 για τη μεταχείριση M , ZS1, ZS2, ZS3, ZS4 για τη μεταχείριση ZS και ZF1, ZF2, ZF3, ZF4 για τη μεταχείριση ZF.

Η ταξινόμηση των δέντρων στον αγρό, καθώς και τα δέντρα που κληρώθηκαν σε κάθε μεταχείριση φαίνονται στην Εικόνα 2.



Εικόνα 2 Το αγροτεμάχιο που χρησιμοποιήθηκε για τη διεξαγωγή των πειραμάτων όπου φαίνεται και ο προσανατολισμός του. Με κόκκινα νούμερα φαίνεται η θέση και ο αριθμός του κάθε δέντρου ενώ κυκλωμένα είναι τα δέντρα που αντιστοιχούν στα δέντρα των μεταχειρίσεων που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους (ZS), που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους και διαφυλλικά (ZF) και του μάρτυρα (M) με μπλε, πράσινο και κίτρινο χρώμα αντίστοιχα. Δεξιά υπάρχει υπόμνημα που αντιστοιχεί την κάθε επανάληψη με το νούμερο του δέντρου.

Στη μεταχείριση M δεν εφαρμόστηκε καθόλου ζεόλιθος τόσο από εδάφους όσο και μέσω ψεκασμού παρά μόνο η λίπανση η οποία έχει περιγραφεί πιο πάνω και έγινε σε όλα τα δέντρα.

Στη μεταχείριση ZS εφαρμόστηκαν στο έδαφος 8,5 kg Zeolite κοκκομετρίας 2,5-5 mm (85% τουλάχιστον περιεκτικότητα σε κλινοπτιλόλιθο) από τη IMERYS ανά επανάληψη την πρώτη καλλιεργητική περίοδο διεξαγωγής του πειράματος στις 02/03/2018 και ξανά η ίδια ποσότητα κατά τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο στις 21/02/2019.

Στη μεταχείριση ZF εφαρμόστηκαν στο έδαφος 8,5 kg Zeolite κοκκομετρίας 2,5-5 mm (85% τουλάχιστον περιεκτικότητα σε κλινοπτιλόλιθο) από τη IMERYS ανά επανάληψη την πρώτη καλλιεργητική περίοδο διεξαγωγής του πειράματος στις 02/03/2018 και ξανά η ίδια ποσότητα κατά τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο στις 21/02/2019. Επίσης έγιναν ψεκασμοί κάλυψης με διάλυμα νερού-ζεόλιθου, με ζεόλιθο κοκκομετρίας 20 μm από την ΟΛΥΜΠΙΟΣ ΑΕ Βιομηχανικά Ορυκτά με τη χρήση

γεωργικού ελκυστήρα, βυτίου και αυλού. Οι ψεκασμοί διεκπεραιώθηκαν στις 13/07/2018 με διάλυμα 3% β/ο και 600 L ψεκαστικού υγρού και στις 31/08/2018, εξαιτίας βροχοπτώσεων τις προηγούμενες ημέρες, με διάλυμα 1,2% β/ο και 600 L για την πρώτη καλλιεργητική περίοδο, καθότι οι ψεκασμοί έγιναν μόνο για τη μείωση της υδατικής καταπόνησης αφού δεν υπήρχε καρποφορία. Για τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο έγιναν ψεκασμοί στις 09/07/2019 με διάλυμα 2,5% β/ο και 600 L ψεκαστικού υγρού, και στις 29/07/2018, εξαιτίας βροχοπτώσεων τις προηγούμενες ημέρες, με διάλυμα 1,5% β/ο και 600 L τόσο για τη μείωση της υδατικής καταπόνησης όσο και για την προστασία των καρπών από τον δάκο καθώς ήταν χρονιά καρποφορίας.

2.3 Μετρήσεις

Στην παρούσα εργασία μετρήθηκαν διάφοροι παράγοντες που σχετίζονται με την αύξηση του δέντρου, τα χαρακτηριστικά των φύλλων και των βλαστών και τις δύο καλλιεργητικές περιόδους, καθώς και με την ποιότητα του καρπού, την ελαιοπεριεκτικότητα του και την ποιότητα του παραγόμενου ελαιόλαδου τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο. Κάποιες από αυτές τις μετρήσεις έγιναν στον αγρό, ενώ άλλες έγιναν εκτός αγρού, είτε στο εργαστήριο είτε στο ελαιοτριβείο.

2.3.1 Μετρήσεις Αγρού

Στον αγρό διεξάχθηκαν διάφορες μετρήσεις οι οποίες ήταν:

- Μέτρηση, με μετρητική ταινία, της περιμέτρου του κορμού των δέντρων σε ύψος 0,2 m από το έδαφος στις 02/11/2019, για τον υπολογισμό της Επιφάνειας Διατομής του Κορμού.
- Μετρήσεις, με μετρητική ταινία, για το μήκος και το πλάτος της κόμης των δέντρων, το ύψος του δέντρου και το ύψος μπολιάσματος (όπου ισούται με το ύψος που ξεκινάνε οι βραχίονες) στις 02/11/2019, για τον υπολογισμό του Όγκου Κόμης Δέντρου.
- Τυχαία επιλογή δύο επαναλήψεων από κάθε μεταχείριση και μαρκάρισμα δέκα περιφερειακών ετήσιων κλάδων με κόκκινη ταινία, για μέτρηση του αριθμού φύλλων τους στην αρχή και το τέλος της ξηροθερμικής περιόδου, στις 23/07/2018 και 07/10/2018 για την πρώτη καλλιεργητική περίοδο και στις 30/07/2019 και 01/10/2019 για τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο εκπόνησης

του πειράματος. Οι επαναλήψεις που επιλέχθηκαν ήταν οι M1, M4, ZS2, ZS3, ZF1 και ZF2. Σκοπός των συγκεκριμένων μετρήσεων ήταν να υπολογιστεί η ανάπτυξη των κλάδων των διαφορετικών μεταχειρίσεων κάτω από συνθήκες θερμικού και υδατικού στρες.

- Καταγραφή της συνολικής παραγωγής ελαιόκαρπου (Παραγωγή) ανά επανάληψη για κάθε μεταχείριση κατά τη συγκομιδή, στις 03/11/2019, για τον υπολογισμό της Παραγωγικότητας εκφρασμένη σε g καρπού ανά cm² Επιφάνειας Διατομής Κορμού και σε g καρπού ανά m³ Κόμης Δέντρου.
- Καταγραφή του ποσοστού % της προσβολής των ελαιόκαρπων από δάκο, μετρώντας τις σπές εξόδου σε τυχαίο δείγμα εκατό καρπών, ανά επανάληψη για όλες τις μεταχειρίσεις στις 03/11/2019.

2.3.2 Μετρήσεις Εργαστηρίου

Όλες οι μετρήσεις εργαστηρίου διεξάχθηκαν στο Εργαστήριο Δενδροκομίας του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος.

2.3.2.1 Μετρήσεις Φύλλων

Για να μπορέσουν να γίνουν μετρήσεις στα φύλλα αρχικά αυτά έπρεπε να συλλεχθούν δειγματοληπτικά. Έτσι συλλέχθηκαν δώδεκα φύλλα ανά επανάληψη από το μέσο ετήσιας βλάστησης σε διάφορα σημεία της κόμης, τοποθετήθηκαν σε πλαστική σακούλα, και ψύχθηκαν μέχρι την επεξεργασία τους την επόμενη μέρα. Η συλλογή των φύλλων έγινε δύο φορές κατά την πρώτη καλλιεργητική περίοδο διεξαγωγής του πειράματος στις 03/07/2018 και 13/09/2018 και άλλες δύο κατά τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο διεξαγωγής στις 23/06/2019 και 18/09/2019, ενώ οι μετρήσεις τους πραγματοποιήθηκαν την επόμενη μέρα της συλλογής. Οι μετρήσεις που έγιναν ήταν οι εξής:

- Μετρήσεις για προσδιορισμό του χρώματος των φύλλων μέσω του συστήματος μέτρησης CIELAB (L*, a*, b*). Για τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε το χρωματόμετρο Minolta chroma meter (Model CR-400, Minolta Ltd, Osaka, Japan). Έγιναν έξι μετρήσεις στα φύλλα κάθε επανάληψης, πριν και μετά τον καθαρισμό τους από τη σκόνη, και υπολογίστηκε ο μέσος όρος των τιμών των παραπάνω παραμέτρων χρώματος. Η παράμετρος χρώματος L* ορίζει τη φωτεινότητα και κυμαίνεται από μαύρο (L*=0) έως λευκό (L*=100). Το χρώμα όταν a*=0 και b*=0 είναι άχρωμο (γκρι). Όταν η παράμετρος χρώματος a*>0

δείχνει κόκκινη-μωβ απόχρωση και όταν η παράμετρος χρώματος $a^* < 0$ πράσινη απόχρωση, ενώ παράμετρος χρώματος $b^* > 0$ σημαίνει κίτρινη απόχρωση και παράμετρος χρώματος $b^* < 0$ σημαίνει μπλε απόχρωση. Οι παράμετροι χρώματος L^* , a^* και b^* τοποθετούν το χρώμα σε ένα τρισδιάστατο ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων, όπου το L^* είναι κάθετο στο επίπεδο που σχηματίζουν τα a^* και b^* (Εικ. 3).

- Μετρήσεις του ποσοστού % Ξηράς Ουσίας και του Ειδικού Βάρους τους. Για τις συγκεκριμένες μετρήσεις αρχικά σημαδεύτηκαν δώδεκα τριβλία με τα ονόματα των επαναλήψεων, ζυγίστηκαν στην ηλεκτρονική ζυγαριά Kern με 4 δεκαδικά (model EW 600-ZM, Balingen, Germany), καταγράφηκε το καθαρό τους βάρος (g) και ύστερα από τα φύλλα που χρησιμοποιήθηκαν παραπάνω κόπηκαν δώδεκα δίσκοι των 5,8 mm με διακορευτή για κάθε επανάληψη. Στη συνέχεια μετρήθηκε το βάρος των τριβλίων μαζί με τους δώδεκα νωπούς προαναφερθέντες δίσκους και με μία αφαίρεση των δύο παραπάνω τιμών προέκυψε το καθαρό Νωπό Βάρος των Δίσκων (ΝΒΔ). Στο επόμενο βήμα τα τριβλία τοποθετήθηκαν σε ξηραντήρα στους 80 °C και ξεράθηκαν. Μετά εκ νέου μετρήθηκε το βάρος τους τόσο με το περιεχόμενο τους όσο και χωρίς αυτό και με αφαίρεση τους προέκυψε το Ξηρό Βάρος των Δίσκων (ΞΒΔ). Τελικά υπολογίζοντας τον λόγο $\Xi\text{Β}\Delta/\text{Ν}\text{Β}\Delta$ και πολλαπλασιάζοντας με το 100 προκύπτει το ποσοστό % Ξηράς Ουσίας στα φύλλα. Για τον υπολογισμό του Ειδικού Βάρους των φύλλων σε mg cm^{-2} χρησιμοποιήθηκε ο παρακάτω τύπος $1000 * \Xi\text{Β}\Delta / 8,156$ όπου ο παρονομαστής ήταν η επιφάνεια των 12 δίσκων 9,3 mm.
- Μετρήσεις για τον προσδιορισμό των Χλωροφυλλών a και b. Όπως και πριν από τα προηγούμενα φύλλα πάρθηκαν έξι δίσκοι των 5,8 mm με τον αντίστοιχο διακορευτή ανά επανάληψη και με αντίστοιχες διαδικασίες όπως προηγουμένως μετρήθηκε και καταγράφηκε το Νωπό Βάρος τους. Με το Νωπό Βάρος τους και γνωρίζοντας το ποσοστό % Ξηράς Ουσίας από τα παραπάνω υπολογίστηκε το Ξηρό Βάρος τους. Στη συνέχεια οι δίσκοι τεμαχίστηκαν σε μικρά κομματάκια και τοποθετήθηκαν σε σηματοδοτημένους δοκιμαστικούς σωλήνες που περιείχαν 15 ml αιθανόλης 95% και αφού σφραγίστηκαν τοποθετήθηκαν σε υδατόλουτρο θερμοκρασίας 80 °C για σαράντα λεπτά ώσπου αποχρωματίστηκαν. Έπειτα το διάλυμα τοποθετήθηκε σε κρυσταλλικές

κυψελίδες και με χρήση φασματοφωτόμετρου (Milton Roy Spectronic 301, Ivyland, USA) μετρήθηκε η απορρόφηση του φωτός σε μήκη κύματος A665 nm και A649 nm. Έπειτα με το τυπολόγιο που ακολουθεί υπολογίστηκαν οι παρακάτω παράμετροι:

Χλωροφύλλη a:

$$\text{Chlor } a_1 = (13,7 \cdot A_{665}) - (5,76 \cdot A_{649}) \text{ (}\mu\text{g mL}^{-1}\text{)}$$

$$\text{Chlor } a_2 = 15 \cdot \text{Chlor } a_1 / \Xi B \Delta_{\chi\lambda} \cdot 1000 \text{ (mg g}^{-1}\text{)}$$

$$\text{Chlor } a_3 = 10000 \cdot \text{Chlor } a_2 \cdot \Xi B \Delta_{\chi\lambda} / 1,585 \text{ mg m}^{-2}\text{)}$$

Χλωροφύλλη b:

$$\text{Chlor } b_1 = (25,8 \cdot A_{649}) - (7,6 \cdot A_{665}) \text{ (}\mu\text{g mL}^{-1}\text{)}$$

$$\text{Chlor } b_2 = 15 \cdot \text{Chlor } b_1 / \Xi B \Delta_{\chi\lambda} \cdot 1000 \text{ (mg g}^{-1}\text{)}$$

$$\text{Chlor } b_3 = 10000 \cdot \text{Chlor } b_2 \cdot \Xi B \Delta_{\chi\lambda} / 1,585 \text{ (mg m}^{-2}\text{)}$$

Συνολική Χλωροφύλλη:

$$\text{Tot Chlor1} = \text{Chlor } a_2 + \text{Chlor } b_2 \text{ (mg g}^{-1}\text{)}$$

$$\text{Tot Chlor2} = 10000 \cdot \text{Tot Chlor1} \cdot \Xi B \Delta_{\chi\lambda} / 1,585 \text{ (mg m}^{-2}\text{)}$$

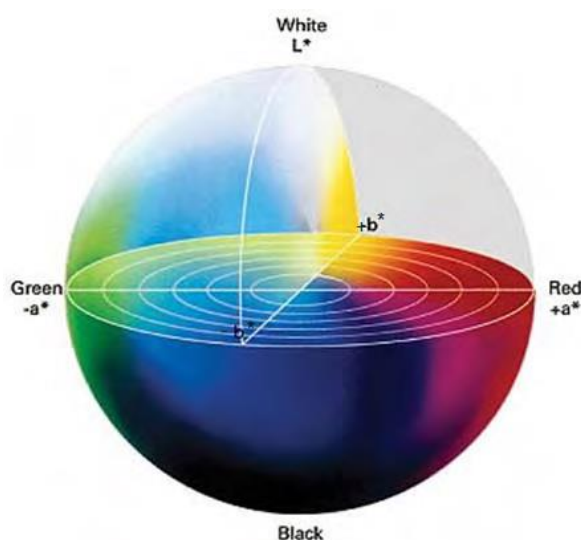
Χλωροφύλλη a / Χλωροφύλλη b:

$$\text{Chlor } a / \text{Chlor } b = \text{Chlor } a_2 / \text{Chlor } b_2$$

Όπου το 1,585 είναι η επιφάνεια των δίσκων φύλλων που χρησιμοποιήθηκαν.

Πέραν των προηγούμενων μετρήσεων χρειάστηκε να γίνουν και φυλλοδιαγνωστικές αναλύσεις για τις οποίες έπρεπε να συλλεχθούν σαράντα φύλλα, ανά ζεύγη από ετήσιο βλαστό για κάθε επανάληψη κάθε μεταχείρισης. Η συλλογή έγινε στις 17/1/2019. Στη συνέχεια ξεπλύθηκαν από 3 φορές με αχρησιμοποίητο απιονισμένο νερό κάθε φορά και ξηράθηκαν στους 50 °C για 36 ώρες ώσπου σταθεροποιήθηκε το βάρος τους. Έπειτα στάλθηκαν για τις αναλύσεις στο Ινστιτούτο Εδαφοϋδατικών Πόρων Θεσσαλονίκης του ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ, όπου κονιορτοποιήθηκαν σε μύλο άλεσης. Για τον υπολογισμό του ποσοστού άζωτου (N) στα φύλλα, ζυγίστηκε επακριβώς 0,5-1 ± 0,001 g αλεσμένο φυτικό δείγμα και χρησιμοποιήθηκε με τη μέθοδο Kjeldahl (Bremner 1996). Στη συνέχεια ποσότητα του δείγματος 0,5-1 ± 0,001 g ζυγίστηκε με ακρίβεια και τοποθετήθηκε σε πορσελάνινο χωνευτήρι. Αυτό τοποθετήθηκε σε κλίβανο στους 500 °C, για 6 ώρες τουλάχιστον και μετά την καύση και την ψύξη του, η τέφρα διαλυτοποιήθηκε με διάλυμα 2 M υδροχλωρίου (HCl) (Mills & Bentron-Jones, 1996). Από την παραπάνω τέφρα προσδιορίστηκαν με φλογοφωτομετρία το ποσοστό % Καλίου (K) στα φύλλα, με φασματοφωτομετρία ατομικής απορρόφησης το ποσοστό % Ασβεστίου (Ca), το ποσοστό % Μαγνησίου (Mg), η περιεκτικότητα Χαλκού (Cu),

η περιεκτικότητα Ψευδαργύρου (Zn), η περιεκτικότητα Σιδήρου (Fe) και η περιεκτικότητα Μαγγανίου (Mn) στα φύλλα, ενώ με τη χρωματομετρική μέθοδο του ασκορβικού οξέος το ποσοστό Φωσφόρου (P) στα φύλλα (και με τη χρήση φασματοφωτομετρίας υπεριώδους-ορατού) (Kuo 1996). Τέλος, για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας Βορίου (B) χρησιμοποιήθηκε η χρωματομετρική μέθοδος της αζωμεθίνης (και με τη χρήση φασματοφωτομετρίας υπεριώδους-ορατού) σε διαλυτοποιημένη τέφρα από διάλυμα 0,1 M υδροχλωρίου. Η τέφρα είχε προκύψει όπως και παραπάνω (Keren 1996).



Εικόνα 3. Ο τρισδιάστατος ομοιόμορφος χρωματικός χώρος CIELAB

2.3.2.2 Μετρήσεις Καρπών

Στις 01/10/2019 έγινε συλλογή 30 καρπών σε κάθε επανάληψη, τοποθετήθηκαν σε πλαστικές σακούλες και ψύχθηκαν μέχρι να επεξεργαστούν στις 03/10/2019. Αρχικά οι καρποί καθαρίστηκαν από τη σκόνη που είχε προκύψει από την εφαρμογή ψεκαστού ζεόλιθου κοκκομετρίας 20μ. Στη συνέχεια ακολούθησαν οι εξής μετρήσεις:

- Αρχικά έγιναν μετρήσεις για να υπολογιστεί το μέσο Βάρος Καρπού της κάθε μεταχείρισης. Έτσι μετρήθηκε το βάρος δέκα καρπών ανά δέντρο με ηλεκτρονική ζυγαριά Kern με 2 δεκαδικά ψηφία (model EW 600-ZM, Balingen, Germany), καταγράφηκε το καθαρό τους βάρος (g), και υπολογίστηκε ο μέσος όρος τους ανά μεταχείριση ο οποίος διαιρούμενος με το δέκα μας έδωσε τα αποτελέσματα.

- Έπειτα έγιναν μετρήσεις για προσδιορισμό του χρώματος των καρπών μέσω του συστήματος μέτρησης CIELAB (L^* , a^* , b^*). Για τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε το χρωματόμετρο Minolta chroma meter (Model CR-400, Minolta Ltd, Osaka, Japan) (Εικ. 3). Έγιναν έξι μετρήσεις, μία σε κάθε έναν από έξι καρπούς της κάθε επανάληψης, υπολογίστηκε ο μέσος όρος των παραπάνω παραμέτρων χρώματος και λήφθηκε ως τιμή για την επανάληψη.
- Στη συνέχεια υπολογίστηκε το μέσο Βάρος Πυρήνα των καρπών και το ποσοστό % της Σάρκας Καρπού της κάθε μεταχείρισης. Για να προκύψει αυτό αφαιρέθηκε η σάρκα από τους δέκα καρπούς που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό το μέσου Βάρους Καρπών, ζυγίστηκαν στο ίδιο ζυγό, βρέθηκε ο μέσος όρος τους ανά μεταχείριση και διαιρούμενος με το δέκα μας έδωσε το Βάρος Πυρήνα σε g της κάθε μεταχείρισης. Στη συνέχεια με τον εξής τύπο $100 * (\text{Βάρος Καρπού} - \text{Βάρος Πυρήνα}) / \text{Βάρος Καρπού}$ προέκυψε η τιμή του ποσοστού % Σάρκας Καρπού.
- Παράλληλα με τον υπολογισμό του Βάρους Πυρήνα, δέκα κομμάτια σάρκας που αφαιρέθηκαν κατά τη διαδικασία ζυγίστηκαν στον ίδιο ζυγό και καταγράφηκε το νωπό τους βάρος. Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε ξηραντήρα στους 80 °C και ξεράθηκαν. Έπειτα εκ νέου μετρήθηκε το βάρος τους και καταγράφηκε ως το ξηρό βάρος τους. Τελικά υπολογίζοντας τον λόγο του ξηρού προς το νωπό βάρος πολλαπλασιάστηκε με το 100 και προέκυψε το ποσοστό % Ξηρής Ουσίας Σάρκας στους καρπούς.
- Μετρήσεις έγιναν για την καταγραφή των παραμέτρων μέσο Μήκος Καρπού, μέσο Πλάτος Καρπού, και με τη διαίρεση τους προέκυψε ο μέσος λόγος Μήκος προς Πλάτος καρπού. Οι μετρήσεις έγιναν με υποδεκάμετρο σε πέντε καρπούς για κάθε επανάληψη από όπου υπολογίστηκε η μέση τιμή της. Από τη μέση τιμή των επαναλήψεων υπολογίστηκε η μέση τιμή για κάθε μεταχείριση και καταγράφηκε σαν τιμή των παραπάνω παραμέτρων.
- Στη συνέχεια στους ίδιους πέντε καρπούς μετρήθηκε η Σκληρότητα σάρκας με το πενετρόμετρο στο οποίο είχε προσαρτηθεί έμβολο 2 mm. Από αυτό προέκυψαν οι μετρήσεις για κάθε ελιά της κάθε επανάληψης, όπου αφού υπολογίστηκε η μέση τιμή της κάθε επανάληψης, αυτές χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της μέσης τιμής της κάθε μεταχείρισης.

2.3.3 Μετρήσεις Ελαιοτριβείου

Στις 03/11/2019 έγινε η συγκομιδή του ελαιόκαρπου από τις διάφορες μεταχειρίσεις και οι ελιές μεταφέρθηκαν στην επιχείρηση ΚΑΝΤΙΚΟΣ ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΑ ΠΗΛΙΟΥ Α.Ε.Β.Ε. στον Άγιο Λαυρέντιο Πηλίου σε κλούβες χωρητικότητας 22 κιλών ελαιόκαρπου. Εκεί φυλάχθηκε ο καρπός σε τρεις διαφορετικές κάδες που αντιστοιχούσαν στις τρεις διαφορετικές μεταχειρίσεις. Η ποσότητα ελαιόκαρπου που επιλέχθηκε από κάθε μεταχείριση για τη διαδικασία της λειοτριβίσης ήταν περίπου στα 240 κιλά ώστε να μην επηρεάσει την απόδοση των μαλακτήρων. Η επιλογή της ποσότητας των ελαιόκαρπων ήταν αντιπροσωπευτική της παραγωγής της κάθε επανάληψης για τις μεταχειρίσεις.

Στις 04/11/2019 έγινε η λειοτριβίση. Οι καρποί οδηγήθηκαν μέσω κυλιόμενου διαδρόμου σε ένα σωλήνα όπου μέσω ρεύματος αέρα απομακρύνθηκαν τα φύλλα. Στη συνέχεια πέρασαν από λουτρό νερού για να απομακρυνθούν πέτρες και άλλα φερτά υλικά. Έπειτα, οδηγήθηκαν σε μια διάταξη με σφυριά όπου πολτοποιήθηκαν και από εκεί κατέληξαν σε μαλακτήρες τύπου ΧΕΡΟΥΒΕΙΜ, όπου έγινε η μάλαξη του πολτού για μία ώρα στις 2730 στροφές ανά ώρα. Από εκεί το περιεχόμενο οδηγήθηκε σε decanter ΧΕΡΟΥΒΕΙΜ τριών φάσεων που δουλεύει στις 3100 στροφές ανά λεπτό και διαχωρίζει το λάδι από το νερό και τον πυρήνα. Η όλη διαδικασία έγινε σε θερμοκρασία κάτω από 28 °C, όπως ορίζεται η κρύα έκθλιψη, ενώ το παραγόμενο λάδι δεν πέρασε από φίλτρα.

Κατά τη διάρκεια της παραπάνω διαδικασίας ζυγίστηκαν και καταγράφηκαν με τις διάφορες ζυγαριές της επιχείρησης η εισερχόμενη ποσότητα ελαιόκαρπου και η παραχθείσα ποσότητα ελαιόλαδου για να υπολογιστεί με διαίρεση τους το Ποσοστό Περιεκτικότητας Ελαιόλαδου του ελαιόκαρπου. Επίσης κρατήθηκαν δείγματα των 0,25 L ελαιόλαδου από κάθε μεταχείριση για να γίνουν μετρήσεις για την Οξύτητα Ελαιόλαδου, με τιτλοδότηση των οξέων με αραιό διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου, αλλά και για τον συντελεστή K_{232} , που προέκυψε από φασματοφωτομετρική εξέταση του ελαιόλαδου στο υπεριώδες φως και συγκεκριμένα στα 232 nm μήκος κύματος. Οι παραπάνω μετρήσεις για την ποιότητα ελαιόλαδου πραγματοποιήθηκαν στις 04/11/2019, αλλά και περίπου ένα χρόνο αργότερα στις 28/01/2021.

2.4 Στατιστική Ανάλυση

Οι μετρήσεις που συλλέχθηκαν και τα αποτελέσματα που προέκυψαν καταγράφηκαν σε φύλλα Excel και πολλά από αυτά επεξεργάστηκαν στα ίδια φύλλα. Στα αποτελέσματα που προέκυψαν από τα παραπάνω έγινε στατιστική ανάλυση με χρήση του προγράμματος SPSS 26.0. Πιο συγκεκριμένα έγινε ανάλυση παραλλακτικότητας όπου για παράγοντες χρησιμοποιήθηκαν οι μεταχειρίσεις, για τις παραμέτρους των μετρήσεων αγρού και των μετρήσεων καρπού, ενώ για τις παραμέτρους των μετρήσεων φύλλων χρησιμοποιήθηκε ένας ακόμα παράγοντας, ο χρόνος διεξαγωγής των μετρήσεων.

3. Αποτελέσματα

3.1 Εδαφικές και Κλιματικές Συνθήκες

Σύμφωνα με την εδαφολογική ανάλυση που έγινε από το Ινστιτούτο Βιομηχανικών και Κτηνοτροφικών Φυτών (Ι.Β.Κ.Φ.) Λάρισας ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ και, όπως φαίνεται παρακάτω στον Πίνακα 4, το έδαφος είχε χαμηλά επίπεδα διαθέσιμου Φωσφόρου κατά Olsen και Ανταλλάξιμου Καλίου στον πειραματικό αγρό. Ο αγρός είχε άριστο pH, το ανταλλάξιμο ασβέστιο ήταν πολύ χαμηλό, ενώ το ανταλλάξιμο μαγνήσιο υψηλό. Τέλος, το σημαντικό για την ελιά εκχυλίσμο Β βρίσκονταν σε μια μέση συγκέντρωση.

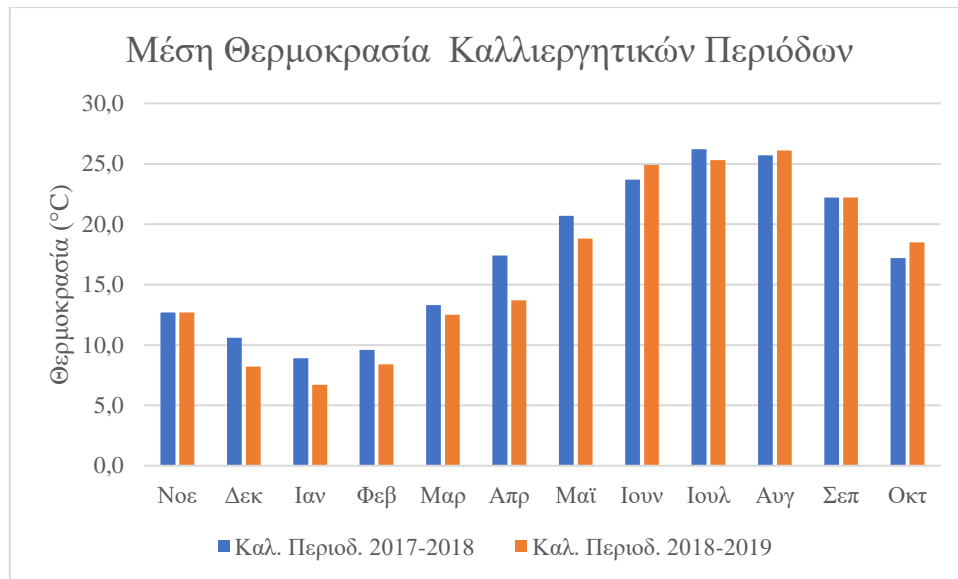
Πίνακας 4. Τα αποτελέσματα (τιμές και χαρακτηρισμούς τους) της εδαφολογικής ανάλυσης σε βάθος 0-30 cm του πειραματικού αγρού που έγιναν στο Ινστιτούτο Βιομηχανικών και Κτηνοτροφικών Φυτών (Ι.Β.Κ.Φ.) Λάρισας του ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ.

Παράμετροι	Τιμή	Χαρακτηρισμός
pH (H ₂ O 1:1) (25 °C)	7,1	Ελαφρά Αλκαλική
Ηλ. Αγωγιμότητα, 25 °C (μS/cm)	158,4	Χαμηλή
Ισοδύναμο CaCO ₃ (%)	1,0	-
Οργανική Ουσία (%)	1,9	Μέτρια
Φώσφορος (P _{Olsen})(mg/kg)	2,2	Χαμηλή
Ανταλλάξιμο Κάλιο (cmol+/kg εδ.)	0,15	Χαμηλή
Ανταλλάξιμο Μαγνήσιο (cmol+/kg εδ.)	4,6	Υψηλή
Εκχυλίσμο Βόριο HwsB (mg/kg εδ.)	0,94	Μέση

3.1.1 Κλιματικές Συνθήκες την Καλλιεργητική Περίοδο 2017-2018

Κατά την καλλιεργητική περίοδο 2017-2018 είχαμε χαμηλό Ύψος Βροχής τον Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο με 39 mm, 1,8 mm και 38,1 mm, αντίστοιχα, και σχετικά ικανοποιητικό Ύψος Βροχής τον Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο με 100,2 mm, 35,1 mm και 50,4 mm, αντίστοιχα, όπως φαίνεται στον Πίνακα 5.

Ταυτόχρονα παρατηρήθηκε μία σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας τους ανοιξιάτικους και θερινούς μήνες και των δύο ετών μελέτης, που βέβαια ήταν σχετικά μεγάλη τον μήνα Μάιο, της καλλιεργητικής περιόδου 2018-2019, με Μέση Θερμοκρασία 20,7 °C, όπως φαίνεται στο Γράφημα 1.



Γράφημα 1. Η Μέση Θερμοκρασία (°C) όλων των μηνών, για τις καλλιεργητικές περιόδους 2017-2018 και 2018-2019, σύμφωνα με τον μετεωρολογικό σταθμό τύπου Watson W-8681 με λογισμικό Cumulus που επιμελείται ο κ. Γιάννης Καλατζής.

3.1.2 Κλιματικές Συνθήκες την Καλλιεργητική Περίοδο 2018-2019

Κατά την καλλιεργητική περίοδο 2018-2019 σύμφωνα με τον Πίνακα 5 είχαμε χαμηλό Ύψος Βροχής τον Μάιο με 3,3 mm, τον Ιούνιο με 19,2 mm, τον Αύγουστο με 12,3 mm και τον Σεπτέμβριο με 37,2 mm.

Η Μέση Θερμοκρασία των θερινών μηνών δεν είχε σημαντική διαφορά μεταξύ τους, ενώ σχετικά υψηλές θερμοκρασίες διατηρήθηκαν ακόμα και τον Οκτώβρη, όπου η Μέση Θερμοκρασία ήταν της τάξης των 18,5 °C όπως φαίνεται στο Γράφημα 1.

Πίνακας 5. Το Ύψος Βροχής (mm) και οι Ημέρες Βροχόπτωσης όλων των μηνών, για τις Καλλιεργητικές Περιόδους 2017-2018 και 2018-2019, σύμφωνα με τον μετεωρολογικό σταθμό τύπου Watson W-8681 με λογισμικό Cumulus που επιμελείται ο κ. Γιάννης Καλατζής.

Μήνας	Ύψος Βροχής	Ύψος Βροχής	Ημέρες βροχόπτωσης			Ημέρες βροχόπτωσης		
	Καλ. Περίοδ. 2017-2018	Καλ. Περίοδ. 2018-2019	Καλ. Περίοδ. 2017-2018			Καλ. Περίοδ. 2018-2019		
	Ολική	Ολική	>0,2mm	>2mm	>20mm	>0,2mm	>2mm	>20mm
Νοε	76,8	157,2	14	8	1	16	13	2
Δεκ	38,7	48,9	7	5	0	16	6	0
Ιαν	202,5	75,3	14	8	2	15	9	0
Φεβ	290,4	91,8	17	11	5	14	8	1

Μαρ	39,0	65,4	7	6	0	6	4	2
Απρ	1,8	54,0	2	2	0	14	10	0
Μάϊ	38,1	3,3	9	5	0	5	1	0
Ιουν	100,2	19,2	8	5	2	6	4	0
Ιουλ	35,1	102,9	5	4	1	7	5	1
Αυγ	50,4	12,3	5	4	1	3	2	0
Σεπτ	121,2	37,2	5	3	2	6	3	0
Οκτ	18,1	77,8	7	2	0	9	5	2
Σύνολο	1012,3	745,3	100	63	14	117	70	8

3.2 Μετρήσεις Ανάπτυξης

3.2.1 Μέγεθος Κορμού και Κόμης

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 6 κατά την καλλιεργητική περίοδο 2018-2019 η Επιφάνεια Διατομής Κορμού ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στις μεταχειρίσεις Μ και ΖS έναντι της μεταχείρισης ΖF, ενώ ο Όγκος Κόμης Δέντρου ήταν σημαντικά μεγαλύτερος στις μεταχειρίσεις Μ και ΖF έναντι της μεταχείρισης ΖS, το οποίο πιθανώς να σημαίνει ότι ο ζεόλιθος στο φύλλωμα μείωσε τη θερμική καταπόνηση τους θερινούς μήνες και βελτίωσε την ανάπτυξη της κόμης του δέντρου.

Πίνακας 6. Επιφάνεια Διατομής Κορμού σε cm², Όγκος Κόμης Δέντρου σε m³ στα δέντρα που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους (ΖS), στα δέντρα που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους και διαφυλλικά (ΖF) και στα δέντρα του μάρτυρα (Μ) για την καλλιεργητική περίοδο 2018-2019, καθώς και η σημαντικότητα τους. Μέσοι όροι ανά στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά με 5% πιθανότητα λάθους.

Μεταχείριση	Επιφάνεια Διατομής Κορμού (cm ²)	Όγκος Κόμης Δέντρου (m ³)
Μ	3860 a	85,5 a
ΖS	3720 a	63,1 b
ΖF	2441 b	85,8 a
Σημαντικότητα	*	**

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

3.2.2 Ανάπτυξη Βλαστών

Κατά την καλλιεργητική περίοδο 2017-2018 ετήσιοι βλαστοί σημαδεύτηκαν στις 23/7/2018 και πραγματοποιήθηκε μέτρηση του αριθμού των φύλλων τους, καθώς τότε άρχισε η έντονη ξηροθερμική περίοδος και στη συνέχεια ξαναπραγματοποιήθηκε μέτρηση του αριθμού των φύλλων τους στις 7/10/2018, που πλέον ήταν φθινόπωρο και η θερμοκρασία είχε μειωθεί, ενώ υπήρχε πλέον και διαθέσιμη υγρασία. Στον Πίνακα 7 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές του αριθμού φύλλων ανά βλαστό από τις οποίες παρατηρούμε ότι η μεταχείριση M είχε τη μεγαλύτερη Ποσοστιαία % αύξηση με 9% έναντι 3% και 1%, των μεταχειρίσεων ZF και ZS αντίστοιχα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η περίοδος 2017-2018 ήταν χρονιά παρενιαυτοφορίας και επομένως όλα τα θρεπτικά στοιχεία του δέντρου χρησιμοποιήθηκαν για να υποστηρίξουν τη βλαστική του ανάπτυξη.

Πίνακας 7. Μέσος αριθμός φύλλων ανά βλαστό, στα δέντρα που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους (ZS), στα δέντρα που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους και διαφυλλικά (ZF) και στα δέντρα του μάρτυρα (M) κατά τις δύο περιόδους δειγματοληψίας για την καλλιεργητική περίοδο 2017-2018, καθώς και η διαφορά τους σε φύλλα και ποσοστιαία %. Με \pm φαίνονται οι τυπικές αποκλίσεις.

Ημ/νια μέτρησης	Μεταχείριση	Μέσος # φύλλων/βλαστό	Διαφορά Μετρήσεων	Ποσοστιαία % Διαφορά Μετρήσεων
23/07/2018	M	55 \pm 15,7	-	-
	ZS	44 \pm 18,2	-	-
	ZF	62 \pm 14,0	-	-
07/10/2018	M	60 \pm 15,7	5	9
	ZS	45 \pm 15,7	1	1
	ZF	64 \pm 15,7	2	3

Κατά την καλλιεργητική περίοδο 2018-2019 ετήσιοι βλαστοί σημαδεύτηκαν στις 30/7/2019 και πραγματοποιήθηκε μέτρηση του αριθμού των φύλλων τους, καθώς τότε άρχισε η έντονη ξηροθερμική περίοδος λόγω όσιμων βροχοπτώσεων, και στη συνέχεια ξαναπραγματοποιήθηκε μέτρηση του αριθμού των φύλλων τους στις 1/10/2019, που πλέον ήταν φθινόπωρο και η θερμοκρασία είχε μειωθεί, ενώ υπήρχε πλέον και διαθέσιμη υγρασία. Στον Πίνακα 8 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές του αριθμού φύλλων ανά βλαστό από τις οποίες παρατηρούμε ότι μεταξύ των μετρήσεων υπήρξε μείωση

του αριθμού των φύλλων για τις μεταχειρίσεις M και ZS, ενώ υπήρξε αύξηση του αριθμού των φύλλων μόνο στην μεταχείριση ZF της τάξης του 1%.

Άξιο αναφοράς είναι ότι η καλλιεργητική περίοδος 2018-2019 ήταν χρονιά καρποφορίας και έτσι η βλαστική ανάπτυξη περιορίστηκε, ώστε το δέντρο να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις ανάπτυξης των καρπών, και μόνο στην περίπτωση της μεταχείρισης ZF υπήρξε μια μικρή βλαστική ανάπτυξη. Αυτό πιθανώς συνέβη εξαιτίας της ανάκλασης ηλιακής ακτινοβολίας από τον ζεόλιθο, της μείωσης της ανάγκης για διαπνοή, πιθανά της αυξημένης περιόδου καθημερινά με ανοικτά στομάτια, και, επομένως, της καλύτερης παραγωγής υδατανθράκων μέσω της φωτοσύνθεσης και της καλύτερης διαχείρισης του διαθέσιμου νερού από το δέντρο. Στις άλλες δύο μεταχειρίσεις βρέθηκε μια μικρή απώλεια φύλλων λόγω της θερινής θερμικής καταπόνησης.

Πίνακας 8. Μέσος αριθμός φύλλων σε σημαδεμένους βλαστούς, στα δέντρα που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους (ZS), στα δέντρα που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους και διαφυλλικά (ZF) και στα δέντρα του μάρτυρα (M) κατά τις δύο περιόδους δειγματοληψίας για την καλλιεργητική περίοδο 2018-2019, καθώς και η διαφορά τους σε φύλλα και ποσοστιαία %. Με \pm φαίνονται οι τυπικές αποκλίσεις.

Ημ/νια μέτρησης	Μεταχείριση	Μέσος αριθμός φύλλων	Διαφορά Μετρήσεων	Ποσοστιαία % Διαφορά Μετρήσεων
30/7/2019	M	38 \pm 14,2	-	-
	ZS	38 \pm 22,4	-	-
	ZF	32 \pm 13,7	-	-
01/10/2019	M	34 \pm 13,1	-4	-9
	ZS	34 \pm 23,0	-4	-11
	ZF	33 \pm 17,5	1	<1

3.3 Μετρήσεις Φύλλων

3.3.1 Χρώμα Φύλλων

Κατά την καλλιεργητική περίοδο 2017-2018 δειγματοληψίες και μετρήσεις για το χρώμα των φύλλων πραγματοποιήθηκαν στις 03/07/2018, την αρχή της ξηροθερμικής περιόδου, και στις 13/09/2018, όπου είχε περάσει. Οι μετρήσεις κατά την πρώτη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκαν κατευθείαν στα φύλλα χωρίς αυτά να καθαριστούν από σκόνες, αφού δεν είχε εφαρμοστεί ζεόλιθος στο φύλλωμα, ενώ κατά τη δεύτερη

δειγματοληψία μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν τόσο πριν όσο και μετά τον καθαρισμό τους από σκόνες.

Σύμφωνα με τον Πίνακα 9, με βάση τον χρόνο μέτρησης, η παράμετρος χρώματος L* ήταν σημαντικά μεγαλύτερη για όλες τις μεταχειρίσεις στην μέτρηση του Ιουλίου. Η παράμετρος χρώματος a* ήταν σημαντικά μικρότερη μόνο στη μεταχείριση ZF κατά την δεύτερη μέτρηση, ενώ στις άλλες μεταχειρίσεις ήταν παρόμοια (Πίν. 9). Η παράμετρος χρώματος b* δεν εμφάνισε κάποια σημαντική διαφορά μεταξύ των μετρήσεων για όλες τις μεταχειρίσεις (Πίν. 9).

Οι δείκτες χρώματος L* και b* είχαν μη σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων και στις δύο μετρήσεις (Πίν. 9). Ο δείκτης χρώματος a* δεν είχε σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων τον Ιούλιο, ενώ ήταν σημαντικά μεγαλύτερος στη μεταχείριση ZS έναντι της ZF κατά τη μέτρηση του Σεπτεμβρίου (Πίν. 9).

Τέλος, η σημαντική διαφορά στην Αλλαγή Χρώματος που παρατηρήθηκε στις μετρήσεις, πριν και μετά το καθαρίσμα των φύλλων από τις σκόνες που έγιναν μόνο κατά τη δεύτερη δειγματοληψία, έδειξε τη μεγάλη διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων που δεν εφαρμόστηκε διαφυλλικός ζεόλιθος και της μεταχείρισης ZF και ουσιαστικά επιβεβαιώνει τον επιτυχημένο πειραματικό σχεδιασμό και ότι είχε παραμείνει όλη τη θερινή σεζόν ο ζεόλιθος επί των φύλλων (Πίν. 9).

Πίνακας 9. Μέτρηση των παραμέτρων χρώματος L*, a*, b* των φύλλων μετά τον καθαρισμό τους, του μέσου όρου αλλαγής χρώματος των φύλλων μετά από καθαρισμό του ζεόλιθου από την επιφάνειά τους στα δέντρα που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους (ZS), στα δέντρα που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους και διαφυλλικά (ZF) και στα δέντρα του μάρτυρα (M) κατά τις δύο περιόδους δειγματοληψίας για την καλλιεργητική περίοδο 2017-2018, καθώς και η σημαντικότητά τους. Μέσοι όροι ανά στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά με 5% πιθανότητα λάθους.

Ημ/νια μέτρησης	Μεταχείριση	L*	a*	b*	Αλλαγή Χρώματος
03/7/2018	M	41,3 a	-6,46 ab	8,72 a	-
	ZS	41,4 a	-6,22 a	8,79 a	-
	ZF	41,4 a	-6,05 a	8,27 a	-
13/09/2018	M	39,9 b	-6,46 ab	8,39 a	1,70 b
	ZS	40,3 b	-6,17 a	8,21 a	1,25 b
	ZF	39,7 b	-6,78 b	8,56 a	5,47 a
Σημαντικότητα ως προς τη μεταχείριση		NS	NS	NS	***
Σημαντικότητα ως προς τον χρόνο		***	NS	NS	-

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

Κατά την καλλιεργητική περίοδο 2018-2019 δειγματοληψίες και μετρήσεις για το χρώμα των φύλλων πραγματοποιήθηκαν στις 23/06/2019, την αρχή της ξηροθερμικής περιόδου, και στις 18/09/2019, όπου είχε περάσει. Οι μετρήσεις τόσο στην πρώτη όσο και στη δεύτερη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκαν πριν και μετά τον καθαρισμό των φύλλων από σκόνες.

Σύμφωνα με τον Πίνακα 10, με βάση τον χρόνο μέτρησης, ο δείκτης χρώματος L^* είχε σημαντικά μεγαλύτερη τιμή στη μέτρηση του Ιουνίου σε σχέση με τη μέτρηση του Σεπτεμβρίου για όλες τις μεταχειρίσεις. Το αντίστροφο ισχύει για τον δείκτη χρώματος a^* όπου είχε σημαντικά μεγαλύτερη τιμή στη μέτρηση του Σεπτεμβρίου σε σχέση με τη μέτρηση του Ιουνίου για όλες τις μεταχειρίσεις (Πίν. 10). Ο δείκτης χρώματος b^* είχε σημαντικά μεγαλύτερη τιμή στη μέτρηση του Ιουνίου στις μεταχειρίσεις ZS και ZF, ενώ δεν είχε σημαντική διαφορά για τη μεταχείριση M, σε σχέση με τη μέτρηση του Σεπτεμβρίου (Πίν. 10).

Οι δείκτες χρώματος L^* και b^* ήταν σημαντικά μεγαλύτεροι στη μεταχείριση ZS σε σχέση με τις άλλες δύο μεταχειρίσεις που είχαν παρόμοιες τιμές και στις δύο παραμέτρους, που δείχνει ότι τα φύλλα της ZS είχαν πιο ανοιχτόχρωμο χρώμα και πιο κίτρινη απόχρωση. Ο δείκτης χρώματος a^* δεν είχε σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων στη μέτρηση του Ιουνίου, ενώ ήταν σημαντικά μικρότερος για τη μεταχείριση ZS έναντι των δύο άλλων μεταχειρίσεων στη μέτρηση του Σεπτεμβρίου, και επομένως τα φύλλα της μεταχείρισης ZS είχαν πιο πράσινη απόχρωση τον Σεπτέμβριο (Πίν. 10).

Η Αλλαγή Χρώματος που παρατηρήθηκε στις μετρήσεις πριν και μετά το καθαρισμό των φύλλων από τις σκόνες είναι σημαντικά μεγαλύτερη τον Σεπτέμβριο για όλες τις μεταχειρίσεις σε σχέση με τον Ιούνιο (Πίν. 10).

Τέλος, η τιμή της Αλλαγής Χρώματος της μεταχείρισης ZF, κατά τη μέτρηση του Ιουνίου, είναι σημαντικά μεγαλύτερη της ZS και ελαφρώς μεγαλύτερη από τη μεταχείριση M, ενώ η τιμή της Αλλαγής Χρώματος της μεταχείρισης ZF, κατά τη μέτρηση του Σεπτεμβρίου, είναι σημαντικά μεγαλύτερη έναντι των άλλων δύο μεταχειρίσεων που έχουν μη σημαντικές διαφορές μεταξύ τους (Πίν. 10).

Πίνακας 10. Μέτρηση των παραμέτρων χρώματος L*, a*, b* των φύλλων, του μέσου όρου αλλαγής χρώματος των φύλλων μετά από καθαρισμό του ζεόλιθου από την επιφάνεια τους στα δέντρα που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους (ZS), στα δέντρα που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους και διαφυλλικά (ZF) και στα δέντρα του μάρτυρα (M) κατά τις δύο περιόδους δειγματοληψίας για την καλλιεργητική περίοδο 2018-2019, καθώς και η σημαντικότητα τους. Μέσοι όροι ανά στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά με 5% πιθανότητα λάθους.

Ημ/νια μέτρησης	Μεταχείριση	L*	a*	b*	Αλλαγή Χρώματος
23/06/2019	M	41,4 b	-9,40 c	11,83 bc	1,35γδ
	ZS	44,0 a	-9,81 c	13,00 a	0,83δ
	ZF	41,5 b	-9,70 c	12,4 ab	1,63γ
18/09/2019	M	38,9 c	-7,75 a	11,33 c	3,23β
	ZS	40,6 b	-8,36 b	12,21 b	1,81γ
	ZF	39,4 bc	-7,94 a	11,15 c	4,45α
Σημαντικότητα ως προς τη μεταχείριση		***	*	***	***
Σημαντικότητα ως προς τον χρόνο		***	***	***	***

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

3.3.2 Ξηρή Ουσία και Ειδικό Βάρος

Κατά την καλλιεργητική περίοδο 2017-2018 δειγματοληψίες και μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στις 03/07/2018, την αρχή της ξηροθερμικής περιόδου, και στις 13/09/2018, όπου είχε περάσει. Οι μετρήσεις κατά την πρώτη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκαν κατευθείαν στα φύλλα χωρίς αυτά να καθαριστούν από σκόνες αφού δεν είχε εφαρμοστεί ζεόλιθος στο φύλλωμα, ενώ κατά τη δεύτερη δειγματοληψία μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στα φύλλα μόνο μετά τον καθαρισμό τους από σκόνες.

Σύμφωνα με τον Πίνακα 11, με βάση τον χρόνο μέτρησης, φαίνεται ότι το ποσοστό % Ξηράς Ουσίας ήταν λίγο μεγαλύτερο τον Σεπτέμβριο σε σχέση με τον Ιούνιο για τις μεταχειρίσεις ZF και M, ενώ ήταν λίγο μικρότερο για τη μεταχείριση ZS μεταξύ των δύο μετρήσεων. Το Ειδικό Βάρος δεν παρουσίασε σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο μετρήσεων και για τις τρεις μεταχειρίσεις (Πίν. 11).

Το ποσοστό % Ξηράς Ουσίας ήταν σημαντικά μεγαλύτερο στη μεταχείριση ZS έναντι των άλλων δύο τον Ιούλιο, ενώ δεν είχε σημαντική διαφορά από τις δυο άλλες μεταχειρίσεις τον Σεπτέμβριο (Πίν. 11). Το Ειδικό Βάρος ήταν σημαντικά μεγαλύτερο

στη μεταχείριση ZS έναντι των άλλων δύο τον Ιούλιο, ενώ αυτή η διαφορά περιορίστηκε μεταξύ τους τον Σεπτέμβριο (Πίν. 11).

Πίνακας 11. Ποσοστό % Ξηράς ουσία και Ειδικό Βάρος των φύλλων στα δέντρα που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους (ZS), στα δέντρα που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους και διαφυλλικά (ZF) και στα δέντρα του μάρτυρα (M) κατά τις δύο περιόδους δειγματοληψίας για την καλλιεργητική περίοδο 2017-2018, καθώς και η σημαντικότητα τους. Μέσοι όροι ανά στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά με 5% πιθανότητα λάθους.

Ημ/νια μέτρησης	Μεταχείριση	Ξηρά Ουσία (%)	Ειδικό Βάρος (mg/cm ²)
03/07/2018	M	48,57 b	19,13 b
	ZS	51,32 a	21,68 a
	ZF	48,76 b	19,72 b
13/09/2018	M	49,49 b	19,30 b
	ZS	50,34 ab	20,77 ab
	ZF	50,46 ab	19,93 b
Σημαντικότητα ως προς τη μεταχείριση		***	***
Σημαντικότητα ως προς τον χρόνο		*	NS

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

Κατά την καλλιεργητική περίοδο 2018-2019 δειγματοληψίες και μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στις 23/06/2019, την αρχή της ξηροθερμικής περιόδου, και στις 18/09/2019, όπου είχε περάσει. Οι μετρήσεις τόσο κατά την πρώτη δειγματοληψία όσο και στη δεύτερη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκαν μετά τον καθαρισμό των φύλλων από σκόνες.

Σύμφωνα με τον Πίνακα 12, με βάση τον χρόνο μέτρησης, φαίνεται ότι το ποσοστό % Ξηράς Ουσίας ήταν σημαντικά μεγαλύτερο στη δεύτερη μέτρηση για όλες τις μεταχειρίσεις και ιδιαίτερα για τη ZS. Το Ειδικό Βάρος ήταν επίσης σημαντικά μεγαλύτερο κατά τη δεύτερη μέτρηση και στις τρεις μεταχειρίσεις (Πίν. 12).

Το ποσοστό % Ξηράς Ουσίας τον Ιούνιο στη μεταχείριση ZF ήταν σημαντικά μεγαλύτερο από τη μεταχείριση M και ελαφρώς μεγαλύτερο από τη μεταχείριση ZS, ενώ τον Σεπτέμβριο ήταν σημαντικά μικρότερο από την μεταχείριση ZS και δεν είχε σημαντική διαφορά από τη μεταχείριση M (Πίν. 12). Το ποσοστό % Ξηράς Ουσίας

στη μεταχείριση ZS ήταν λίγο μεγαλύτερο τον Ιούνιο και σημαντικά μεγαλύτερο τον Σεπτέμβριο από τη μεταχείριση M. Το Ειδικό Βάρος δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων τον Ιούνιο, ενώ ήταν σημαντικά μεγαλύτερο στη μεταχείριση ZS έναντι των άλλων δυο, που είχαν μη σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. στη μέτρηση του Σεπτεμβρίου (Πίν. 12).

Πίνακας 12. Ξηρά ουσία και Ειδικό Βάρος των φύλλων στα δέντρα που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους (ZS), στα δέντρα που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους και διαφυλλικά (ZF) και στα δέντρα του μάρτυρα (M) κατά τις δύο περιόδους δειγματοληψίας για την καλλιεργητική περίοδο 2018-2019, καθώς και η σημαντικότητα τους. Μέσοι όροι ανά στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά με 5% πιθανότητα λάθους.

Ημ/νια μέτρησης	Μεταχείριση	Ξηρά Ουσία (%)	Ειδικό Βάρος (mg/cm ²)
23/06/2019	M	46,00 d	17,72 c
	ZS	46,76 cd	17,74 c
	ZF	47,53 c	18,13 c
18/09/2019	M	49,74 b	19,84 b
	ZS	53,00 a	22,99 a
	ZF	49,95 b	20,13 b
Σημαντικότητα ως προς τη μεταχείριση		**	**
Σημαντικότητα ως προς τον χρόνο		***	***

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

3.3.3 Χλωροφύλλη a και Χλωροφύλλη b

Κατά την καλλιεργητική περίοδο 2017-2018 δειγματοληψίες και μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στις 03/07/2018, την αρχή της ξηροθερμικής περιόδου, και στις 13/09/2018, όπου είχε περάσει. Οι μετρήσεις κατά την πρώτη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκαν κατευθείαν στα φύλλα χωρίς αυτά να καθαριστούν από σκόνες, αφού δεν είχε εφαρμοστεί ζεόλιθος στο φύλλωμα, ενώ κατά τη δεύτερη δειγματοληψία μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν μόνο μετά τον καθαρισμό τους από σκόνες.

Σύμφωνα με τον Πίνακα 13, με βάση τον χρόνο, η συγκέντρωση Χλωροφύλλης a, εκφρασμένη σε mg ανά g ξηράς ουσίας των φύλλων, τον Ιούλιο ήταν σημαντικά

μεγαλύτερη για τη μεταχείριση M, σημαντικά μικρότερη για τη μεταχείριση ZS και μη σημαντικά μικρότερη για τη μεταχείριση ZF σε σχέση με τον Σεπτέμβριο. Η συγκέντρωση Χλωροφύλλης b, εκφρασμένη σε mg ανά g ξηράς ουσίας των φύλλων, δεν παρουσίασε σημαντική διαφορά μεταξύ του Ιούλιο και του Σεπτέμβριο για όλες τις μεταχειρίσεις (Πίν. 13). Η συγκέντρωση Ολικής Χλωροφύλλης, εκφρασμένη σε mg ανά g ξηράς ουσίας των φύλλων, δεν παρουσίασε σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο μετρήσεων για τις μεταχειρίσεις ZF και M, αλλά ήταν μεγαλύτερη κατά τη δεύτερη μέτρηση για τη μεταχείριση ZS (Πίν. 13). Ο λόγος Χλωροφύλλη a / Χλωροφύλλη b ήταν σημαντικά μεγαλύτερος τον Σεπτέμβριο σε σχέση με τον Ιούλιο για τις μεταχειρίσεις ZS και ZF, ενώ δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των δύο μετρήσεων για τη μεταχείριση M (Πίν. 13).

Η συγκέντρωση της Χλωροφύλλης a, εκφρασμένη σε mg ανά g ξηράς ουσίας των φύλλων, ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στη μεταχείριση M σε σχέση με τη μεταχείριση ZF και σημαντικά μεγαλύτερη στη μεταχείριση ZF από ότι στη μεταχείριση ZS τον Ιούλιο, ενώ δεν υπήρχε σημαντική διαφορά στη συγκέντρωση της Χλωροφύλλης a μεταξύ των μεταχειρίσεων τον Σεπτέμβριο (Πίν. 13). Η συγκέντρωση Χλωροφύλλης b, εκφρασμένη σε mg ανά g ξηράς ουσίας των φύλλων, ήταν μεγαλύτερη στη μεταχείριση M σε σχέση με τη μεταχείριση ZF και μεγαλύτερη στη μεταχείριση ZF από ότι στη μεταχείριση ZS τον Ιούλιο, ενώ η συγκέντρωση της Χλωροφύλλης b ήταν μεγαλύτερη στη μεταχείριση M έναντι των άλλων δύο μεταχειρίσεων τον Σεπτέμβριο (Πίν. 13). Η συγκέντρωση Ολικής Χλωροφύλλης, εκφρασμένη σε mg ανά g ξηράς ουσίας των φύλλων, ήταν μεγαλύτερη στη μεταχείριση M σε σχέση με τη μεταχείριση ZF και σημαντικά μεγαλύτερη στη μεταχείριση ZF από ότι στη μεταχείριση ZS τον Ιούλιο, ενώ δεν υπήρχε σημαντική διαφορά στη συγκέντρωση Ολικής Χλωροφύλλης μεταξύ των μεταχειρίσεων τον Σεπτέμβριο (Πίν. 13). Ο λόγος Χλωροφύλλη a / Χλωροφύλλη b δεν παρουσίασε σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων τον Ιούλιο, ενώ ήταν σημαντικά μεγαλύτερος στη μεταχείριση ZF έναντι της μεταχείρισης M, λίγο μεγαλύτερος στη μεταχείριση ZF σε σχέση με τη μεταχείριση ZS και λίγο μεγαλύτερος στη μεταχείριση ZS από ότι στη μεταχείριση M τον Σεπτέμβριο (Πίν. 13).

Πίνακας 13. Χλωροφύλλη a, Χλωροφύλλη b και Ολική Χλωροφύλλη εκφρασμένες σε mg ανά g ξηράς ουσίας των φύλλων και ο λόγος Χλωροφύλλης a προς Χλωροφύλλη b στα δέντρα που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους (ZS), στα δέντρα που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους και διαφυλλικά (ZF) και στα δέντρα του μάρτυρα (M) κατά τις δύο περιόδους δειγματοληψίας για την καλλιεργητική περίοδο 2017-2018, καθώς και η σημαντικότητα τους. Μέσοι όροι ανά στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά με 5% πιθανότητα λάθους.

Ημ/νια μέτρησης	Μεταχείριση	Χλωροφύλλη a (mg/g ΞΟ)	Χλωροφύλλη b (mg/g ΞΟ)	Ολική Χλωροφύλλη (mg/g ΞΟ)	Χλωροφύλλη a / Χλωροφύλλη b
03/7/2018	M	3,35 a	1,13 a	4,48 a	2,96 b
	ZS	2,67 c	0,93 b	3,60 c	2,88 b
	ZF	3,10 b	1,06 ab	4,16 ab	2,93 b
13/09/2018	M	3,11 b	1,08 ab	4,19 ab	2,89 b
	ZS	3,04 b	1,01 b	4,05 b	3,02 ab
	ZF	2,97 b	0,92 b	3,89 bc	3,08 a
Σημαντικότητα ως προς τη μεταχείριση		***	**	***	*
Σημαντικότητα ως προς τον χρόνο		NS	NS	NS	*

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

Σύμφωνα με τον Πίνακα 14, με βάση τον χρόνο, η συγκέντρωση της Χλωροφύλλης a, εκφρασμένη σε mg ανά τετραγωνικό μέτρο φυλλώματος, τον Σεπτέμβριο ήταν σημαντικά μεγαλύτερη για τη μεταχείριση ZS και δεν διέφερε σημαντικά για τις μεταχειρίσεις M και ZF σε σχέση με τον Ιούλιο. Η συγκέντρωση της Χλωροφύλλης b, εκφρασμένη σε mg ανά τετραγωνικό μέτρο φυλλώματος, τον Σεπτέμβριο ήταν σημαντικά μεγαλύτερη για τη μεταχείριση ZS και δεν διέφερε σημαντικά στις μεταχειρίσεις M και ZF σε σχέση με τον Ιούλιο (Πίν. 14). Η συγκέντρωση της Ολικής Χλωροφύλλης, εκφρασμένη σε mg ανά τετραγωνικό μέτρο φυλλώματος, τον Σεπτέμβριο ήταν σημαντικά μεγαλύτερη για τη μεταχείριση ZS και δεν διέφερε σημαντικά στις μεταχειρίσεις M και ZF σε σχέση με τον Ιούλιο (Πίν. 14).

Η συγκέντρωση της Χλωροφύλλης a, εκφρασμένη σε mg ανά τετραγωνικό μέτρο φυλλώματος, ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στη μεταχείριση M σε σχέση με τη μεταχείριση ZF και σημαντικά μεγαλύτερη στη μεταχείριση ZF από ότι στη μεταχείριση ZS τον Ιούλιο, ενώ δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των μεταχειρίσεων τον

Σεπτέμβριο (Πίν. 14). Η συγκέντρωση της Χλωροφύλλης b, εκφρασμένη σε mg ανά τετραγωνικό μέτρο φυλλώματος, ήταν λίγο μεγαλύτερη στη μεταχείριση M σε σχέση με τη μεταχείριση ZF και σημαντικά μεγαλύτερη στη μεταχείριση ZF σε σχέση με τη μεταχείριση ZS τον Ιούλιο, ενώ τον Σεπτέμβριο ήταν μεγαλύτερη στη μεταχείριση M σε σχέση με τη μεταχείριση ZS και σημαντικά μεγαλύτερη στη μεταχείριση ZS από τη μεταχείριση ZF (Πίν. 14). Η συγκέντρωση της Ολικής Χλωροφύλλης, εκφρασμένη σε mg ανά τετραγωνικό μέτρο φυλλώματος, ήταν σημαντικά μικρότερη στη μεταχείριση ZS σε σχέση με τις μεταχειρίσεις M και ZF που είχαν μη σημαντικές διαφορές μεταξύ τους τον Ιούλιο, ενώ τον Σεπτέμβριο ήταν λίγο μεγαλύτερη στη μεταχείριση M σε σχέση με τις μεταχειρίσεις ZS και ZF που είχαν μη σημαντικές διαφορές μεταξύ τους (Πίν. 14).

Πίνακας 14. Χλωροφύλλη a, Χλωροφύλλη b και Ολική Χλωροφύλλη εκφρασμένες σε mg ανα τετραγωνικό μέτρο φυλλώματος στα δέντρα που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους (ZS), στα δέντρα που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους και διαφυλλικά (ZF) και στα δέντρα του μάρτυρα (M) κατά τις δύο περιόδους δειγματοληψίας για την καλλιεργητική περίοδο 2017-2018, καθώς και η σημαντικότητά τους. Μέσοι όροι ανά στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά με 5% πιθανότητα λάθους.

Ημ/νια μέτρησης	Μεταχείριση	Χλωροφύλλη a (mg/m ²)	Χλωροφύλλη b (mg/m ²)	Ολική Χλωροφύλλη (mg/m ²)
03/07/2018	M	606 a	205 ab	810 ab
	ZS	538 c	187 c	725 c
	ZF	582 b	198 b	781 b
13/09/2018	M	608 a	211 a	820 a
	ZS	609 a	202 ab	810 ab
	ZF	598 ab	194 bc	785 ab
Σημαντικότητα ως προς τη μεταχείριση		**	*	**
Σημαντικότητα ως προς τον χρόνο		***	**	**

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

Κατά την καλλιεργητική περίοδο 2018-2019 δειγματοληψίες και μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στις 23/06/2019, την αρχή της ξηροθερμικής περιόδου, και στις 18/09/2019, όπου είχε περάσει. Οι μετρήσεις τόσο κατά την πρώτη δειγματοληψία όσο

και στη δεύτερη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκαν μετά τον καθαρισμό τους από σκόνες.

Σύμφωνα με τον Πίνακα 15, με βάση τον χρόνο, η συγκέντρωση της Χλωροφύλλης a, εκφρασμένη σε mg ανά g ξηράς ουσίας των φύλλων, ήταν σημαντικά μεγαλύτερη τον Σεπτέμβριο σε σχέση με τον Ιούνιο για όλες τις μεταχειρίσεις. Η συγκέντρωση της Χλωροφύλλης b, εκφρασμένη σε mg ανά g ξηράς ουσίας των φύλλων, ήταν σημαντικά μεγαλύτερη τον Σεπτέμβριο σε σχέση με τον Ιούνιο για όλες τις μεταχειρίσεις (Πίν. 15). Η συγκέντρωση της Ολικής Χλωροφύλλης, ήταν σημαντικά μεγαλύτερη τον Σεπτέμβριο σε σχέση με τον Ιούνιο για όλες τις μεταχειρίσεις (Πίν. 15). Τέλος, ο λόγος Χλωροφύλλη a / Χλωροφύλλη b δεν παρουσίασε σημαντική διαφορά μεταξύ των μετρήσεων του Σεπτεμβρίου και του Ιουνίου για τις μεταχειρίσεις ZF και ZS, ενώ για τη μεταχείριση M ήταν σημαντικά μικρότερος τον Σεπτέμβριο (Πίν. 15).

Η συγκέντρωση της Χλωροφύλλης a, εκφρασμένη σε mg ανά g ξηράς ουσίας των φύλλων, ήταν σημαντικά μικρότερη για την μεταχείριση ZS σε σχέση με τις μεταχειρίσεις M και ZF που δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους τον Ιούνιο, ενώ τον Σεπτέμβριο ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στη μεταχείριση ZF σε σχέση με τις άλλες δύο μεταχειρίσεις και σημαντικά μεγαλύτερη στη μεταχείριση M από ότι στη ZS (Πίν. 15). Η συγκέντρωση της Χλωροφύλλης b, εκφρασμένη σε mg ανά g ξηράς ουσίας των φύλλων, ήταν σημαντικά μικρότερη στη μεταχείριση ZS σε σχέση με τις άλλες δύο μεταχειρίσεις που δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους τον Ιούνιο και τον Σεπτέμβριο (Πίν. 15). Η συγκέντρωση της Ολικής Χλωροφύλλης, εκφρασμένη σε mg ανά g ξηράς ουσίας των φύλλων, ήταν σημαντικά μικρότερη στη μεταχείριση ZS σε σχέση με τις άλλες δύο μεταχειρίσεις που δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους τον Ιούνιο, ενώ τον Σεπτέμβριο ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στη μεταχείριση ZF σε σχέση με τη μεταχείριση M και σημαντικά μεγαλύτερη στην μεταχείριση M σε σχέση με τη μεταχείριση ZS (Πίν. 15). Ο λόγος Χλωροφύλλη a / Χλωροφύλλη b δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των τριών μεταχειρίσεων τον Ιούνιο, ενώ τον Σεπτέμβριο ήταν σημαντικά μεγαλύτερος για τη μεταχείριση ZF σε σχέση με τη μεταχείριση M, λίγο μεγαλύτερος για τη ZF σε σχέση με τη ZS και λίγο μεγαλύτερος για τη ZS σε σχέση με τη M (Πίν. 15).

Πίνακας 15. Χλωροφύλλη a, Χλωροφύλλη b και Ολική Χλωροφύλλη εκφρασμένες σε mg ανά g ξηράς ουσίας των φύλλων και ο λόγος Χλωροφύλλης a προς Χλωροφύλλη b στα δέντρα που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους (ZS), στα δέντρα που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους και διαφυλλικά (ZF) και στα δέντρα του μάρτυρα (M) κατά τις δύο περιόδους δειγματοληψίας για την καλλιεργητική περίοδο 2018-2019, καθώς και η σημαντικότητα τους. Μέσοι όροι ανά στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά με 5% πιθανότητα λάθους.

Ημ/νια μέτρησης	Μεταχείριση	Χλωροφύλλη a (mg/g ΞΟ)	Χλωροφύλλη b (mg/g ΞΟ)	Ολική Χλωροφύλλη (mg/g ΞΟ)	Χλωροφύλλη a / Χλωροφύλλη b
23/06/2019	M	2,85 bc	0,89 b	3,73 c	3,22 a
	ZS	2,41 d	0,76 c	3,18 d	3,16 ab
	ZF	2,89 bc	0,91 b	3,80 c	3,16 ab
18/09/2019	M	3,10 b	1,01 a	4,09 b	3,10 b
	ZS	2,77 c	0,84 b	3,60 c	3,14 ab
	ZF	3,35 a	1,04 a	4,38 a	3,22 a
Σημαντικότητα ως προς τη μεταχείριση		***	***	***	NS
Σημαντικότητα ως προς τον χρόνο		***	***	***	NS

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

Σύμφωνα με τον Πίνακα 3.16, με βάση τον χρόνο, η συγκέντρωση της Χλωροφύλλης a, εκφρασμένη σε mg ανά τετραγωνικό μέτρο φυλλώματος, ήταν σημαντικά μεγαλύτερη τον Σεπτέμβριο σε σχέση με τον Ιούνιο για όλες τις μεταχειρίσεις. Η συγκέντρωση της Χλωροφύλλης b, εκφρασμένη σε mg ανά τετραγωνικό μέτρο φυλλώματος, ήταν επίσης σημαντικά μεγαλύτερη τον Σεπτέμβριο σε σχέση με τον Ιούνιο για όλες τις μεταχειρίσεις (Πίν. 16). Η συγκέντρωση της Ολικής Χλωροφύλλης, εκφρασμένη σε mg ανά τετραγωνικό μέτρο, ήταν επίσης σημαντικά μεγαλύτερη τον Σεπτέμβριο σε σχέση με τον Ιούνιο για όλες τις μεταχειρίσεις (Πίν. 16).

Η συγκέντρωση της Χλωροφύλλης a, εκφρασμένη σε mg ανά τετραγωνικό μέτρο φυλλώματος, ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στη μεταχείριση ZF σε σχέση με τη μεταχείριση M και σημαντικά μεγαλύτερη στη M από ότι στη ZS, τόσο τον Ιούνιο όσο και τον Σεπτέμβριο (Πίν. 16). Η συγκέντρωση της Χλωροφύλλης b, εκφρασμένη σε mg ανά τετραγωνικό μέτρο φυλλώματος, ήταν μεγαλύτερη στη μεταχείριση ZF σε σχέση με τη μεταχείριση M και λίγο μεγαλύτερη στη μεταχείριση M από ότι στη

μεταχείριση ZS τον Ιούνιο, ενώ τον Σεπτέμβριο ήταν σημαντικά μικρότερη στη μεταχείριση ZS από ότι στις μεταχειρίσεις ZF και M που δεν είχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους (Πίν. 16). Η συγκέντρωση της Ολικής Χλωροφύλλης, εκφρασμένη σε mg ανά τετραγωνικό μέτρο φυλλώματος, ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στη μεταχείριση ZF σε σχέση με τις μεταχειρίσεις M και ZS που δεν είχαν σημαντική διαφορά μεταξύ τους τον Ιούνιο, ενώ τον Σεπτέμβριο ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στη μεταχείριση ZF σε σχέση με τη μεταχείριση M και σημαντικά μεγαλύτερη στη μεταχείριση M από ότι στη μεταχείριση ZS (Πίν. 16).

Πίνακας 16. . Χλωροφύλλη a, Χλωροφύλλη b και Ολική Χλωροφύλλη εκφρασμένες σε mg ανά τετραγωνικό μέτρο φυλλώματος στα δέντρα που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους (ZS), στα δέντρα που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους και διαφυλλικά (ZF) και στα δέντρα του μάρτυρα (M) κατά τις δύο περιόδους δειγματοληψίας για την καλλιεργητική περίοδο 2018-2019, καθώς και η σημαντικότητά τους. Μέσοι όροι ανά στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά με 5% πιθανότητα λάθους.

Ημ/νια μέτρησης	Μεταχείριση	Χλωροφύλλη a (mg/m ²)	Χλωροφύλλη b (mg/m ²)	Ολική Χλωροφύλλη (mg/m ²)
23/06/2019	M	475 e	148 c	624 e
	ZS	453 f	143 c	596 e
	ZF	501 d	159 b	660 d
18/09/2019	M	574 b	186 a	760 b
	ZS	540 c	168 b	708 c
	ZF	622 a	193 a	816 a
Σημαντικότητα ως προς τη μεταχείριση		***	***	***
Σημαντικότητα ως προς τον χρόνο		***	***	***

Σημαντικότητα: *** επίπεδο σημαντικότητας 0,001.

3.3.4 Φυλλοδιαγνωστική

Κατά την καλλιεργητική περίοδο 2018-2019 δειγματοληψία φύλλων για φυλλοδιαγνωστική πραγματοποιήθηκε στις 17/1/2019 και αφού τα φύλλα ξεπλύθηκαν με απιονισμένο νερό και αποξηράθηκαν στάλθηκαν στο Ινστιτούτο Εδαφοϋδατικών

Πόρων Θεσσαλονίκης του ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ όπου πραγματοποιήθηκε η φυλλοδιαγνωστική ανάλυση.

Από τον Πίνακα 17 παρατηρούμε ότι το ποσοστό % Αζώτου N στα φύλλα ήταν περισσότερο στη μεταχείριση M από ότι στη μεταχείριση ZF και στη μεταχείριση ZF σε σχέση με τη μεταχείριση ZS, ενώ όλες οι μεταχειρίσεις είχαν τιμές εντός των ορίων επάρκειας. Το ποσοστό % Φώσφορου P στα φύλλα ήταν παρόμοιο για όλες τις μεταχειρίσεις και ήταν επίσης εντός ορίου επάρκειας (Πίν. 17). Το ποσοστό % Καλίου K στα φύλλα ήταν περισσότερο στη μεταχείριση ZF σε σχέση με τις άλλες δύο μεταχειρίσεις που είχαν το ίδιο ποσοστό ενώ ήταν εντός ορίου επάρκειας σε όλες τους (Πίν. 17). Το ποσοστό % Ασβεστίου Ca στα φύλλα ήταν παρόμοιο για όλες τις μεταχειρίσεις και ήταν εντός ορίου επάρκειας, παρότι στο έδαφος ήταν χαμηλό (Πίν. 17). Το ποσοστό % Μαγνησίου Mg στα φύλλα είχε επίσης παρόμοιες τιμές για όλες τις μεταχειρίσεις και ήταν λίγο κάτω από τα όρια επάρκειας, παρότι στο έδαφος ήταν υψηλό (Πίν. 17). Το ποσοστό % Σιδήρου Fe στα φύλλα ήταν σημαντικά μεγαλύτερο για τη μεταχείριση M σε σχέση με τη ZF και μεγαλύτερο για την μεταχείριση ZF σε σχέση με τη ZS, ενώ ήταν εντός ορίων επάρκειας σε όλες τις μεταχειρίσεις (Πίν. 17). Η περιεκτικότητα Βόριου B στα φύλλα, εκφρασμένη σε mg ανά kg φύλλων, ήταν μικρότερη για τη μεταχείριση M σε σχέση με τις μεταχειρίσεις ZS και ZF που είχαν παρόμοιες τιμές, ενώ ήταν εντός ορίου επάρκειας για όλες τις μεταχειρίσεις (Πίν. 17). Η περιεκτικότητα Χαλκού Cu στα φύλλα, εκφρασμένη σε mg ανά kg φύλλων, είχε μεγαλύτερη τιμή στη μεταχείριση ZS έναντι των δύο άλλων μεταχειρίσεων που είχαν παρεμφερείς τιμές μεταξύ τους και ήταν σε φυσιολογικά επίπεδα (Πίν. 17). Η περιεκτικότητα Ψευδάργυρου Zn στα φύλλα, εκφρασμένη σε mg ανά kg φύλλων, ήταν υψηλότερη στη μεταχείριση M έναντι των άλλων δύο μεταχειρίσεων που είχαν ίδιες τιμές, ενώ ήταν κάτω από τα όρια επάρκειας για όλες τις μεταχειρίσεις (Πίν. 17). Τέλος, η περιεκτικότητα Μαγγανίου Mn στα φύλλα, εκφρασμένη σε mg ανά kg φύλλων ήταν ηψηλότερη στη μεταχείριση ZS έναντι των άλλων δύο μεταχειρίσεων που είχαν παρόμοιες τιμές, ενώ ήταν εντός ορίων επάρκειας για όλες τις μεταχειρίσεις (Πίν. 17).

Πίνακας 17. Οι τιμές των Μακροστοιχείων και Μικροστοιχείων που προέκυψαν από φυλλοδιαγνωστική ανάλυση, στα δέντρα που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους (ZS), στα δέντρα που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους και διαφυλλικά (ZF) και στα δέντρα του μάρτυρα (M), η οποία έγινε στο Ινστιτούτο Εδαφοϋδατικών Πόρων Θεσσαλονίκης του ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ.

Στοιχείο – Όρια Επάρκειας	Μεταχείριση		
	M	ZS	ZF
Αζωτο N (%) – 1,5 έως 2,5	1,97	1,85	1,93
Φώσφορος P (%) – 0,11 έως 0,30	0,17	0,17	0,18
Κάλιο K(%) – 0,91 έως 1,20	0,95	0,95	1,08
Ασβέστιο Ca (%) – 1,01 έως 2,5	1,25	1,21	1,22
Μαγνήσιο Mg (%) – 0,21 έως 0,30	0,19	0,19	0,17
Σίδηρος Fe (%) – 50 έως 150	115	81,1	89,4
Βόριο B (mg/kg) – 20 έως 75	21,8	24,3	24,0
Χαλκός Cu (mg/kg) - 5 έως 20	8,5	9,3	8,7
Ψευδάργυρος Zn (mg/kg) – 25 έως 50	20,6	18,5	18,5
Μαγγάνιο Mn (mg/kg) – 25 έως 60	31,5	32,5	31,6

3.4 Μετρήσεις Καρπών

Κατά την καλλιεργητική περίοδο 2018-2019 η οποία ήταν χρονιά καρποφορίας πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία των καρπών στις 01/10/2019 και μετρήσεις ποιότητας στις 03/10/2019, αφού οι καρποί καθαρίστηκαν από τη σκόνη.

3.4.1 Χρώμα Καρπών

Σύμφωνα με τον Πίνακα 18 ο δείκτης χρώματος L^* ήταν σημαντικά μεγαλύτερος για τη μεταχείριση ZS σε σχέση με τη μεταχείριση ZF, ενώ η μεταχείριση M είχε ενδιάμεσες τιμές. Ο δείκτης χρώματος a^* δεν παρουσίασε σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων (Πίν. 18). Ο δείκτης χρώματος b^* επίσης δεν παρουσίασε σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων (Πίν. 18).

Πίνακας 18. Οι παράμετροι χρώματος L*, a*, b* των καρπών στα δέντρα που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους (ZS), στα δέντρα που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους και διαφυλλικά (ZF) και στα δέντρα του μάρτυρα (M) κατά την καλλιεργητική περίοδο 2018-2019, καθώς και η σημαντικότητα τους. Μέσοι όροι ανά στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά με 5% πιθανότητα λάθους.

Μεταχείριση	L*	a*	b*
M	55,8 ab	-18,3 a	34,5 a
ZS	56,3 a	-18,3 a	34,3 a
ZF	55,3 b	-18,5 a	34,2 a
Σημαντικότητα	**	NS	NS

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

3.4.2 Διαστάσεις Καρπών

Σύμφωνα με τον Πίνακα 19 το Μήκος Καρπού ήταν σημαντικά μεγαλύτερο στη μεταχείριση ZF έναντι των δύο άλλων που είχαν παρόμοιο Μήκος Καρπού μεταξύ τους. Το Πλάτος Καρπού ήταν παρόμοιο στις μεταχειρίσεις ZF και ZS και σημαντικά μεγαλύτερο σε σχέση με το Πλάτος Καρπού στη μεταχείριση M (Πίν. 19). Ο λόγος Μήκος προς Πλάτος Καρπού ήταν παρόμοιος μεταξύ των μεταχειρίσεων M και ZF και ταυτόχρονα σημαντικά μεγαλύτερος έναντι της μεταχείρισης ZS (Πίν. 19).

Πίνακας 19. Το Μήκος Καρπού, το Πλάτος Καρπού, ο λόγος Μήκος προς Πλάτος Καρπού στα δέντρα που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους (ZS), στα δέντρα που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους και διαφυλλικά (ZF) και στα δέντρα του μάρτυρα (M) κατά την καλλιεργητική περίοδο 2018-2019, καθώς και η σημαντικότητα τους. Μέσοι όροι ανά στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά με 5% πιθανότητα λάθους.

Μεταχείριση	Μήκος Καρπού (mm)	Πλάτος Καρπού (mm)	Μήκος / Πλάτος Καρπού
M	22,8 b	16,6 b	1,38 a
ZS	23,0 b	17,5 a	1,31 b
ZF	24,0 a	17,7 a	1,35 a
Σημαντικότητα	**	**	**

Σημαντικότητα: ** επίπεδο σημαντικότητας 0,01

3.4.3 Άλλες Παράμετροι Καρπού

Σύμφωνα με τον Πίνακα 20 το Βάρος Καρπού ήταν σημαντικά μεγαλύτερο στη μεταχείριση ZF έναντι των άλλων δύο μεταχειρίσεων που είχαν παρόμοιες τιμές μεταξύ τους. Το Βάρος Πυρήνα ήταν επίσης σημαντικά μεγαλύτερο στη μεταχείριση ZF έναντι των άλλων δύο που είχαν ίδιες τιμές μεταξύ τους (Πίν. 20). Το ποσοστό % Ξηράς Ουσίας Σάρκας ήταν σημαντικά μεγαλύτερο στη μεταχείριση ZS σε σχέση με τη μεταχείριση M, και στη μεταχείριση M σε σχέση με τη μεταχείριση ZF (Πίν. 20). Το ποσοστό % Σάρκας Καρπού ήταν σημαντικά μεγαλύτερο στη μεταχείριση ZF σε σχέση τις άλλες δύο μεταχειρίσεις και στη μεταχείριση ZS σε σχέση με τη μεταχείριση M (Πίν. 20).

Πίνακας 20. Το Βάρος Καρπού, το Βάρος Πυρήνα, το ποσοστό % Ξηράς Ουσίας Σάρκας, το ποσοστό % Σάρκας Καρπού στα δέντρα που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους (ZS), στα δέντρα που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους και διαφυλλικά (ZF) και στα δέντρα του μάρτυρα (M) κατά την καλλιεργητική περίοδο 2018-2019, καθώς και η σημαντικότητα τους. Μέσοι όροι ανά στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά με 5% πιθανότητα λάθους.

Μεταχείριση	Βάρος Καρπού (g)	Βάρος Πυρήνα (g)	Ξηρή Ουσία Σάρκας (%)	Σάρκα Καρπού (%)
M	3,61 b	0,59 b	28,6 b	83,7 c
ZS	3,76 b	0,59 b	30,6 a	84,3 b
ZF	4,26 a	0,63 a	26,6 c	85,2 a
Σημαντικότητα	***	**	***	***

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

Σύμφωνα με τον Πίνακα 21 η Σκληρότητα Σάρκας καρπού ήταν σημαντικά μικρότερη στη μεταχείριση ZF σε σχέση με τις μεταχειρίσεις ZS και M, οι οποίες είχαν παρόμοια Σκληρότητα Σάρκας καρπού μεταξύ τους.

Πίνακας 21. Η Σκληρότητα Σάρκας στα δέντρα που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους (ZS), στα δέντρα που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους και διαφυλλικά (ZF) και στα δέντρα του μάρτυρα (M) κατά την καλλιεργητική περίοδο 2018-2019, καθώς και η σημαντικότητα της. Μέσοι όροι ανά στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά με 5% πιθανότητα λάθους.

Μεταχείριση	Σκληρότητα Σάρκας (kgF)
M	0,53 a
ZS	0,54 a
ZF	0,45 b
Σημαντικότητα	**

Σημαντικότητα: ** επίπεδο σημαντικότητας 0,01

3.4.4 Μετρήσεις Παραγωγής

Κατά την καλλιεργητική περίοδο 2018-2019, η οποία ήταν χρονιά καρποφορίας, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της παραγωγής των καρπών κατά τη συγκομιδή στις 03/11/2019 και υπολογίστηκαν μερικές άλλες παράμετροι.

Σύμφωνα με τον Πίνακα 22, η Παραγωγή καρπών ανά δέντρο ήταν σημαντικά υψηλότερη στη μεταχείριση ZF σε σχέση με τις δύο άλλες μεταχειρίσεις και στη μεταχείριση M σε σχέση με τη μεταχείριση ZS. Η Παραγωγικότητα, εκφρασμένη σε g καρπού ανά cm² Επιφάνειας Διατομής Κορμού, ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στη μεταχείριση ZF έναντι των άλλων δύο μεταχειρίσεων που δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους (Πίν. 22). Η Παραγωγικότητα, εκφρασμένη σε g καρπού ανά m³ Κόμης Δέντρου, ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στη μεταχείριση ZF σε σχέση με τις άλλες δύο μεταχειρίσεις και στη μεταχείριση ZS σε σχέση με τη μεταχείριση M (Πίν. 22).

Πίνακας 22. Η Παραγωγή καρπών ανά δέντρο, η Παραγωγικότητα εκφρασμένη σε g καρπού ανά cm² Επιφάνειας Διατομής Κορμού και σε g καρπού ανά m³ Όγκου Κόμης Δέντρου στα δέντρα που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους (ZS), στα δέντρα που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους και διαφυλλικά (ZF) και στα δέντρα του μάρτυρα (M) κατά την καλλιεργητική περίοδο 2018-2019, καθώς και η σημαντικότητά τους. Μέσοι όροι ανά στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά με 5% πιθανότητα λάθους.

Μεταχείριση	Παραγωγή (kg)	Παραγωγικότητα (g/cm ²)	Παραγωγικότητα (g/m ³)
M	93 b	23,0 b	1050 c
ZS	77 c	20,6 b	1253 b
ZF	109 a	43,7 a	1383 a
Σημαντικότητα	**	***	***

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

3.4.5 Μετρήσεις Προσβολής από δάκο

Κατά την καλλιεργητική περίοδο 2018-2019, η οποία ήταν χρονιά καρποφορίας, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της προσβολής των καρπών από δάκο κατά τη συγκομιδή στις 03/11/2019 στον πειραματικό αγρό.

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 23 το ποσοστό % Προσβολής Καρπών από Δάκο ήταν σημαντικά μικρότερο στη μεταχείριση ZF σε σχέση με τις άλλες δύο μεταχειρίσεις και στη μεταχείριση M σε σχέση με τη μεταχείριση ZS (Πίν. 23).

Πίνακας 23. Το ποσοστό % Προσβολής καρπών από Δάκο στα δέντρα που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους (ZS), στα δέντρα που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους και διαφυλλικά (ZF) και στα δέντρα του μάρτυρα (M) κατά την καλλιεργητική περίοδο 2018-2019, καθώς και η σημαντικότητα του. Μέσοι όροι ανά στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά με 5% πιθανότητα λάθους.

Μεταχείριση	Προσβολή από Δάκο σε καρπούς (% καρπών)
M	60 b
ZS	69 c
ZF	49 a
Σημαντικότητα	**

Σημαντικότητα: ** επίπεδο σημαντικότητας 0,01

3.5 Μετρήσεις Ελαιολάδου

Κατά την καλλιεργητική περίοδο 2018-2019, η οποία ήταν χρονιά καρποφορίας, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της ποσότητας και της ποιότητας του παραγόμενου ελαιόλαδου από τους συγκομιζόμενους καρπούς (03/11/2019) στην επιχείρηση ΚΑΝΤΙΚΟΣ ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΑ ΠΗΛΙΟΥ Α.Ε.Β.Ε. στον Άγιο Λαυρέντιο Πηλίου στις 04/11/2019. Μετρήσεις για την ποιότητα ελαιόλαδου έγιναν ξανά στις 28/01/2021.

Σύμφωνα με τον Πίνακα 24, με βάση τον χρόνο μέτρησης, η Οξύτητα Ελαιόλαδου εμφάνισε μια μικρή αλλά ασήμαντη αύξηση με το πέρασμα του χρόνου, όπως ήταν αναμενόμενο, στις μεταχειρίσεις ZS και M, ενώ είχε σημαντική αύξηση στη μεταχείριση ZF με το πέρασμα του χρόνου. Ο δείκτης K232 επίσης εμφάνισε μία μικρή αύξηση με το πέρασμα του χρόνου, η οποία ήταν μικρότερη στις μεταχειρίσεις M και ZS και μεγαλύτερη στη μεταχείριση ZF (Πίν. 24).

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 24 το ποσοστό % Περιεκτικότητας σε Ελαιόλαδο των ελαιόκαρπων ήταν υψηλότερο στη μεταχείριση ZS σε σχέση με τις άλλες δύο μεταχειρίσεις και στη μεταχείριση ZF σε σχέση με τη μεταχείριση M. Η Οξύτητα του παραγόμενου Ελαιόλαδου, αποτυπωμένη σε % περιεκτικότητα σε ελαϊκό οξύ, ήταν πολύ μικρότερη στη μεταχείριση ZF σε σχέση με τις άλλες δύο μεταχειρίσεις και λίγο μικρότερη στη μεταχείριση ZS σε σχέση με τη μεταχείριση M (Πίν. 24). Ο δείκτης K232 ήταν λίγο μικρότερος στη μεταχείριση ZS σε σχέση με τις δύο άλλες μεταχειρίσεις που είχαν παρόμοιες τιμές μεταξύ τους (Πίν. 24).

Πίνακας 24. Ποσοστό % Περιεκτικότητας ελαιόλαδου στον καρπό ελιάς, κατά την καλλιεργητική περίοδο 2018-2019, Οξύτητα Ελαιόλαδου και δείκτης K232 ,κατά την καλλιεργητική περίοδο 2018-2019 και ένα χρόνο αργότερα, στα δέντρα που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους (ZS), στα δέντρα που δέχθηκαν ζεόλιθο από εδάφους και διαφυλλικά (ZF) και στα δέντρα του μάρτυρα (M). Μέσοι όροι ανά στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά με 5% πιθανότητα λάθους.

Ημ/νια μέτρησης	Μεταχείριση	Ποσοστό Περιεκτικότητας Ελαιόλαδου %	Οξύτητα Ελαιόλαδου (% ελαϊκό οξύ)	K232
04/11/2019	M	13,32 c	0,609	1,378
	ZS	14,47 a	0,460	1,340
	ZF	13,85 b	0,325	1,370
28/01/2021	M	-	0,690	1,495
	ZS	-	0,488	1,459
	ZF	-	0,639	1,534

4. Συζήτηση

4.1 Παράμετροι Ανάπτυξης

Ως προς τις παραμέτρους ανάπτυξης Μέγεθος Διατομής Κορμού και Όγκος κόμης οι μετρήσεις έγιναν μόνο κατά την περίοδο 2018-2019 μία φορά και επομένως δεν μπορεί να συγκριθεί η ανάπτυξη αλλά μόνο τα μεγέθη της κάθε μεταχείρισης τότε.

Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι ο χρήση του ζεόλιθου από εδάφους πιθανώς λειτουργεί ανταγωνιστικά και οδηγεί σε μικρότερο μέγεθος κόμης του δέντρου, αφού η μεταχείριση ZS έχει ίδια Επιφάνεια Διατομής Κορμού και μικρότερο Όγκο Κόμης από τον μάρτυρα, εφόσον βέβαια όλα τα δέντρα κλαδεύονται με την ίδια ένταση. Αυτό θα μπορούσε να οφείλεται στο γεγονός ότι ο ζεόλιθος δεσμεύει υγρασία και θρεπτικά στοιχεία και τα συγκρατεί με μεγάλη δύναμη ώστε τελικά να τα αφαιρεί από το εδαφικό διάλυμα, ίσως και λόγω της περιορισμένης εδαφικής υγρασίας στον ξηρικό ελαιώνα της μελέτης, αντί να τα παρέχει σε βάθος χρόνου στο δέντρο. Αντίθετα αποτελέσματα βρήκαν οι Milosevic et al. (2013) σε δέντρα βερικοκιάς ποικιλίας 'Roxana', που τα δέντρα είχαν μεγαλύτερη επιφάνεια διατομής κορμού όταν λιπάνθηκαν με ζεόλιθο σε σχέση με τον μάρτυρα. Σύμφωνα με τους παραπάνω ήταν και οι Zahedi και Moghadam (2011), που έδειξαν ότι ο εδαφικός ζεόλιθος σε φυτά ελαιοκράμβης μείωσε την αντιοξειδωτική ενζυματική δράση, η οποία αυξανόταν σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης, επομένως ο ζεόλιθος διέθετε στα φυτά περισσότερη εδαφική υγρασία.

Επίσης φαίνεται ότι ψεκασμός με ζεόλιθο οδηγεί σε μεγαλύτερο μέγεθος κόμης και υπερκαλύπτει το προαναφερόμενο αρνητικό αντίκτυπο από τη χρήση ζεόλιθου στο έδαφος, καθώς η μεταχείριση ZF είχε παρόμοιο Όγκο Κόμης και μικρότερη Επιφάνεια Διατομής Κορμού σε σχέση με τον μάρτυρα και μεγαλύτερο Όγκο Κόμης και μικρότερη Επιφάνεια Διατομής Κορμού από τη μεταχείριση ZF. Αυτό θα μπορούσε να οφείλεται στην καλύτερη λειτουργία του δέντρου κατά τις θερμές περιόδους εξαιτίας της μείωσης της θερμικής και υδατικής καταπόνησης.

Στα παραπάνω πρέπει να ληφθεί υπόψιν ότι τα ελαιόδεντρα είναι μεγάλης ηλικίας, και ότι η εργασία του κλαδέματος έχει σκοπό να διατηρήσει τον σκελετό τους που πολλές φορές δεν είναι ομοιόμορφος μεταξύ των επαναλήψεων. Επομένως η Επιφάνεια Διατομής Κορμού δεν επηρεάζεται στο τόσο μικρό χρονικό διάστημα της μελέτης, ενώ ο Όγκος Κόμης δεν είναι αναγκαστικά ίσος με το μισό του όγκου της σφαίρας όπως υπολογίστηκε στην εν λόγω διατριβή. Επομένως, η επίδραση του ζεόλιθου από

εδάφους και διαφυλλικά στην ανάπτυξη της κόμης απαιτεί περισσότερα χρόνια μελέτης για σίγουρα αποτελέσματα.

Ως προς τη βλαστική ανάπτυξη μέσω της μέτρησης του αριθμού των φύλλων σε σημαδεμένους βλαστούς την καλλιεργητική περίοδο 2017-2018, χρονιά ακαρπίας, και 2018-2019, χρονιά καρποφορίας, φαίνεται ότι η χρήση του ζεόλιθου μόνο από το έδαφος οδηγεί σε ελαφρώς μικρότερη αύξηση τους κατά την ξηροθερμική περίοδο σε χρονιά ακαρπίας, ενώ σε χρονιά καρποφορίας σε οριακά μεγαλύτερη φυλλόπτωση σε σχέση με τον μάρτυρα. Το παραπάνω ενισχύει την υπόθεση ότι ο ζεόλιθος στο έδαφος δρα ανταγωνιστικά ως προς τις ρίζες και τελικά οδηγεί σε μικρότερη βλαστική ανάπτυξη.

Επίσης τα αποτελέσματα της μέτρησης του αριθμού των φύλλων στους βλαστούς στη μεταχείριση ZF εμφάνισαν, κατά την ξηροθερμική περίοδο, περιορισμένη αύξηση σε χρονιά ακαρπίας και μηδενική φυλλόπτωση σε χρονιά καρποφορίας σε σχέση με τον μάρτυρα, στον οποίο η αύξηση του αριθμού των φύλλων ήταν μεγαλύτερη τη χρονιά ακαρπίας, ενώ τη χρονιά καρποφορίας ο μάρτυρας έδειξε υψηλή φυλλόπτωση. Ακόμα η μεταχείριση ZF, κατά την ξηροθερμική περίοδο, είχε αμελητέα μεγαλύτερη αύξηση του αριθμού των φύλλων σε χρονιά ακαρπίας και μηδενική φυλλόπτωση σε χρονιά καρποφορίας έναντι ελάχιστης αύξησης σε χρονιά ακαρπίας και απώλειας 11% σε φύλλα σε χρονιά καρποφορίας σε σχέση με τη μεταχείριση ZS. Τα παραπάνω φανερώνουν ότι σε χρονιά ακαρπίας ο ζεόλιθος στο φύλλωμα δεν επιφέρει κάποια σημαντική διαφορά στην ανάπτυξη του δέντρου, ενώ σε χρονιά καρποφορίας μπορεί να συμβάλει καθοριστικά στη καλύτερη διαχείριση των πόρων του δέντρου, ώστε να μπορέσει να ανταπεξέλθει στις αυξημένες ανάγκες που απαιτεί η αύξηση των καρπών, περιορίζοντας τις απώλειες φύλλων λόγω θερμικής και υδατικής καταπόνησης.

4.2 Παράμετροι Φύλλων

Στις δύο καλλιεργητικές περιόδους τόσο το ποσοστό % Ξηράς Ουσίας όσο και το Ειδικό βάρος φύλλου παρουσίασαν τις ίδιες τάσεις αλλά με διαφορετική ένταση μεταξύ των μετρήσεων, στην αρχή και το τέλος της ξηροθερμικής περιόδου, για όλες τις μεταχειρίσεις με εξαίρεση τη μεταχείριση ZS.

Συγκρίνοντας τις τιμές των παραπάνω παραμέτρων μεταξύ των δύο μετρήσεων την καλλιεργητική περίοδο 2017-2018 παρατηρείται ότι δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους με εξαίρεση τη μεταχείριση ZF που παρουσίασε μικρή αύξηση στη μέτρηση του Φθινοπώρου. Την καλλιεργητική περίοδο 2018-2019 οι παραπάνω παράμετροι έχουν σημαντική αύξηση σε όλες τις μεταχειρίσεις στη μέτρηση του Φθινοπώρου σε σχέση με τη μέτρηση στις αρχές του καλοκαιριού. Αυτό πιθανώς να οφείλεται στο γεγονός ότι η καλλιεργητική περίοδος 2018-2019 ήταν πιο άνυδρη σε σχέση με την προηγούμενη και ταυτόχρονα ήταν χρονιά καρποφορίας και επομένως το φυτό είχε αυξημένες υδατικές απαιτήσεις. Τα παραπάνω έρχονται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα των Proietti and Famiani (2002) σε δένδρα ελιάς τα οποία κατέδειξαν ότι το Ειδικό Βάρος φύλλου μειώθηκε από τον Απρίλιο ως τον Ιούνιο, που αρχίζει η ξηροθερμική περίοδος, και στη συνέχεια αυξήθηκε σταδιακά ως τον Δεκέμβριο. Η ίδια μελέτη έδειξε ότι η περιεκτικότητα των φύλλων σε νερό, που είναι το αντίστροφο του ποσοστού % Ξηράς Ουσίας τους, αυξήθηκε από τον Απρίλιο ως τον Ιούνιο και στη συνέχεια μειώθηκε σημαντικά τον Αύγουστο και παρέμεινε χαμηλή.

Συγκρίνοντας τις μετρήσεις που έγιναν στις παραπάνω παραμέτρους μεταξύ της χρονιάς ακαρπίας και της χρονιάς καρποφορίας, στη σύγκριση των οποίων να σημειωθεί ότι δεν έγινε στατιστική ανάλυση, βλέπουμε ότι τόσο το ποσοστό % Ξηράς Ουσίας όσο και το Ειδικό Βάρος φύλλων έχουν μικρότερη τιμή για όλες τις μεταχειρίσεις τη χρονιά καρποφορίας. Ο Centritto το 2002 απέδειξε ότι υψηλό Ειδικό Βάρος προκύπτει εξαιτίας της υψηλότερης πυκνότητας ή πάχους του ιστού του φύλλου με κόστος την κατανάλωση προϊόντων της φωτοσύνθεσης. Τα παραπάνω μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι τη χρονιά καρποφορίας τα ελαιόδεντρα εναποθέτουν περισσότερα θρεπτικά συστατικά στους καρπούς που έχουν να αναπτύξουν αντί για τα φύλλα. Αυτό βέβαια έρχεται σε αντίθεση με την Παπαγιάννη Ε. που στη μεταπτυχιακή διατριβή της, που πραγματοποιήθηκε στο Εργ. Δενδροκομίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, βρήκε ότι τα δένδρα με καρποφορία είχαν παρόμοιο ποσοστό % Ξηρού Βάρους και Ειδικό Βάρος σε σχέση με τα δένδρα σε χρονιά ακαρπίας. Με αυτό συμφωνούσαν και οι Hagidimitriou και Pontikis (2005) που επίσης βρήκαν ότι τόσο οι βλαστοί με καρποφορία όσο και αυτοί χωρίς καρποφορία είχαν παρόμοιο Ειδικό Βάρος φύλλου και ο Proietti (2000) που έδειξε ότι η περιεκτικότητα νερού και το ποσοστό % ξηρού βάρους δεν επηρεάστηκαν από την παρουσία ή απουσία καρπών στο δένδρο. Στις βιβλιογραφικές όμως αυτές πηγές τα ελαιόδεντρα αρδεύονταν.

Η μεταχείριση ZS είχε σημαντικά μεγαλύτερο ποσοστό % Ξηράς Ουσίας και Ειδικό Βάρος φύλλου σε σχέση με τον μάρτυρα το οποίο συνεπάγεται ότι είχε μικρότερο υδατικό περιεχόμενο. Το συγκεκριμένο θα μπορούσε να εξηγηθεί εφόσον δεχτούμε ότι η χρήση ζεόλιθου από το έδαφος δρα ανταγωνιστικά με τις ρίζες στην απορρόφηση υγρασίας. Η μεταχείριση ZF είχε σημαντικά μικρότερες τιμές από τη μεταχείριση ZS και ασήμαντες διαφορές από τον μάρτυρα στις παραπάνω παραμέτρους. Αυτό φανερώνει ότι η υδατική καταπόνηση των φύλλων τόσο στον μάρτυρα όσο και στη μεταχείριση ZF είναι μικρότερη σε σχέση με τη ZS, ενώ δεν φαίνεται να επηρεάζεται επαρκώς από τον ζεόλιθο στα φύλλα όπως αναμενόταν. Τα παραπάνω συμπεράσματα ενισχύονται από το γεγονός ότι πολλές μελέτες έχουν αποδείξει ότι φύλλα επαρκώς αρδευόμενων δέντρων έχουν μικρότερο Ειδικό Βάρος σε σχέση με φύλλα δέντρων που αναπτύσσονται υπό συνθήκες ξηρασίας. Ένα παράδειγμα είναι οι Denaxa et al. (2012) που αναφέρουν ότι μειώθηκε η περιεκτικότητα νερού και αυξήθηκε η πυκνότητα φύλλων ελιάς υπό συνθήκες υδατικής και θερμικής καταπόνησης, και επομένως αυξήθηκε το ποσοστό % Ξηράς Ουσίας και το Ειδικό Βάρος τους.

Η Χλωροφύλλη α, η Χλωροφύλλη β και η Ολική Χλωροφύλλη τη χρονιά ακαρπίας 2017-2018 δείχνουν μια τάση να μειώνονται στις μεταχειρίσεις M και ZF μεταξύ των δύο μετρήσεων, ενώ δείχνουν αντίστροφη τάση για τη μεταχείριση ZS. Αυτό κυρίως οφείλεται στην αύξηση του ποσοστού % Ξηράς Ουσίας στη μεταχείριση ZS. Την επόμενη χρονιά 2018-2019, χρονιά καρποφορίας, οι παραπάνω παράμετροι αυξήθηκαν σημαντικά για όλες τις μεταχειρίσεις στη δεύτερη δειγματοληψία. Οι Hagidimitriou και Pontikis (2005) σε φύλλα ελιάς ποικιλίας 'Κονσερβολιά' ενός έτους που αρδευόνταν βρήκαν ότι η ολική χλωροφύλλη δεν μεταβλήθηκε ιδιαίτερα μεταξύ των μετρήσεων την άνοιξη και το φθινόπωρο, ενώ οι Bacelar et al. (2006) βρήκαν ότι τα φύλλα που αναπτύχθηκαν υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης παρουσίασαν ενδείξεις οξειδωτικής καταπόνησης με τη σημαντική μείωση της περιεκτικότητας σε ολική χλωροφύλλη. Στο ενδιάμεσο από τις προηγούμενες δύο φαίνεται να βρίσκεται η διδακτορική διατριβή της Μαλέτσικα Π., που εκπονήθηκε στο Εργ. Δενδροκομίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, σύμφωνα με την οποία η περιεκτικότητα των φύλλων σε Ολική Χλωροφύλλη δεν φαίνεται να επηρεάστηκε σημαντικά από την εποχή ειδικά στα φύλλα του μάρτυρα, αλλά στα δύο από τα τρία έτη εκπόνησης του πειράματος μειώθηκε τον Αύγουστο, παρότι τα ελαιόδεντρα αρδευόνταν περιορισμένα. Επίσης έχει αναφερθεί παραπάνω ότι τη δεύτερη χρονιά διεξαγωγής του πειράματος είχαμε

μεγαλύτερη ανομβρία και μεγαλύτερες υδατικές και θρεπτικές ανάγκες στα ελαιόδεντρα εξαιτίας της καρποφορίας. Από τα παραπάνω μπορούμε να συμπεράνουμε ότι τα δέντρα των μεταχειρίσεων Μ και ΖF καταπονήθηκαν κατά τη διάρκεια της ξηροθερμικής περιόδου του πρώτου έτους διεξαγωγής του πειράματος σύμφωνα με τις μετρήσεις του Σεπτεμβρίου. Αντίστροφα, τα φύλλα στη μεταχείριση ΖS είχαν δυνατότητα για καλύτερο ρυθμό φωτοσύνθεσης τον Σεπτέμβριο, όπου υπήρχε μικρή επάρκεια νερού και πιθανώς ανέκαμψε σε σχέση με τον Ιούνιο, γιατί πιθανώς ο ζεόλιθος στο έδαφος δρα ανταγωνιστικά με το ελαιόδεντρο ως προς τη δέσμευση υγρασίας με αποτέλεσμα να εξαντλήσει τα αποθέματα νερού νωρίτερα σε σχέση με τις άλλες μεταχειρίσεις.

Ο λόγος Χλωροφύλλη α / Χλωροφύλλη β αυξήθηκε μεταξύ των δειγματοληψιών και τις δυο χρονιές διεξαγωγής του πειράματος μόνο για τη μεταχείριση ΖF, ενώ παρουσίασε μείωση για τη μεταχείριση Μ κατά τη δεύτερη χρονιά διεξαγωγής του πειράματος. Το γεγονός ότι η μεταχείριση ΖF αύξησε την παραπάνω παράμετρο κατά τη μέτρηση του Σεπτεμβρίου δείχνει ότι δεν είχαμε κάποια σκίαση από τον ζεόλιθο, ενώ αντίθετα είχαμε καλύτερη διείσδυση του φωτός στο εσωτερικό της κόμης παρόλο που η ένταση του φωτός είναι χαμηλότερη εκείνη την περίοδο του έτους σε σχέση με το καλοκαίρι. Το παραπάνω πιθανώς να οφείλεται στη σκέδαση του φωτός που προκαλείται από το φιλμ ζεόλιθου που βρίσκεται επί των φύλλων. Σε δένδρα αμυγδαλιάς και καρυδιάς το σωματιδιακό φιλμ, που δημιουργείται από καολίνη (παρουσιάζει παρόμοιες ιδιότητες με τον ζεόλιθο), αύξησε την προσπίπτουσα φωτοσυνθετικά ενεργό ακτινοβολία εντός της κόμης, οπότε κάποια φύλλα λάμβαναν περισσότερη απ' ό,τι αν δεν είχαν καολίνη (Rosati et al. 2007). Προς την ίδια κατεύθυνση συνηγορούν οι Lombardini et al. (2005) οι οποίοι έδειξαν ότι η υψηλή ανάκλαση της φωτοσυνθετικά ενεργού ακτινοβολίας από το σωματιδιακό φιλμ την αναδιανέμει εντός της κόμης με αποτέλεσμα να αυξηθεί συνολικά η αφομοίωση του άνθρακα από ολόκληρο το φυτό.

Συγκρίνοντας όλες τις παραπάνω παραμέτρους μεταξύ των δύο καλλιεργητικών περιόδων, στις οποίες δεν πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση μεταξύ τους, παρατηρούμε ότι όλες οι μεταχειρίσεις είχαν μικρότερες τιμές παραμέτρων φύλλων τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο, χρονιά καρποφορίας, με εξαίρεση τον λόγο Χλωροφύλλη α / Χλωροφύλλη β και όλες τις άλλες παραμέτρους φύλλων για τη μεταχείριση ΖF. Αυτό πιθανώς να οφείλεται στη δυσκολία που αντιμετωπίζουν τα

δέντρα να ανταπεξέλθουν στη ταυτόχρονη ανάπτυξη βλαστών και καρπών. Η παρατήρηση ότι είχαμε μεγαλύτερο λόγο χλωροφυλλών πιθανώς να οφείλεται στην πιο προσεκτική εργασία κατά το κλάδεμα, ενώ ταυτόχρονα η μικρότερη βλαστική ανάπτυξη άφησε περισσότερους ελεύθερους χώρους και επέτρεψε την καλύτερη διείσδυση του φωτός εντός της κόμης τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο με αποτέλεσμα τη χαμηλότερη σκίαση των φύλλων. Τα αποτελέσματα για τη μεταχείριση ZF συμφωνούν με τη μεταπτυχιακή διατριβή της Παπαγιάννη Ε., που πραγματοποιήθηκε στο Εργ. Δενδροκομίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στην οποία τα δέντρα με καρποφορία είχαν υψηλότερη περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη. Το γεγονός ότι η μεταχείριση ZF είχε σημαντικά υψηλότερη συγκέντρωση χλωροφυλλών κατά τη μέτρηση του Σεπτεμβρίου και αντιδρά αντίθετα με τη τάση που διακρίνεται δείχνει ξεκάθαρα ότι η χρήση ζεόλιθου στο φύλλωμα κατά τις περιόδους καταπόνησης και αυξημένων απαιτήσεων βοηθά το δέντρο να ανταπεξέλθει καλύτερα. Η διδακτορική διατριβή της Μαλέτσικα Π., που εκπονήθηκε στο Εργ. Δενδροκομίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, έδειξε ότι το 2009 φύλλα δέντρων ελιάς που ψεκάστηκαν με καολίνη είχαν αύξηση κατά 22,4%, 18,1% και 16% στις τιμές αγωγιμότητας των στοματίων, ρυθμού φωτοσύνθεσης και ρυθμού διαπνοής, αντίστοιχα, σε σχέση με τον μάρτυρα και επομένως μειώθηκε η υδατική καταπόνηση και βελτιώθηκαν οι φυσιολογικές λειτουργίες τους.

Η Χλωροφύλλη α, η Χλωροφύλλη β και η Ολική Χλωροφύλλη ήταν υψηλότερη στον Μάρτυρα κατά τη χρονιά ακαρπίας 2017-2018 σε σχέση με τις άλλες μεταχειρίσεις το οποίο φανερώνει καλύτερη φωτοσυνθετική δραστηριότητα σε συνθήκες μικρών απαιτήσεων που πιθανώς να σημαίνει καλύτερη διαχείριση των υδάτινων πόρων. Αυτό πιθανώς να προέρχεται από το γεγονός ότι δεν είχε εφαρμοστεί ζεόλιθος στο έδαφος του Μάρτυρα. Η Χλωροφύλλη α κατά την ίδια καλλιεργητική περίοδο είχε μεγαλύτερη τιμή για τη μεταχείριση ZF σε σχέση με τη ZS το οποίο φανερώνει πιθανόν να σχετίζεται με καλύτερη φωτοσυνθετική δραστηριότητα για τη μεταχείριση που έχει και ζεόλιθο στο φύλλωμα εκτός από το έδαφος. Την ίδια καλλιεργητική περίοδο ο λόγος χλωροφυλλών ήταν σημαντικά μεγαλύτερος για τη μεταχείριση ZF σε σχέση με τις άλλες δύο το οποίο δείχνει ότι υπήρχε καλύτερη κατανομή του φωτός στο εσωτερικό της κόμης που πιθανώς προέρχεται από τη σκέδαση του φωτός προς το εσωτερικό που γίνεται από το σωματιδιακό φιλμ των φύλλων που δημιουργείται από τον ζεόλιθο, και σίγουρα δεν προκλήθηκε σκίαση από το φιλμ ζεόλιθου επί των φύλλων.

Κατά την καλλιεργητική περίοδο 2018-2019, χρονιά καρποφορίας, η Χλωροφύλλη α, Χλωροφύλλη β και η Ολική Χλωροφύλλη ανά μονάδα επιφάνειας φύλλων ήταν σημαντικά μεγαλύτερες στη μεταχείριση ZF έναντι της M, που είναι μεγαλύτερες από τη ZS, και επομένως φαίνεται ότι σε περίπτωση όπου οι ανάγκες φωτοσύνθεσης και τροφοδοσίας του ελαιόδεντρου είναι αυξημένες η χρήση ζεόλιθου στο φύλλωμα δρα ευεργετικά, ενώ η εφαρμογή ζεόλιθου μόνο στο έδαφος το αντίθετο. Στη διδακτορική διατριβή της Μαλέτσικα Π., τα καλυμμένα με καολίνη φύλλα είχαν υψηλότερη περιεκτικότητα χλωροφύλλης α, χλωροφύλλης β και ολικής χλωροφύλλης είτε αυτή εκφράζονταν σε mg m^{-2} είτε και σε mg g^{-1} ξ.β.. Οι De Smedt et al. (2017) βρήκαν ότι η χρήση ζεόλιθου διαφυλλικά σε μηλιές αύξησε σημαντικά τις παραμέτρους φωτοσύνθεσης.

Η παράμετρος χρώματος L^* την καλλιεργητική περίοδο 2017-2018 δείχνει μια τάση να μειώνεται μεταξύ των δυο μετρήσεων, και επομένως τα φύλλα να γίνονται πιο σκούρα τον Σεπτέμβριο, για όλες τις μεταχειρίσεις, ενώ οι παράμετροι χρώματος a^* και b^* δεν παρουσίασαν κάποια διαφορά μεταξύ των μετρήσεων την ίδια καλλιεργητική περίοδο. Την καλλιεργητική περίοδο 2018-2019 η παράμετρος L^* ακολούθησε την ίδια τάση όπως και την προηγούμενη χρονιά, ενώ οι παράμετροι a^* και b^* αυξήθηκαν και μειώθηκαν μεταξύ των μετρήσεων, αντίστοιχα, για όλες τις μεταχειρίσεις και άρα τα φύλλα γίνονται πιο σκούρα, με λιγότερο πράσινη απόχρωση και περισσότερο κίτρινη απόχρωση. Συγκρίνοντας τις τιμές αυτές με την Ολική Χλωροφύλλη φαίνεται ότι κάτω από συνθήκες καταπόνησης και αυξημένων απαιτήσεων υπάρχει μια αρνητική συσχέτιση μεταξύ της Ολικής Χλωροφύλλης και των δεικτών L^* και b^* και μία θετική συσχέτιση με τον δείκτη a^* , για τη συγκεκριμένη καλλιεργητική περίοδο.

Μεταξύ των δύο καλλιεργητικών περιόδων, χωρίς να έχει γίνει στατιστική ανάλυση, παρατηρήθηκαν μικρότερες τιμές για την παράμετρο a^* και μεγαλύτερες για την παράμετρο b^* τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο σε σχέση με την πρώτη, ενώ οι τιμές του L^* δεν διέφεραν μεταξύ των δύο πειραματικών περιόδων. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι το χρώμα είναι το ίδιο φωτεινό, πιο πράσινο αλλά και πιο κίτρινο τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο που ήταν χρονιά καρποφορίας. Το παραπάνω ίσως δείχνει ότι τη χρονιά καρποφορίας τα φύλλα των δέντρων φωτοσύνθεταν πιο έντονα για να καταφέρουν να τροφοδοτήσουν τους καρπούς. Η φωτεινότητα στο χρώμα πιθανώς επηρεάζεται έντονα από τις καιρικές συνθήκες και την ξηρασία αφού τις δύο χρονιές

είχαμε παρόμοιες καιρικές συνθήκες και οι μετρήσεις έγιναν παρόμοιες χρονικές περιόδους κάθε έτος.

Κατά την καλλιεργητική περίοδο 2017-2018 οι παράμετροι χρώματος L^* , a^* και b^* στα φύλλα δεν είχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων με εξαίρεση τη μεταχείριση ZS που είχε μεγαλύτερη τιμή για το b^* σε σχέση με τη ZF στη μέτρηση του Σεπτεμβρίου, και φαίνεται ότι δεν σχετίζονται με την ποσότητα της χλωροφύλλης στα φύλλα. Την καλλιεργητική περίοδο 2018-2019 η μεταχείριση ZS είχε σημαντικά μεγαλύτερες τιμές στις παραμέτρους χρώματος L^* και b^* και σημαντικά μικρότερη στην παράμετρο χρώματος a^* και στις δύο χρονικές περιόδους σε σχέση με τις άλλες δύο μεταχειρίσεις που είχαν παρόμοιες τιμές. Αυτό μας δείχνει ότι η μεταχείριση ZS είχε πιο φωτεινό/ανοιχτό χρώμα με πιο κίτρινη απόχρωση και λιγότερο πράσινο απόχρωση, που πιθανά σημαίνει είτε μεγαλύτερη συγκέντρωση καροτενίων είτε και μικρότερη συγκέντρωση χλωροφύλλης λόγω της θερμικής και υδατικής καταπόνησης. Το παραπάνω αντικατοπτρίζεται και στις χλωροφύλλες της μεταχείρισης ZS που είχαν σημαντικά μικρότερες τιμές σε σχέση με τις τιμές τους στις άλλες μεταχειρίσεις την ίδια καλλιεργητική περίοδο.

Η αλλαγή χρώματος ήταν σημαντική μεταξύ των μετρήσεων πριν και μετά το πλύσιμο των φύλλων για όλες τις μεταχειρίσεις την καλλιεργητική περίοδο 2018-2019. Η αλλαγή του χρώματος των άλλων μεταχειρίσεων πέραν της ZF πιθανώς να οφείλεται σε εναπόθεση άλλων ατμοσφαιρικών ρύπων και κόνεων πάνω στα φύλλα τους λόγω έλλειψης βροχοπτώσεων. Σημαντική βέβαια ήταν η αλλαγή χρώματος για τη μεταχείριση ZF σε σχέση με τις άλλες μεταχειρίσεις, τόσο στη δεύτερη μέτρηση κατά την πρώτη καλλιεργητική περίοδο όσο και στις δύο μετρήσεις κατά τη δεύτερη χρονιά διεξαγωγής του πειράματος. Από τα παραπάνω επιβεβαιώνεται ότι η μεταχείριση ZF είχε δεχθεί σημαντικά μεγαλύτερη ποσότητα κόνεων σε σχέση με τις άλλες μεταχειρίσεις, προφανώς λόγω του ψεκασμού της με το διάλυμα ζεόλιθου. Επίσης επιβεβαιώνεται ότι ο ζεόλιθος τον Σεπτέμβριο δεν είχε ξεπλυθεί από τα φύλλα αλλά βρισκόταν σε μεγαλύτερη συγκέντρωση σε σχέση με την πρώτη μέτρηση, πριν την εφαρμογή του, και ενισχύει την πεποίθηση ότι υπήρξε σωστός πειραματικός σχεδιασμός. Από τα παραπάνω φαίνεται ότι η χρήση του ζεόλιθου για κάλυψη των φύλλων ήταν αποτελεσματική, παρέμεινε επί των φύλλων για όλη την ξηροθερμική περίοδο, και σχημάτισε ένα σωματιδιακό φιλμ που άλλαξε το χρώμα και τις παραμέτρους του φύλλου σημαντικά.

Κατά την περίοδο 2018-2019, μια περίοδο μετά την εφαρμογή ζεόλιθου από εδάφους και διαφυλλικά, έγινε ανάλυση εδάφους και φυλλοδιαγνωστική. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα δεν υπήρχε διαφορά στην περιεκτικότητα Αζώτου στα φύλλα ελιάς μεταξύ των μεταχειρίσεων, το οποίο έρχεται σε αντίθεση με τους Caballero et al. (2008) που βρήκαν πως η εφαρμογή ζεόλιθου στο έδαφος αύξησε τα επίπεδα αζώτου σε φύλλα ελιάς. Από τα αποτελέσματα φαίνεται επίσης ότι, ενώ η συγκέντρωση του Μαγνησίου ήταν υψηλή στο έδαφος, όλες οι μεταχειρίσεις παρουσίασαν οριακή έλλειψη του σύμφωνα με τη φυλλοδιαγνωστική. Αυτό πιθανώς να οφείλεται στη σύσταση του εδάφους που θα μπορούσε να περιορίζει τη μετακίνηση του. Το Κάλιο ήταν σημαντικά περισσότερο και το Μαγνήσιο λίγο λιγότερο στη μεταχείριση ZF, το οποίο πιθανώς οφείλεται στον ανταγωνισμό του Καλίου με το Μαγνήσιο (Θεριός 2005). Η διδακτορική διατριβή της Μαλέτσικα Π. έδειξε και στα δύο έτη που τα φύλλα δέντρων ελιάς ψεκάστηκαν με καολίνη είχαν μεγαλύτερη συγκέντρωση K, παρόμοια συγκέντρωση P και μικρότερη συγκέντρωση Mg από τον μάρτυρα και συμφωνεί με τα ευρήματα της παρούσας διατριβής, ενώ εκείνη είχε διαφορές στα Na και Ca μεταξύ των μεταχειρίσεων που δεν αντικατοπτρίζεται στην παρούσα μελέτη. Οι Caballero et al. (2008) βρήκαν ότι σε δέντρα ελιάς η προσθήκη εδαφικού ζεόλιθου είχε οδηγήσει σε μεγαλύτερη συγκέντρωση K στα δέντρα και στο έδαφος, και επομένως το έδαφος είχε καλύτερη προοπτική τροφοδοσίας του φυτού με K. Το γεγονός ότι το Κάλιο ήταν περισσότερο στη μεταχείριση ZF ίσως συμβαίνει εξαιτίας του ζεόλιθου στο φύλλωμα ο οποίος επιτρέπει στο φυτό να διαπνέει για μακρύτερο χρονικό διάστημα ημερησίως και επομένως χρειάζεται το συγκεκριμένο στοιχείο που είναι σημαντικό για τη ρύθμιση των στοματίων (Θεριός 2005). Στη μεταχειρίσεις ZS και ZF είχαμε μεγαλύτερη συγκέντρωση Βορίου και μικρότερη Ψευδαργύρου και Σιδήρου στα φύλλα, σε σχέση με τον Μάρτυρα, ενώ σε όλες ήταν σε επάρκεια το Βόριο και ο Σίδηρος και σε σχετική έλλειψη ο Ψευδάργυρος. Αυτό ίσως δείχνει μια σχέση ισχυρής δέσμευσης Σιδήρου και Ψευδαργύρου με τον εδαφικό ζεόλιθο.

4.3 Παράμετροι Καρπών

Από τις παραμέτρους χρώματος L*, a* και b* που μετρήθηκαν στις 03/10/2019 στους καρπούς παρατηρούμε ότι η μεταχείριση ZS είχε λίγο μεγαλύτερη τιμή στο L* σε σχέση με τη μεταχείριση M και σημαντικά μεγαλύτερη από τη ZF. Αυτό συνεπάγεται

ότι οι καρποί ήταν πιο ανοιχτόχρωμοι το οποίο πιθανώς να οφείλεται σε μικρότερη φωτοσυνθετική δραστηριότητα σε σχέση με τη μεταχείριση M και ZF ή ότι βρισκόταν σε πιο ώριμο στάδιο.

Ως προς το μέγεθος παρατηρούμε ότι η μεταχείριση ZS είχε παρόμοιο μήκος και σημαντικά μεγαλύτερο πλάτος καρπού από τον Μάρτυρα και άρα μικρότερο λόγο μήκος προς πλάτος. Στη ZS το ποσοστό % ξηράς ουσίας της σάρκας και το ποσοστό % σάρκας στο σύνολο του καρπού ήταν σημαντικά μεγαλύτερο από τον Μάρτυρα ενώ το βάρος των καρπών το βάρος του κουκουτσιού και η σκληρότητα της σάρκας του ήταν παρόμοια. Η μεταχείριση ZF είχε μεγαλύτερο μήκος από τη ZS και παρόμοιο πλάτος, άρα μεγαλύτερο από τη M, και μεγαλύτερο λόγο μήκος προς πλάτος που ήταν παρόμοιος με του Μάρτυρα. Είχε σημαντικά μεγαλύτερο βάρος καρπού, βάρος πυρήνα και ποσοστό % σάρκας στο σύνολο του καρπού από τις άλλες δύο μεταχειρίσεις, ενώ είχε σημαντικά μικρότερη τιμή στις παραμέτρους ποσοστό % ξηράς ουσίας σάρκας και σκληρότητα σάρκας. Αντίστοιχα αποτελέσματα είχε παρουσιάσει και η Μαλέτσικα Π. στη διδακτορική της διατριβή για το έτος 2010 όπου οι νωποί πράσινοι καρποί της ψεκασμένης με καολίνη μεταχείρισης επίσης είχαν μεγαλύτερο βάρος, διαστάσεις καρπού, λόγο σάρκας/πυρήνα, περιεκτικότητα νερού, ενώ διέφεραν στο γεγονός ότι είχαν υψηλότερη σκληρότητα σάρκας. Από τα παραπάνω φαίνεται ότι ο ζεόλιθος στο φύλλωμα δρα ανακουφιστικά κατά την έλλειψη νερού και σε υψηλές θερμοκρασίες με αποτέλεσμα το δέντρο να διατηρεί καλύτερο ισοζύγιο νερού, να φωτοσυνθέτει εντονότερα και να τροφοδοτεί καλύτερα τους καρπούς του. Η σκέδαση του φωτός στο εσωτερικό της κόμης θα μπορούσε να είναι ένας ακόμα παράγοντας που συμβάλει θετικά στην αύξηση της φωτοσύνθεσης. Η χρήση του ζεόλιθου στο έδαφος από την άλλη φαίνεται να μην επηρέασε την ωρίμανση των καρπών, που είχαν μικρότερο υδατικό περιεχόμενο. Το παραπάνω ενισχύει τα συμπεράσματα που έχει προκύψει αρκετές φορές στην συγκεκριμένη διατριβή ότι ο ζεόλιθος στο έδαφος ανταγωνίζεται το δέντρο στη δέσμευση της εδαφικής υγρασίας και πιθανώς να επεκτείνεται και στα θρεπτικά συστατικά.

4.4 Παραγωγή

Από τις μετρήσεις που έγιναν κατά τη συγκομιδή στις 03/11/2019 προκύπτει ότι για τη μεταχείριση ZS η Παραγωγικότητα είναι μεγαλύτερη αλλά η Παραγωγή μικρότερη

σε σχέση με τον Μάρτυρα. Για τη μεταχείριση ZF η Παραγωγή και η Παραγωγικότητα είναι σημαντικά μεγαλύτερη έναντι των άλλων δύο μεταχειρίσεων. Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι η χρήση ζεόλιθου στο φύλλωμα οδηγεί σε μεγαλύτερη παραγωγή καρπών ανά δέντρο και κάνει τα δέντρα πιο παραγωγικά, όταν η παραγωγή εκφραστεί ανά μονάδα μεγέθους δέντρου.

Η προσβολή των καρπών από δάκο και το ποσοστό ελαιοπεριεκτικότητας ήταν σημαντικά μεγαλύτερα για τη μεταχείριση ZS έναντι των άλλων δύο, ενώ η οξύτητα του ελαιόλαδου είναι μικρότερη από τον Μάρτυρα και μεγαλύτερη από τη μεταχείριση ZF. Η καταπόνηση των δέντρων που στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι πιο έντονη εξαιτίας του εδαφικού ζεόλιθου οδήγησε σε μεγαλύτερη ελαιοπεριεκτικότητα. Αποτελέσματα σαν τα παραπάνω έχουν παρουσιαστεί από τους Bahador και Tadayon (2019) σε καλλιέργεια κάνναβης στην οποία η μεταχείριση με τη μεγαλύτερη υδατική καταπόνηση και με την προσθήκη εδαφικού ζεόλιθου σε ποσότητα 1 τόνο ανά στρέμμα (το μέγιστο στο πείραμα) είχε τη μεγαλύτερη ελαιοπεριεκτικότητα σε σχέση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Στα παραπάνω συνηγορούν και οι Farhoudi et al. (2014) και οι Rezaei-Chiyaneh et al. (2018), οι οποίοι βρήκαν αυξημένη ελαιοπεριεκτικότητα σε συνθήκες περιορισμένης άρδευσης για γερμανικό χαμομήλι και μαύρο κίμινο, αντίστοιχα. Αντίστροφα αποτελέσματα είχαν οι Aghaalikhani et al. (2012), όπου βρήκαν μείωση της ελαιοπεριεκτικότητας της ελαιοκράμβης από την αυξημένη προσθήκη ζεόλιθου. Σύμφωνα με τους Ebrahimian et al. (2019) η αύξηση της περιεκτικότητας ελαίου σχετίζεται με τη δυνατότητα του φυτού να προάγει έναν μηχανισμό άμυνας μέσω της σύνθεσης των λιπαρών οξέων. Η μεταχείριση ZF είχε μικρότερη οξύτητα και προσβολή από τον δάκο σε σχέση με τις άλλες δύο μεταχειρίσεις και μεγαλύτερη ελαιοπεριεκτικότητα από τον Μάρτυρα. Η παράμετρος K 232 δεν είχε σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων και οι τιμές της δείχνουν ότι η ελαιοποίηση έγινε σε μικρό χρονικό διάστημα από τη συγκομιδή, ενώ οι καρποί δεν παρέμειναν να μολυνθούν από ασθένειες στο ελαιοτριβείο καθώς ήταν σε σημαντικότατο ποσοστό προσβεβλημένοι από τον δάκο. Τα αποτελέσματα της διδακτορικής διατριβής της Μαλέτσικα Π. για το έτος 2010 (μερικώς αρδευόμενα ελαιόδεντρα) δείχνουν ότι το λάδι που προήλθε από τη μεταχείριση με καολίνη είχε χαμηλότερη οξύτητα και δείκτη K232, ενώ οι καρποί της συγκεκριμένης μεταχείρισης είχαν μικρότερη ελαιοπεριεκτικότητα. Οι Saour και Makee (2003) αναφέρουν ότι το ελαιόλαδο που παράχθηκε από ξηρικά δένδρα ελιάς που δέχτηκαν καολίνη είχε

χαμηλότερο δείκτη υπεροξειδίου και δείκτες K232 και K270 εβδομήντα ημέρες μετά την εξαγωγή του, ενώ η οξύτητα του δεν διέφερε σε σχέση με το ελαιόλαδο από τα δέντρα του μάρτυρα. Από τα παραπάνω μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η χρήση του ζεόλιθου διαφυλλικά με κάλυψη και των καρπών δημιουργεί ένα σωματιδιακό φιλμ που μειώνει σημαντικά την προσβολή από τον δάκο, ενώ δίνει καλύτερης ποιότητας ελαιόλαδο ακόμα και με σχετικά μεγάλα ποσοστά προσβολής από αυτόν. Οι Guha et al. (2012) επιβεβαίωσαν το γεγονός ότι η συμπεριφορά ωστοκίας των εντόμων επηρεάζεται από τα ερεθίσματα εικόνας, αφής και όσφρησης με τα πρώτα να είναι τα πιο σημαντικά όταν χρησιμοποιείται ζεόλιθος. Για να έχουμε καλά αποτελέσματα χρειάζεται πλήρης κάλυψη του φυτού και επομένως μεγάλες ποσότητες ζεόλιθου θα πρέπει να εναποτεθούν στα φύλλα (Reddy 2012). Οι Glenn et al. (1999) ανέφεραν ότι η τριβή και η συσσώρευση διαφόρων αδρανών ορυκτών σωματιδίων πάνω στα έντομα είναι οι βασικοί λόγοι για την εντομοκτόνο δράση τους. Η De Smedt (2016) βρήκε ότι ο ζεόλιθος σε συγκεντρώσεις των 10 g L^{-1} αύξησε τη θνησιμότητα και περιόρισε την ανάπτυξη του δορυφόρου της πατάτας.

Το ελαιόλαδο που προέκυψε σε όλες τις μεταχειρίσεις ήταν της κατηγορίας έξτρα παρθένο ελαιόλαδο, ενώ η ελαιοπεριεκτικότητα των καρπών ήταν μικρή και πιθανώς οφείλεται στο γεγονός ότι έγινε πρώιμη συγκομιδή, αφού οι καρποί ήταν ακόμα πράσινοι και στο ότι ακολουθήθηκε η μέθοδος της κρύας έκθλιψης που παράγει λιγότερο ελαιόλαδο. Το ελαιόλαδο παρέμεινε υψηλής ποιότητας παρά την εντονότατη προσβολή από τον δάκο λόγω του ανώριμου σταδίου του συλλεχθέντος καρπού και της άμεσης ελαιοποίησης του ελαιόκαρπου μετά τη συγκομιδή, που παρεμπόδισαν την ανάπτυξη μυκήτων στους καρπούς.

4.5 Μακροσκοπικές Παρατηρήσεις

Από μακροσκοπική παρατήρηση των ελαιόδεντρων την επόμενη καλλιεργητική περίοδο (2019-2020) της διεξαγωγής του πειράματος, που αναμενόταν να είναι χρονιά παρενιαυτοφορίας, δεν φάνηκε κάποια διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων ως προς την ανθοφορία και την καρποφορία, η οποία ουσιαστικά ήταν ανύπαρκτη. Επομένως η χρήση του ζεόλιθου διαφυλλικά δεν φαίνεται να βοήθησε στη μείωση της παρενιαυτοφορίας.

4.6 Οικονομικά Στοιχεία

Ως προς το οικονομικό σκέλος, όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, ο ζεόλιθος είναι ένα φτηνό υλικό, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στη βιολογική καλλιέργεια, ενώ μεγάλες ποσότητες του προέρχονται από ορυχεία και εταιρίες εντός της Ελλάδας. Η χρήση τους από εδάφους έχει μελετηθεί εκτενώς για πολλές καλλιέργειες ενώ η χρήση του στο φύλλωμα ως αντικαταστάτης του καολίνη είναι ελάχιστα μελετηθείσα πρακτική. Επίσης η χρήση του στο φύλλωμα θα μπορούσε πιθανώς να υποκαταστήσει και άλλες μεθόδους φυτοπροστασίας εναντίον εντόμων.

Ωστε να υπάρχει μια καλύτερη κατανόηση της τάξης των οικονομικών μεγεθών παρακάτω ακολουθούν κάποιες τιμές κόστους για διάφορες καλλιεργητικές πρακτικές. Για ένα στρέμμα υπολογίζεται πως πρέπει να εφαρμοστούν περίπου 500 kg ζεόλιθου, σε μία δόση ή σε περισσότερες, το οποίο συμπεριλαμβανομένων των εργατικών και λοιπών εξόδων κοστίζει 180 ευρώ. Η διαφυλλική εφαρμογή του ζεόλιθου, για ένα στρέμμα και μία καλλιεργητική περίοδο, υπολογίζοντας ότι θα γίνουν ο αρχικός ψεκασμός με διάλυμα περιεκτικότητας ζεόλιθου 3% κ.β. και δύο επαναληπτικοί ψεκασμοί με 1,5% κ.β., κοστίζει 125 ευρώ, ενώ η διαφυλλική εφαρμογή καολίνη, για ένα στρέμμα και μία καλλιεργητική περίοδο, υπολογίζοντας ότι θα γίνουν δύο αρχικοί ψεκασμοί με διάλυμα περιεκτικότητας καολίνη 2,5% κ.β. και δύο επαναληπτικοί ψεκασμοί με 1,5% κ.β., κοστίζει 205 ευρώ. Η προστασία από δάκο κατά την χρονιά καρποφορίας σε βιολογική καλλιέργεια με παγίδευση για ένα στρέμμα κοστίζει περίπου 25 ευρώ, ενώ με δολωματικό ψεκασμό με σκεύασμα Success (δραστική ουσία Spinosad), για ένα στρέμμα υπολογίζοντας 4 επαναλήψεις ψεκασμών με 100 κ.εκ. σκευάσματος, κοστίζει 75 ευρώ.

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι η εφαρμογή ζεόλιθου αντί καολίνη διαφυλλικά μειώνει το κόστος περίπου κατά 35%, χωρίς όμως να γνωρίζουμε ποιος από τους δύο είναι πιο αποτελεσματικός ως προς την φυτοπροστασία και την ανακούφιση από θερμική και υδατική καταπόνηση, αφού δεν ήταν αντικείμενο αυτής της μελέτης. Επιπλέον η χρήση του ζεόλιθου θα μπορούσε πιθανώς να υποκαταστήσει τις υπόλοιπες μεθόδους καταπολέμησης τους δάκου που παρόλο που είναι πιο οικονομικές δεν έχουν άλλες θετικές επιδράσεις στον δέντρο, ενώ πρέπει να σημειωθεί ότι δεν έχει γίνει σύγκριση μεταξύ αυτών των μεθόδων.

5. Συμπεράσματα

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω σε χρονιά ακαρπίας και σχετικά μικρού υδατικού στρες η χρήση ζεόλιθου τόσο από το έδαφος όσο και διαφυλλικά δεν φαίνεται να οδηγεί σε σημαντικά ή ακόμα και σε καθόλου πλεονεκτήματα έναντι του μάρτυρα.

Σε χρονιά καρποφορίας και έντονης θερμικής και υδατικής καταπόνησης στον συγκεκριμένο τύπο εδάφους και σε ξηρική καλλιέργεια φαίνεται πως η χρήση ζεόλιθου από εδάφους δρα ανταγωνιστικά με τις ρίζες του δέντρου δεσμεύοντας το διαθέσιμο νερό και πιθανώς τα θρεπτικά συστατικά. Έτσι οδηγεί σε πιο μεστά φύλλα με λιγότερη χλωροφύλλη και μικρότερους καρπούς με μεγαλύτερη προσβολή από τον δάκο. Θετικό είναι ότι αυξάνεται η ελαιοπεριεκτικότητα λόγω της θερμικής καταπόνησης και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ελαιόλαδου είναι λίγο καλύτερα από του μάρτυρα. Κάτω από τις ίδιες εδαφοκλιματικές και καλλιεργητικές συνθήκες η χρήση ζεόλιθου με ψεκασμό στο φύλλωμα φαίνεται να δρα ανακουφιστικά ως προς τη θερμική και υδατική καταπόνηση με αποτέλεσμα το δέντρο να συνεχίζει να φωτοσυνθέτει καλύτερα και να μπορεί να υποστηρίξει βλαστική αύξηση εκτός από την τροφοδοσία των καρπών. Αποτέλεσμα του παραπάνω είναι μεγαλύτερο υδατικό περιεχόμενο στα φύλλα, μεγαλύτερη συγκέντρωση χλωροφύλλης, βελτιωμένη παραγωγή και παραγωγικότητα, μεγαλύτερους καρπούς λιγότερο προσβεβλημένους από τον δάκο και καλύτερη ποιότητα ελαιόλαδου. Επίσης φαίνεται ότι η χρήση του ζεόλιθου διαφυλλικά δεν μείωσε την ένταση της παρεναιτοφορίας την καλλιεργητική περίοδο μετά την καρποφορία.

Εν κατακλείδι αναλογιζόμενοι τα αντικρουόμενα αποτελέσματα μας για τη χρήση του ζεόλιθου από εδάφους σε σχέση με την υπαρκτή βιβλιογραφία για τα οφέλη του, είναι σημαντικό να γίνει περαιτέρω μελέτη για τις ωφέλειες του σε διάφορους τύπους εδάφους σε πραγματικές συνθήκες.

Τα αποτελέσματα για τη διαφυλλική εφαρμογή ζεόλιθου που προέκυψαν είναι μεγάλης σημασία, καθώς ελάχιστες μελέτες έχουν γίνει πάνω σε αυτό το αντικείμενο, και επομένως μπορούν να αποτελέσουν το έναυσμα για περαιτέρω μελέτη δεδομένου ότι ήταν ελπιδοφόρα. Προτείνεται η επόμενη δράση να είναι μελέτη μόνο της διαφυλλικής εφαρμογής ζεόλιθου (χωρίς από εδάφους εφαρμογή) για να μελετηθεί η αποτελεσματικότητα αυτής στη λειτουργία του φυτού και στην παραγωγικότητα καρπού και έλεγχο των προσβολών από τον δάκο. Ταυτόχρονα θα μπορούσε να συνδυαστεί με εφαρμογή διαφυλλικού καολίνης σε άλλη μεταχείριση ώστε να μπορέσουν να συγκριθούν και μεταξύ τους υπό ίδιες συνθήκες.

Βιβλιογραφία

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Θεριός Ι.Ν., 2005. Ελαιοκομία. Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη.
- Λόλας Π. (2007): Φυσιολογία Φυτού - Σημειώσεις. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος
- Μαλέτσικα Π., 2015. Διδακτορική Διατριβή “Επίδραση ρυπογόνων ή μη ανόργανων κόνεων στη φυσιολογία των οπωροφόρων και στην ποιότητα καρπών ”, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.
- Ποντίκης Κ. Α., 2000. Ειδική Δενδροκομία-Ελαιοκομία. Τόμος Τρίτος, Εκδόσεις Αθ. Σταμούλη, Αθήνα.
- Fooks R., 2002. Το Βιβλίο της Ελιάς. Εκδόσεις Ψίχαλου, Αθήνα.

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- Abou-Khaled A., Hagan R.M. and Davenport D.C., 1970. Effects of kaolinite as a reflective antitranspirant on leaf temperature, transpiration, photosynthesis, and water-use efficiency. *Water Resour. Res.* 6:280–289.
- Aghaalikhani M., Gholamhoseini M., Dolatabadian A., Khodaei-Joghan A. and Sadat Asilan K., 2012. Zeolite influences on nitrate leaching, nitrogen-use efficiency, yield and yield components of canola in sandy soil. *Arch. Agron. Soil Sci.* 58:1149–1169.
- Ainsworth E.A. and Rogers A., 2007. The response of photosynthesis and stomatal conductance to rising CO₂: mechanisms and environmental interactions. *Plant Cell Environ.* 30:258–270.
- Al-Dwairi R.A. and Al-Rawajfeh A.E., 2012. Recent patents of natural zeolites applications in environment, agriculture and pharmaceutical industry. *Recent Pat. Chem. Eng.* 5:20–27.
- Bacelar E.A., Santos D.L., Moutinho-Pereira J.M., Gonçalves B.C., Ferreira H.F. and Correia C.M., 2006. Immediate responses and adaptative strategies of three olive cultivars under contrasting water availability regimes: Changes on structure and chemical composition of foliage and oxidative damage. *Plant Sci.* 170:596-605.

- Bahador M. and Tadayon M.R.*, 2019. Investigating of zeolite role in modifying the effect of drought stress in hemp: antioxidant enzymes and oil content. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
- Balachowsky A.S. and Hoffman A., 1963. Famille des atteladbidae. In: A.S. Balachowsky (Ed.) Entomologie Appliquee a l'Agriculture, Tome I Vol 2 1963, Masson et Cie, Paris, pp. 1202-1237.
- Bollard E. G., 1970. The physiology and nutrition of developing fruits. In: Biochemistry of Fruits and their Products, Vol. 1, Acad. Press pp. 660.
- Bongi G., Mencuccini M. and Fontanazza G. 1987a. Photosynthesis of olive leaves: effect of light flux density, leaf age, temperature, peltates and H₂O vapor pressure deficit on gas exchange. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112:143-148.
- Bosabalidis A.M. and Kofidis G., 2002. Comparative effects of drought stress on leaf anatomy of two olive cultivars. Plant Sci. 163:375-379.
- Bremner, J.M., 1996. Nitrogen-total. In D.L. Sparks (ed.), Methods of Soil Analysis: Part 3 Chemical Methods. SSSA Book Series 5. Soil Science Society of America, American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 1085-1121
- Ce-Wen N., Bichurin M. I., Dong Shuxiang, Viehland D. and Srinivasan G., 2008. Multiferroic magnetoelectric composites: Historical perspective, status, and future directions. J. Applied Physics 103: 031101-031101-35.
- Centritto M., 2002. The effects of elevated [CO₂] and water availability on growth and physiology of peach (*Prunus persica*) plants. Plant Biosyst. 136:177-188.
- Chartzoulakis K., Patakas A. and Bosabalidis A.M., 1999. Changes in water relations, photosynthesis and leaf anatomy induced by intermittent drought in two olive cultivars. Environ. Exp. Bot. 42:113-120.
- De Smedt C., 2016. Zeolites as potential plant protection agents. PhD Thesis. Ghent University, Belgium
- De Smedt C., Steppe K. and Spanoghe P., 2017. Beneficial effects of zeolites on plant photosynthesis. Advance Materials Science 2(1):1-11
- Denaxa N.K., Roussos P.A., Damvakaris T. and Stournaras V., 2012. Comparative effects of exogenous glycine betaine, kaolin clay particles and Ambiol on photosynthesis, leaf sclerophylly indexes and heat load of olive cv. Chondrolia Chalkidikis under drought. Sci. Hortic. 137:87-94.

- Ebrahimian E., Seyyedi S.M., Bybordi A. and Damalas C.A., 2019. Seed yield and oil quality of sunflower, safflower, and sesame under different levels of irrigation water availability. *Agric. Water Manag.* 218:149–157.
- Eriksson H., 2008. Controlled release of preservatives using dealuminated zeolite. *Y. J. Biochem. Biophys. Meth.* 70:1139–1144.
- European Commission, 2020. Study on the implementation of conformity checks in the olive oil sector throughout the European Union.
- Eurostat, 2019. Agriculture, forestry and fishery statistics: 2019 Edition. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Farhoudi R., Lee D.J. and Hussain M., 2014. Mild drought improves growth and flower oil productivity of German chamomile (*Matricaria recutita* L.). *J. Essent. Oil Bear. Plants* 17: 26–31.
- Fernandez-Diaz M.S., 1971. The olive. In: Hulme A.C. (Ed.), *The Biochemistry of Fruits and their Products*. Vol. 2, Academic press, London, pp. 255-279.
- Fernández-Romero M. L., Lozano-García B., Parras-Alcántara L., Collins C. D. and Clark J. M., 2016. Effects of land management on different forms of soil carbon in olive groves in Mediterranean areas. *Land Degrad. Dev.* 27: 1186–1195.
- Franzluebbers A. J., 2002. Water infiltration and soil structure related to organic matter and its stratification with depth. *Soil Tillage Res.* 66: 197–205.
- Gerontidis St. D.V., Kosmas C., Detsis B., Marathianou M., Zafirious T. and Tsara M., 2001. The effect of moldboard plow on tillage erosion along a hillslope. *J. Soil Water Conserv.* 56: 147–152.
- Glenn D.M. and Puterka G.J., 2005. Particle films: a new technology for agriculture. In Janick J. (ed.), *Horticultural Reviews*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, pp. 1–44.
- Glenn D.M., Erez A., Puterka G.J. and Gundrum P., 2003. Particle films affect carbon assimilation and yield in ‘Empire’ apple. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 128:356–362.
- Glenn D.M., Puterka G.J., Drake S.R., Unruh T.R., Knight A.L., Baherle P. et al., 2007. Particle film application influences apple leaf physiology, fruit yield, and fruit quality. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 126:175–181.
- Glenn D.M., Puterka G.J., Vanderzwet T., Byers R.E. and Feldhake C., 1999. Hydrophobic particle films: a new paradigm for suppression of arthropod pests and plant diseases. *J Econ. Entomol.* 92: 759-771.

- Grange M., Wand S. and Theron K., 2004. Effect of kaolin applications on apple fruit quality and gas exchange of apple leaves. *Acta Hort.* 636: 545–550.
- Guha L., Seenivasagan T., Bandyopadhyay P., Iqbal ST., Sathe M., Sharma P., Parashar B.D. and Kaushik M.P., 2012. Oviposition and flight orientation response of *Aedes aegypti* to certain aromatic aryl hydrazono esters. *Parasitol. Res.* 111: 975-982.
- Hagidimitriou M. and Pontikis C.A. 2005. Seasonal changes in CO₂ assimilation in leaves of five major Greek olive cultivars. *Sci. Hortic.* 104:11-24.
- Higgins S.S., Larsen F.E., Bendel R.B., Rademaker G.K., Bassman J.H., Bidlake W.R. and Al Wir A. 1992. Comparative gas exchange characteristics of potted, glasshouse-grown almond, apple, fig, grape, olive, peach and Asian pear. *Sci. Hortic.* 52:313-329.
- Janssen M. and Hamm U., 2011. Consumer perception of different organic certification schemes in five European countries. *Organic Agric.* 1: 31-43.
- Jaramillo E. and Chandross M., 2004. Adsorption of small molecules in LTA zeolites. 1. NH₃, CO₂, and H₂O in zeolite 4A. *J. Phys. Chem. B* 108:20 155–20 159.
- Jifon J.L. and Syvertsen J.P., 2003. Kaolin particle film applications can increase photosynthesis and water use efficiency of ‘Ruby red’ grapefruit leaves. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 128: 107–112.
- Jimenez J.J., 1969. Ciclo vegetativo del olivo gordal sevillano y su tecnica de cultivo. *An. Ist. Nac. Invest. Agron.* 18: 271-284.
- Jin H., Hongwen L., Rasaily Rabi G., Qingjie W., Guohua C., Yanbo S., Xiaodong Q. and Lijin L., 2011. Soil properties and crop yields after 11 years of no tillage farming in wheat–maize cropping system on North China Plain. *Soil Tillage Res* 113: 48–54.
- Kabiri V., Raiesi F., Ghazavi M. A., 2015. Six years of different tillage systems affected aggregate-associated SOM in a semi-arid loam soil from Central Iran. *Soil Tillage Res.* 154: 114–125.
- Keren R., 1996. Boron. In D.L. Sparks (ed.), *Methods of Soil Analysis: Part 3, Chemical Methods*.
- King J.R., 1938. Morphological development of the fruit of the olive. *Hilgardia* 11: 437-458
- Lal R., 2015. Restoring soil quality to mitigate soil degradation. *Sustainability* 7:5875-5895.

- Lalancette N., Belding R.D., Shearer P.W., Frecon J.L. and Tietjen W.H., 2005. Evaluation of hydrophobic and hydrophilic kaolin particle films for peach crop, arthropod and disease management. *Pest Manag. Sci.* 61:25–39.
- Larentzaki E., Shelton A.M. and Plate J., 2008. Effect of kaolin particle film on *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae), oviposition, feeding and development on onions: a lab and field case study. *Crop Prot.* 27: 727–734.
- Leskey T.C., Wright S.E., Glenn D.M. and Puterka G.J., 2010. Effect of Surround WP on behavior and mortality of apple maggot (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.* 103: 394–401.
- Long S.P., Ainsworth E.A., Rogers A. and Ort D.R., 2004. Rising atmospheric carbon dioxide: plants face the future. *Annu. Rev. Plant Biol.* 55: 591–628.
- Mariscal M.J., Orgaz F. and Villalobos F.J., 2000. Modelling and measurement of radiation interception by olive canopies. *Agr. Forest. Meteorol.* 100: 183-197.
- Marko V., Blommers L.H.M., Bogyá S. and Helsen H., 2008. Kaolin particle films suppress many apple pests, disrupt natural enemies and promote woolly apple aphid. *J. Appl. Entomol.* 132: 26–35.
- Mazor M. and Erez A., 2004. Processed kaolin protects fruits from Mediterranean fruit fly infestations. *Crop Prot.* 23: 47–51.
- Metzidakis I., Koubouris G., Kassidonis E., Sergendani C., Giannakaki A., Kosmas C. and Moustakas N., 2012. Impact of soil management practices on physical and chemical properties of soils formed in marls, conglomerates or schists in sloping olive groves. *Acta Hortic.* 949.
- Milošević T., Milošević N. and Glišića I., 2013. Tree growth, yield, fruit quality attributes and leaf nutrient content of ‘Roxana’ apricot as influenced by natural zeolite, organic and inorganic fertilisers. *Sci. Hortic.* 156:131-139
- Mirzaei M., Akbar A. and Mohsen S., 2015. Aggregation stability and organic carbon fraction in a soil amended with some plant residues, nanozeolite, and natural zeolite. *Int. J. Recycling Organic Waste Agric.* 4: 11-22.
- Montanari T. and Busca G., 2008. On the mechanism of adsorption and separation of CO₂ on LTA zeolites: an IR investigation. *Vibr. Spectrosc.* 46: 45–51.
- Montes-Borrego M., Navas-Cortés J.A. and Landa B.B., 2013. Linking microbial functional diversity of olive rhizosphere soil to management systems in commercial orchards in southern Spain. *Agric. Ecosyst. Environ.* 181: 169–178.

- Moschitz H., 2008. Organic farming Policy networks in Europe. Dissertation, Diplom-Agraringenieurin Univ., Technische Universität München, Austria.
- Pavelic K.I. and Hadzija M., 2003. Medical applications of zeolites. In Carrado K.A. and Dutta P.K. (ed.), Handbook of Zeolite Science and Technology, Auerbach SM, Marcel Dekker, New York, NY, pp. 1141–1173.
- Percival G.C. and Boyle S., 2009. Evaluation of film forming polymers to control apple scab (*Venturia inaequalis* (Cooke) G. Wint.) under laboratory and field conditions. Crop Prot. 28: 30–35.
- Perez-Caballero R., Gil J., Benitez J. and Gonzalez L., 2008. The effect of adding zeolite to soils in order to improve the N-K nutrition of olive trees. Preliminary results. Am. J. Agric. Biol. Sci. 2: 321–324.
- Proietti P., 2000. Effect of fruiting on leaf gas exchange in olive (*Olea europaea* L.). Photosynthetica 38(3): 397-402.
- Proietti P. and Famiani F., 2002. Diurnal and seasonal changes in photosynthetic characteristics in different olive cultivars. Photosynthetica 40(2): 171-176.
- Puterka G.J., Glenn D.M.M., Sekutowski D.G., Unruh T.R. and Jones S.K., 2000. Progress toward liquid formulations of particle films for insect and disease control in pear. Environ. Entomol. 29:329–339.
- Ramesh K., Biswas A.K., Somasundaram J. and Rao A.S., 2010. Nanoporous zeolites in farming: current status and issues ahead. Curr. Sci. 99: 760–764.
- Reddy P., 2012. Disguising the leaf surface. In: Reddy P. (ed.), Recent Advances in Crop Protection. Springer, New York, New York, pp. 91-102.
- Rezaei-Chiyaneh E., Seyyedi S.M., Ebrahimian E., Moghaddam S.S. and Damalas C.A., 2018. Exogenous application of gamma-aminobutyric acid (GABA) alleviates the effect of water deficit stress in black cumin (*Nigella sativa* L.). Ind. Crops Prod. 112: 741–748.
- Rosati A., Metcalf S.G., Buchner R.P., Fulton A.E. and Lampinen B.D., 2007. Effects of kaolin application on light absorption and distribution, radiation use efficiency and photosynthesis of almond and walnut canopies. Ann. Bot. 99:255–263.
- Saour G. and Makee H., 2003. Effects of kaolin particle film on olive fruit yield, oil content and quality. Adv. Hort. Sci. 4: 204-206.
- Sastre B., Ángeles Pérez-Jiménez M., Bienes R., García-Díaz A., and de Lorenzo C., 2016. The effect of soil management on olive yield and VOO quality in a rainfed olive grove of Central Spain. J. Chem. Article ID 4974609.

- Schroeder W. D. and Rizi A. D., 1967. Olive yield decline study in Tehana county. Calif. Agric. 21(3): 8-9.
- Servili M., Esposito S., Fabiani R., Urbani S., Taticchi A., Mariucci F., Selvaggini R. and Montedoro G.F., 2009. Phenolic compounds in olive oil: antioxidant, health and organoleptic activities according to their structure. Inflammopharmacology 17: 76-84.
- Sheehy J., Regina K., Alakukku L. and Six J., 2015. Impact of no-till and reduced tillage on aggregation and aggregate-associated carbon in northern European agroecosystems. Soil Tillage Res. 150: 107–113.
- Wünsche J.N., Lombardini L. and Greer D.H., 2004. ‘Surround’ particle film applications – effects on whole canopy physiology of apple. Acta Hort. 636: 565–571.
- Zahedi H. and Tohidi Moghadam H.R., 2011. Effect of drought stress on antioxidant enzymes activities with zeolite and selenium application in canola cultivars. Department of Agronomy Islamshahr Branch, Islamic Azad University, Islamshahr, Iran.
- Zekaria-Oren J. and Eyal Z., 1991. Effect of film-forming compounds on the development of leaf rust on wheat seedlings. Plant Dis. 75: 231–234.

Διαδικτυακή Βιβλιογραφία

- Καλαντζής Γ., 2019. Ιδιωτικός Μετεωρολογικός Σταθμός, Αργαλαστή <http://www.argalastiweather.eu/> (Πρόσβαση στις 8 Δεκεμβρίου 2020)
- Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων <http://www.minagric.gr/> (Πρόσβαση στις 12 Δεκεμβρίου 2020)
- FAO, 2018. Agricultural Statistics of the Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. www.FAO.org (Πρόσβαση στις 5 Ιανουαρίου 2021)
- Prosodol, 2011. Βασικές φυσικές παράμετροι. <http://www.prosodol.gr/?q=el/node> (Πρόσβαση στις 3 Ιανουαρίου 2021)