



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

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**Διαφυλλικές εφαρμογές καολίνη και ζεόλιθου στην πορτοκαλιά:  
επίδραση στα χαρακτηριστικά φύλλων και ποιότητα καρπού**

Πλατσούκα Ελένη

Επιβλέπων καθηγητής: Νάνος Δ. Γεώργιος

Βόλος, 2022

**Διαφυλλικές εφαρμογές καολίνη και ζεόλιθου στην πορτοκαλιά:  
επίδραση στα χαρακτηριστικά φύλλων και ποιότητα καρπού**

**Foliar kaolin and zeolite applications on orange trees: effects on leaf  
characteristics and fruit quality**

Τριμελής εξεταστική επιτροπή:

1. Νάνος Γεώργιος, Καθηγητής Δενδροκομίας, Τμήμα Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (Επιβλέπων)
2. Αντωνιάδης Βασίλειος, Καθηγητής Εφαρμοσμένης Εδαφολογίας, Τμήμα Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (Μέλος)
3. Μαλέτσικα Περσεφόνη, Επίκουρη Καθηγήτρια Δενδροκομίας, Τμήμα Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (Μέλος)

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

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Αρχικά θέλω να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Γεώργιο Νάνο, για όλη την καθοδήγηση και τον χρόνο που μου προσέφερε δίνοντας μου χρήσιμες συμβουλές και οδηγίες για την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω το προσωπικό του εργαστηρίου Δενδροκομίας, κα. Τριανταφυλλιά Γεωργουδάκη και κ. Βασίλη Γιουβάνη για τη βοήθεια τους κατά τη διάρκεια των εργαστηριακών μετρήσεων καθώς και τα υπόλοιπα μέλη της τριμελούς επιτροπής για τον χρόνο που θα αφιερώσουν για τη μελέτη της διατριβής μου.

Τέλος, επειδή ένα ευχαριστώ είναι λίγο, θέλω να εκφράσω την αγάπη και την ευγνωμοσύνη μου προς την οικογένειά μου για την οικονομική, ψυχολογική και ηθική υποστήριξη που μου προσφέρουν όλα αυτά τα χρόνια και που με στηρίζουν σε κάθε μου απόφαση.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.Εισαγωγή.....	1
1.1 Εσπεριδοειδή.....	1
1.1.1 Η σημασία της καλλιέργειας των εσπεριδοειδών για την Ελλάδα και τον κόσμο.....	1
1.1.2 Κλιματικές απαιτήσεις των εσπεριδοειδών.....	2
1.1.3 Κλιματική αλλαγή.....	3
1.1.4 Άρδευση.....	4
1.1.5 Λίπανση.....	5
1.1.6 Θερμική καταπόνηση.....	5
1.2 Καολίνης.....	7
1.3 Ζεόλιθος.....	10
1.4 Φυσιολογία των εσπεριδοειδών.....	14
1.4.1 Φύλλα.....	15
1.4.2 Καρποί.....	15
1.4.3 Ποιότητα των καρπών.....	17
1.5 Σκοπός της εργασίας.....	18
2. Υλικά και Μέθοδοι .....	19
2.1 Πειραματικός αγρός.....	19
2.2 Μεταχειρίσεις.....	29
2.3 Μετρήσεις εργαστηρίου.....	20
2.3.1 Χαρακτηριστικά φύλλου.....	20
2.3.2 Μετρήσεις ποιότητας καρπών.....	21
2.4 Στατιστική ανάλυση.....	22
3. Αποτελέσματα.....	23

3.1 Ξηρά ουσία (%) και Ειδικό Βάρος Φύλλου (mg/cm <sup>2</sup> ).....	23
3.2 Χλωροφύλλη ανά μονάδα ξηράς ουσίας φύλλου (mg/g Ξ.Ο.).....	24
3.3 Χλωροφύλλη ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (mg/m <sup>2</sup> ).....	25
3.4 Χρώμα φύλλου.....	27
3.5 Βάρος και διάμετρος καρπού, βάρος φλοιού και επί τοις % εδώδιμου.....	29
3.6 Χρώμα φλοιού, παράμετροι L*, a* και b*.....	30
3.7 Διαλυτά στερεά συστατικά (ΔΣΣ, %), οξύτητα (%) και λόγος διαλυτών στερεών συστατικών/οξύτητα.....	32
4.Συζήτηση.....	34
Συμπεράσματα.....	37
Βιβλιογραφία.....	38

## Περίληψη

Οι πορτοκαλιές αναπτύσσουν τους καρπούς τους συνεχώς και κατά το θέρος, όταν η θερμική θερινή καταπόνηση μπορεί να επιδράσει αρνητικά στην ανάπτυξη του καρπού. Μελετήθηκε η διαφυλλική εφαρμογή κόνεων ζεόλιθου και καολίνης κατά το θέρος με σκοπό τη μείωση της τυχόν θερμικής καταπόνησης σε εμπορικό πορτοκαλεώνα στην περιοχή της Άρτας. Μετρήθηκαν ορισμένα χαρακτηριστικά φύλλων και καρπών στα μέσα Ιουλίου, αρχές Σεπτεμβρίου και στα τέλη Νοεμβρίου με την εμπορική συγκομιδή. Τα φύλλα της πορτοκαλιάς πιθανότατα είχαν καταπονηθεί μέχρι τον Σεπτέμβριο και επανέκαμψαν τον Νοέμβριο, ενώ φάνηκε ότι ο ζεόλιθος σκίασε τα φύλλα (αύξησε τις συγκεντρώσεις χλωροφυλλών και έντονα της  $b^*$  και μείωσε τη σχέση  $chlora/chlorb$ ) και ο καολίνης φώτισε περισσότερο τα φύλλα μειώνοντας τη συγκέντρωση χλωροφυλλών (ιδιαίτερα της  $b^*$ ), και αυξάνοντας τη σχέση  $chlora/chlorb$  και το ποσοστό % ξηράς ουσίας στα φύλλα. Το χρωματόμετρο Minolta δεν δύναται να εκτιμήσει τη συγκέντρωση χλωροφυλλών στα φύλλα. Οι καρποί αναπτύχθηκαν σταδιακά και έντονα από τον Ιούλιο έως την εμπορική συγκομιδή στα τέλη Νοεμβρίου χωρίς αλλαγές στο χρώμα φλοιού κατά το θέρος παρουσία ή μη των κόνεων. Οι κόνεις δεν επηρέασαν το μέγεθος καρπού στη συγκομιδή, επέδρασαν ελαφρά αρνητικά στο χρώμα φλοιού, αλλά βελτίωσαν σημαντικά την οργανοληπτική ποιότητα και το εδώδιμο τμήμα του πορτοκαλιού, όταν οι καρποί του μάρτυρα είχαν οριακά αποδεκτή ποιότητα για συγκομιδή.

**Λέξεις κλειδιά:** εσπεριδοειδή, πορτοκαλιά, ζεόλιθος, καολίνης

## **Abstract**

Orange trees grow their fruits continuously during summer, when the summer heat stress can affect the fruit growth negatively. The foliar application of zeolite and kaolin particle films in the summer was studied in order to reduce any heat stress in a commercial orange field in the area of Arta. Some leaf and fruit characteristics were measured in mid-July, early September and late November at the commercial harvest. The orange leaves were probably exhausted until September and recovered in November, while the zeolite appeared to shade the leaves (increased the chlorophyll concentrations and especially  $b^*$  and reduced the chlora / chlorb) and the kaolin illuminated the leaves more by reducing the concentration of chlorophylls (especially  $b^*$ ) and increasing the chlora / chlorb and the % of dry matter in the leaves. The Minolta color meter cannot estimate the concentration of chlorophyll in the leaves. The fruits grew gradually and intensely from July until the commercial harvest at the end of November without changes in the color of the skin during the summer in the presence or absence of particle films. The particle films did not affect the fruit size at harvest, had a slight negative effect on the color of the skin, but significantly improved the organoleptic quality and the edible part of the orange when the control fruits had a marginally acceptable quality for harvest.

**Keywords:** citrus, orange tree, zeolite, kaolin



## 1. Εισαγωγή

### 1.1 Εσπεριδοειδή

#### 1.1.1 Η σημασία της καλλιέργειας των εσπεριδοειδών για την Ελλάδα και τον κόσμο

Τα εσπεριδοειδή καλλιεργούνται σε περισσότερες από 100 χώρες παγκοσμίως και σε όλες τις ηπείρους, οπότε αποτελούν προϊόν παγκοσμίου ενδιαφέροντος. Καλλιεργούνται στην τροπική και υποτροπική ζώνη και οι περιοχές στις οποίες γίνεται η μεγαλύτερη παραγωγή εσπεριδοειδών βρίσκονται σε γεωγραφικό πλάτος μεταξύ 20 και 40° του Βορείου και Νοτίου ημισφαιρίου. Οι χώρες που παράγουν τις μεγαλύτερες ποσότητες εσπεριδοειδών είναι οι ΗΠΑ, η Βραζιλία, η Ισπανία, η Ιαπωνία, το Μεξικό, η Αργεντινή, η Αίγυπτος, το Μαρόκο, το Ισραήλ, η Κούβα και η Ν. Αφρική.

Η Ισπανία είναι ο μεγαλύτερος εξαγωγέας νωπών εσπεριδοειδών στην Ευρωπαϊκή Ένωση, ενώ σημαντικές ποσότητες παράγουν και εξάγουν και η Ελλάδα και η Ιταλία. Στην Ελλάδα πιο συγκεκριμένα το εμπόριο των εσπεριδοειδών αποτελεί αξιόλογο μέρος του αγροτικού εμπορίου και είναι η δεύτερη σε σειρά καλλιέργεια με μεγάλη οικονομική σημασία, μετά την ελιά (Βασιλακάκης και Θεριός, 2006). Ο μεγαλύτερος όγκος της παραγωγής εσπεριδοειδών γίνεται στους νομούς Αργολίδος, Άρτας, Λακωνίας και Χανίων. Στην πρώτη θέση βρίσκονται τα πορτοκάλια με ετήσια παραγωγή 900.000 τόνους, στη δεύτερη θέση τα μανταρίνια με 120.000 τόνους και ακολουθούν τα λεμόνια με 50.000 τόνους. Οι ποσότητες εσπεριδοειδών που εξάγονται ετησίως ανέρχονται στους 400.000 τόνους (ΥΠΑΑΤ, 2012).

Η παγκόσμια παραγωγή και κατανάλωση εσπεριδοειδών τα τελευταία χρόνια έχει φτάσει στα υψηλότερα επίπεδα, καθώς η παραγωγή πορτοκαλιών, μανταρινιών, λεμονιών, λάιμ, γκρέιπφρουτ κ.ά., έχει σημειώσει ραγδαία αύξηση σε διάφορες χώρες και ηπείρους. Περισσότερο από το 80% αυτών των εσπεριδοειδών υπολογίζεται ότι χρησιμοποιείται στην παραγωγή χυμών και παραγώγων. Η επέκταση της εμπορίας νωπών και επεξεργασμένων προϊόντων εσπεριδοειδών οφείλεται κυρίως σε βελτιώσεις που έγιναν στην καλλιέργεια, τη μεταφορά και τη συσκευασία κατά την τελευταία δεκαετία, οι οποίες μείωσαν το κόστος και βελτίωσαν την ποιότητα των εσπεριδοειδών και των προϊόντων τους.

Τα εσπεριδοειδή έχουν σημαντική οικονομική αξία με την παγκόσμια παραγωγή τους να φτάνει περίπου τους 124,2 εκατομμύρια τόνους το 2016, με τα πορτοκάλια να

αντιπροσωπεύουν περίπου το 60% της συνολικής παραγωγής εσπεριδοειδών, ακολουθούμενα από μανταρίνια, λεμόνια και γκρέιπφρουτ (Coelho et al., 2021). Η συμβολή της βιομηχανίας εσπεριδοειδών στην παγκόσμια οικονομία είναι τεράστια, καθώς πέραν των άλλων παρέχει θέσεις εργασίας σε εκατομμύρια ανθρώπους σε όλο τον κόσμο σε δραστηριότητες συλλογής, μεταφοράς, αποθήκευσης και μάρκετινγκ. Επιπλέον, χάρη στη θρεπτική αξία αυτών των φρούτων, καθώς και την ευαισθητοποίηση των καταναλωτών σε θέματα υγείας και διατροφής, τα εσπεριδοειδή αποκτούν παγκόσμια σημασία και η κατανάλωσή τους συνεχώς αυξάνεται (Ladaniya, 2008).

### **1.1.2 Κλιματικές απαιτήσεις των εσπεριδοειδών**

Τα εσπεριδοειδή αναπτύσσονται σε περιοχές με υγρό και θερμό κλίμα, όπου ο χειμώνας είναι ήπιος και η θερμοκρασία είναι πάνω από 0° C. Δεν μπορούν να αναπτυχθούν σε υψόμετρο μεγαλύτερο των 500 m. Τα άνθη, οι νεαροί βλαστοί και οι καρποί παθαίνουν ζημιές στους -2° C και οι νεαροί σε ηλικία βλαστοί και οι καρποί παθαίνουν ζημιές στους -5° C. Σε αυτές τις περιπτώσεις οι ώριμοι καρποί «στεγνώνουν» και οι βλαστοί «καίγονται». Τέλος, στους -10° C έχουν παρατηρηθεί νεκρώσεις μεγάλης ηλικίας βλαστών έως και ολόκληρων δένδρων.

Μεγάλη πρόκληση για τα εσπεριδοειδή αποτελούν οι παγετοί. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα πολλά από τα είδη των εσπεριδοειδών φέρουν τους καρπούς τους και ένας παγετός μπορεί να καταστρέψει τόσο την καρποφορία όσο και τμήματα ή και ολόκληρο το δένδρο. Οι καρποί όταν ζημιώνονται από παγετό αποκτούν σπογγώδη και στεγνή μορφή και ως εκ τούτου χάνουν την εμπορική τους αξία. Το μέγεθος της ζημιάς από έναν παγετό εξαρτάται από τη δριμύτητα του παγετού, την ποικιλία και το υποκείμενο, τη φυσιολογική κατάσταση και το στάδιο ανάπτυξης των δένδρων (Βασιλακάκης, 2016).

Ωστόσο, ζημιές στην παραγωγή και την ποιότητα των εσπεριδοειδών μπορούν να προκληθούν ακόμη και από υψηλές θερμοκρασίες σε συνδυασμό με χαμηλή σχετική υγρασία. Η απότομη αύξηση της θερμοκρασίας σε επίπεδα που θεωρούνται μη φυσιολογικά για την εποχή μπορεί να είναι επιζήμια κυρίως για τους νεαρούς καρπούς και τα φύλλα. Οι θερμοκρασίες που επικρατούσαν πριν από την απότομη αύξηση, καθώς και η εποχή που έγινε η αύξηση της θερμοκρασίας, είναι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η ζημιά που προκαλείται.

Ζημιές προκαλούνται στα δένδρα και από ανέμους μεγάλης ταχύτητας, καθώς και από ψυχρούς ανέμους, οι οποίοι προκαλούν μείωση της βλάστησης, απώλεια καρπών, αλλά και υποβάθμιση της ποιότητάς τους (Ποντίκης, 2003). Άριστη ποιότητα των καρπών επιτυγχάνεται όταν κατά την ωρίμανση τους επικρατεί ξηρασία και η θερμοκρασία κυμαίνεται στους 24-26,5°C (Βασιλακάκης και Θεριός, 2006).

### 1.1.3 Κλιματική αλλαγή

Το κλίμα μίας περιοχής ορίζεται από τα μέσα καιρικά φαινόμενα που επικρατούν για μεγάλο χρονικό διάστημα. Επομένως, η κλιματική αλλαγή είναι μια μακροπρόθεσμη αλλαγή των μέσων καιρικών συνθηκών μιας περιοχής. Τις τελευταίες δεκαετίες, οι βιομηχανικές και ανθρώπινες δραστηριότητες οδήγησαν σε βαθμιαία επιτάχυνση των αλλαγών στο κλίμα, συμπεριλαμβανομένης μιας ετήσιας σταδιακής αύξησης της μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας της Γης, η οποία έχει οριστεί ως κλιματική αλλαγή (Δαλέζιος, 2015).

Από το 1880 μέχρι το 2012, η αύξηση της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας ήταν 0,85° C. Εκτιμάται ότι μέχρι το τέλος του 21<sup>ου</sup> αιώνα η αύξηση της θερμοκρασίας παγκοσμίως θα υπερβεί τον 1,5° C (United Nations). Σύμφωνα με την αμερικάνικη Υπηρεσία Ωκεανών και Ατμόσφαιρας (NOAA), το 2021 ο μήνας Ιούλιος ήταν ο θερμότερος μήνας που έχει καταγραφεί στη Γη.

Ειδικότερα, στη λεκάνη της Μεσογείου, η ετήσια μέση θερμοκρασία είναι 1,4 °C υψηλότερη από τα επίπεδα του τέλους του δέκατου ένατου αιώνα, κυρίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Η μελλοντική θέρμανση στην περιοχή της Μεσογείου αναμένεται να υπερβεί τα παγκόσμια ποσοστά κατά 25%, ιδίως με τη θερινή θέρμανση με ρυθμό 40% μεγαλύτερο από τον παγκόσμιο μέσο όρο. Αυτή η αύξηση αναμένεται να σχετίζεται με συχνότερα γεγονότα υψηλής θερμοκρασίας και κύματα καύσωνα. Για κάθε 1 °C της υπερθέρμανσης του πλανήτη, οι μέσες βροχοπτώσεις πιθανότατα θα έχουν μειωθεί κατά περίπου 4% σε πολλές περιοχές, ιδιαίτερα στα νότια. Ως εκ τούτου, η ξηρασία, το υπερβολικό θερμικό φορτίο και η υψηλή καθημερινή ακτινοβολία θεωρούνται περιοριστικοί παράγοντες για τη γεωργική παραγωγικότητα παγκοσμίως, επιφέροντας συνέπειες στην ανάπτυξη, την παραγωγικότητα και την ποιότητα των φρούτων (Luciani et al., 2020).

Η υπερθέρμανση του πλανήτη επιδρά άμεσα στον αγροτικό τομέα, καθώς η αύξηση της θερμοκρασίας και η ξηρασία οδηγούν σε θερμική καταπόνηση των φυτών. Έτσι,

προβλέπεται ότι στο μέλλον θα παρατηρηθεί μείωση των αποδόσεων αλλά και αύξηση των ζημιών στη συγκομιδή. Το νερό, τα θρεπτικά συστατικά και η θερμοκρασία είναι τρεις κύριοι παράγοντες στους οποίους βασίζεται η γεωργική παραγωγή. Ο άνθρωπος έχει τη δυνατότητα να επέμβει με γενετικές τροποποιήσεις, όμως δεν μπορεί να αντικαταστήσει αυτούς τους φυσικούς παράγοντες.

Επομένως, η αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής κρίνεται αναγκαία στον αγροτικό τομέα και η αγροτική πολιτική είναι εκείνη που στοχεύει στην υλοποίηση μέσων προστασίας και προληπτικών μέτρων, ώστε να βελτιωθεί το επίπεδο ετοιμότητας και να αντιμετωπίζονται τα προβλήματα που θα προκύψουν (Δαλέζιος, 2015).

#### **1.1.4 Άρδευση**

Οι απαιτήσεις άρδευσης των εσπεριδοειδών ποικίλλουν ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες και την ποικιλία. Λιγότερες βροχοπτώσεις συνήθως οδηγούν σε υψηλότερες απαιτήσεις άρδευσης, αλλά ακόμη και σε ένα εξαιρετικά υγρό έτος μπορεί να χρειαστεί σημαντική άρδευση λόγω της κακής κατανομής των βροχοπτώσεων. Άλλοι παράγοντες όπως η διαθεσιμότητα εδαφικού νερού, το βάθος ανάπτυξης των ριζών και η διαχείριση της άρδευσης είναι σημαντικοί για τον προσδιορισμό της ποσότητας άρδευσης που απαιτείται (Romero et al., 2009).

Η λειψυδρία και οι υψηλές θερμοκρασίες είναι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και αποτελούν ένα σημαντικό πρόβλημα σε πολλές περιοχές του κόσμου. Επηρεάζει ιδιαίτερα τη λεκάνη της Μεσογείου, με ημίξηρο κλίμα, σπάνιες βροχοπτώσεις, ζεστά καλοκαίρια και ξηρή περίοδο που διαρκεί για περισσότερους από τρεις μήνες. Η αρδευόμενη γεωργία είναι ο τομέας με μακράν τη μεγαλύτερη κατανάλωση νερού. Στην Ισπανία, περίπου το 72% του νερού που καταναλώνεται χρησιμοποιείται για σκοπούς άρδευσης. Έτσι, η αυξανόμενη λειψυδρία απαιτεί πιο αποτελεσματική και βελτιστοποιημένη χρήση του νερού άρδευσης. Μία από τις πιο ελπιδοφόρες προσεγγίσεις για την επίτευξη αυτού του στόχου μπορεί να είναι η ρυθμιζόμενη ελλειμματική άρδευση. Η ελλειμματική άρδευση συνίσταται στη μείωση των εδαφικών αποθεμάτων νερού κατά τη διάρκεια ορισμένων σταδίων ανάπτυξης της καλλιέργειας, όταν η απόδοση και η ποιότητα των καρπών ενδέχεται να έχουν χαμηλή ευαισθησία στα ελλείμματα νερού, και την παροχή κανονικής άρδευσης σε δόσεις κατά την

υπόλοιπη περίοδο, ειδικά σε κρίσιμες περιόδους ή φαινολογικά στάδια με υψηλότερη ευαισθησία σε ελλείμματα νερού (Gasque et al., 2016).

### **1.1.5 Λίπανση**

Η λίπανση έχει ως βασικό στόχο να αυξήσει την παραγωγή και να πετύχει όσο το δυνατόν καλύτερη ποιότητα. Όλα τα θρεπτικά στοιχεία μπορούν να προκαλέσουν μείωση στην παραγωγή και στην ποιότητα, όταν βρίσκονται είτε σε έλλειψη, είτε σε υπεραφθονία. Η λίπανση πρέπει να γίνεται κυρίως με βάση τη φυλλοδιαγνωστική ανάλυση (Βασιλακάκης και Θεριός, 2006).

Τα εσπεριδοειδή είναι πολύ παραγωγικά δένδρα και δέχονται πολλές αρδεύσεις, με αποτέλεσμα την έκπλυση των εδαφών. Επιπλέον, κάθε χρόνο με το κλάδεμα των δένδρων, την πτώση των φύλλων, αλλά και με τη συγκομιδή των καρπών αφαιρούνται από τον αγρό μεγάλες ποσότητες θρεπτικών ανόργανων στοιχείων. Επομένως η λίπανση είναι απαραίτητη καλλιεργητική εργασία (Βασιλακάκης, 2016).

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η κλιματική αλλαγή αναμένεται να προκαλέσει μείωση της αγροτικής παραγωγής. Η λίπανση μπορεί να αποτελέσει έναν τρόπο αντιμετώπισης των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στα φυτά, καθώς όταν επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες, με τη βελτίωση της γονιμότητας του εδάφους, τα φυτά γίνονται πιο ανθεκτικά στις καταπονήσεις και αυξάνεται η παραγωγικότητά τους (Akumaga et al., 2018). Επίσης όταν αυξάνεται η οργανική ουσία του εδάφους, αυξάνεται και η κατακράτηση του νερού, οπότε μειώνεται η διάβρωση και διήθηση και βελτιώνεται η πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων και νερού από τα φυτά (FAO, 2013).

### **1.1.6 Θερμική καταπόνηση**

Τα φυτά εξαρτώνται από διάφορους περιβαλλοντικούς παράγοντες για την ανάπτυξη τους, ιδιαίτερα από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, η οποία όχι μόνο κυμαίνεται κατά τη διάρκεια των διαφορετικών εποχών αλλά και κατά τη διάρκεια του κύκλου της ημέρας και της νύχτας. Κάθε φυτό έχει το δικό του εύρος βέλτιστων θερμοκρασιών στις οποίες αποδίδει καλύτερα το γενετικό του δυναμικό. Η θερμοκρασία πάνω από αυτό το εύρος θεωρείται θερμική καταπόνηση (Haider, 2021).

Τα περισσότερα φυτά εμφανίζουν όριο ανθεκτικότητας σε θερμοκρασίες 50-55°C. Η αντοχή τους σε υψηλές θερμοκρασίες εξαρτάται από την υδατική κατάσταση των

ιστών, καθώς αφυδατωμένοι ιστοί έχουν την ικανότητα να επιβιώνουν σε εξαιρετικά υψηλές θερμοκρασίες.

Η επικράτηση υψηλών θερμοκρασιών σε μία περιοχή, ακόμη και αν είναι σύντομης διάρκειας, είναι μία σοβαρή απειλή για τα καλλιεργούμενα φυτά. Κατά το στάδιο της αναπαραγωγής, η επικράτηση υψηλών θερμοκρασιών μπορεί να αποβεί καταστροφική, επειδή πόροι οι οποίοι προορίζονταν για την καρπόδεση, χρησιμοποιούνται για να αντιμετωπίσουν την καταπόνηση, με αποτέλεσμα τη μείωση ή ακόμη και την πλήρη καταστροφή της παραγωγής.

Επιπλέον, στις υψηλές θερμοκρασίες τα μεριστώματα σε σύγκριση με άλλους ιστούς εμφανίζουν μεγαλύτερη ευαισθησία. Η έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες ακόμη και για μικρό χρονικό διάστημα, μπορεί να προκαλέσει ζημιές σε ευαίσθητα όργανα ή ιστούς, όπως αποβολή ανθοφόρων οφθαλμών και ανθέων ή ανωμαλίες στην ανάπτυξη γυρεόκοκκων και των ανθηριδίων.

Η λειτουργία του φωτοσυστήματος II εμφανίζει και αυτή σημαντική ευαισθησία στις υψηλές θερμοκρασίες. Το σύμπλοκο το οποίο προκαλεί τη φωτόλυση του νερού και την παραγωγή οξυγόνου δεν μπορεί να δραστηριοποιηθεί σε υψηλές θερμοκρασίες, οπότε διακόπτεται η ροή ηλεκτρονίων προς το φωτοσύστημα I. Ακόμη, η υψηλή θερμοκρασία αναπροσαρμόζει τα σύμπλοκα μεταξύ των φωτοσυνθετικών χρωστικών των πρωτεϊνών, με αποτέλεσμα την πρόκληση δυσλειτουργιών στη ροή των ηλεκτρονίων και τη φωτοφωσφορύλιωση.

Η φωτοσύνθεση και η αναπνοή των φυτών επηρεάζονται από την άνοδο της θερμοκρασίας. Ωστόσο, η παρεμπόδιση της αναπνοής γίνεται σε υψηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με τη φωτοσύνθεση. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ανατροπή του ισοζυγίου της ταχύτητας αφομοίωσης του CO<sub>2</sub> (μέσω της φωτοσύνθεσης) και της ταχύτητας έκλυσης CO<sub>2</sub> (μέσω της αναπνοής), αφού επιβαρύνει τη φωτοσύνθεση και επικρατεί η έκλυση CO<sub>2</sub> (Καραμπουρνιώτης κ.ά., 2012).

Στα εσπεριδοειδή, θερμοκρασίες άνω των 45° C προκαλούν εγκαύματα και υποβαθμίζουν την ποιότητα των καρπών. Τα εσπεριδοειδή είναι ευαίσθητα σε ισχυρούς και θερμούς ανέμους, επειδή αυξάνεται η εξατμισοδιαπνοή, διαταράσσεται το υδατικό ισοζύγιο και προκαλούνται μεγάλες ζημιές όπως καρπόπτωση, φυλλόπτωση και ξήρανση των βλαστών (Βασιλακάκης, 2016).

Οι περισσότερες ποικιλίες εσπεριδοειδών είναι ανθεκτικές στις υψηλές θερμοκρασίες, όμως οι υπερβολικά υψηλές θερμοκρασίες σε συνδυασμό με χαμηλή

σχετική υγρασία είναι επιζήμιες, κυρίως για τους νεαρούς καρπούς και τα φύλλα. Η απότομη αύξηση της θερμοκρασίας κατά την άνοιξη, που το έδαφος ακόμη δεν έχει ζεσταθεί, μπορεί να προκαλέσει πτώση των φύλλων, καθώς και αποξήρανση βλαστών μετά από χρονικό διάστημα δύο ή τριών μηνών. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι ρίζες δεν είναι πλήρως λειτουργικές, όταν η εδαφική θερμοκρασία είναι κάτω από 13 °C. Έτσι, λόγω της υψηλής θερμοκρασίας του αέρα, αυξάνεται και η διαπνοή, οπότε και η απώλεια νερού από τα δένδρα και ένα μη ενεργό ριζικό σύστημα σε κρύο έδαφος δεν μπορεί να αναπληρώσει την απώλεια αυτή. Άμεση επίπτωση, κυρίως κατά την περίοδο της καρποδέσεως, είναι η μείωση ή ακόμη και πλήρης καταστροφή της παραγωγής, εάν η αύξηση της θερμοκρασίας είναι εξαιρετικά υψηλή.

Σε περιοχές που το καλοκαίρι επικρατούν υπερβολικά υψηλές θερμοκρασίες παρατηρούνται σε καρπούς που είναι εκτεθειμένοι στον ήλιο εγκαύματα στον φλοιό, αφυδάτωση της σάρκας και μείωση του μεγέθους του καρπού (Ποντίκης, 2003).

## 1.2 Καολίνης

Ο καολίνης είναι ένα λευκό, μη πορώδες, λεπτόκοκκο, αργιλοπυριτικό ορυκτό με χημικό τύπο  $[Al_4Si_4O_{10}(OH)_8]$ , το οποίο διαχέεται εύκολα στο νερό και είναι χημικά αδρανές σε μεγάλο εύρος pH. Εμφανίζει βαθμό καθαρότητας 99% και βαθμό ανακλαστικότητας μεγαλύτερο από 85%. Ο ακατέργαστος καολίνης, όταν εξορύσσεται, έχει ίχνη  $Fe_2O_3$  και  $TiO_2$ , τα οποία αφαιρούνται κατά την επεξεργασία του. Επιπλέον, περιέχει  $SiO_2$ , ένα αναπνεύσιμο καρκινογόνο για τον άνθρωπο, το οποίο αφαιρείται για τη διασφάλιση της ανθρώπινης ασφάλειας.

Οι τεχνικές πρόοδοι στην επεξεργασία καολίνη που έχουν σημειωθεί τις τελευταίες δεκαετίες καθιστούν δυνατή την παραγωγή σωματιδίων καολίνη με συγκεκριμένα μεγέθη, σχήματα και ανακλαστικές ιδιότητες φωτός. Τα σωματίδια καολίνη μπορούν να κατασκευαστούν με συγκεκριμένες ιδιότητες για εφαρμογές χαρτιού, βαφής, καλλυντικών και πλαστικών. Στη γεωργική βιομηχανία χρησιμοποιείται κυρίως σε σκευάσματα σκόνης φυτοφαρμάκων (Glenn and Puterka, 2010). Ο καολίνης χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1999, για την αντιμετώπιση της ψύλλας στην καλλιέργεια της αχλαδιάς.

Το καλοκαίρι, η υψηλή ηλιακή θερμοκρασία σε συνδυασμό με τις υψηλές θερμοκρασίες μπορούν να προκαλέσουν ηλιακούς τραυματισμούς στα φύλλα και τους καρπούς των δένδρων. Σύμφωνα με έρευνες η εφαρμογή καολίνη με τη χρήση ως φιλμ σωματιδίων, μειώνει τις θερμοκρασίες της επιφάνειας των φρούτων και των καρπών,

καθώς αντανακλάται η ακτινοβολία και κυρίως τα μήκη κύματος UV. Οι Gindaba και Wand (2005) αναφέρουν ότι η εφαρμογή καολίνη σε δένδρα μηλιάς μείωσε το ποσοστό των καρπών με ηλιόκαυμα. Το 2002 οι Glenn et al. απέδειξαν ότι με εφαρμογή καολίνη σε δένδρα μηλιάς, η θερμοκρασία της επιφάνειας του καρπού μειώθηκε και η ποσότητα της μείωσης της θερμοκρασίας ήταν ανάλογη με την ποσότητα υπολειμμάτων σωματιδίων καολίνη στην επιφάνεια του καρπού. Επιπλέον, το φιλμ σωματιδίων από επεξεργασμένο καολίνη ήταν ιδιαίτερα ανακλαστικό στα υπεριώδη μήκη κύματος, γεγονός σημαντικό για τη μείωση του ηλιακού εγκαύματος τόσο στους καρπούς όσο και στα φύλλα (Glenn et al., 2002).

Η θερμική καταπόνηση των φυτών αποτελεί παγκοσμίως έναν περιοριστικό παράγοντα για την παραγωγικότητα τους. Ακόμη και περιοχές με ήπια κλίματα βιώνουν χρονικές περιόδους στις οποίες η θερμοκρασία υπερβαίνει τα συνηθισμένα επίπεδα. Μελέτες έχουν δείξει ότι ο καολίνης μπορεί να χρησιμοποιηθεί διαφυλλικά με τη μορφή φιλμ σωματιδίων (Glenn and Puterka, 2010) και να αυξήσει την παραγωγικότητα των φυτών, κυρίως με τη μείωση της θερμοκρασίας των καρπών. Επίσης, έχει αποδειχθεί η αποτελεσματική καταπολέμηση εντόμων με τη χρήση των φιλμ σωματιδίων (Glenn, 2009).

Στην Ελλάδα, ο καολίνης διατίθεται στην αγορά με το εμπορικό όνομα SURROUND WP, με τη μορφή βρέξιμης σκόνης, με περιεκτικότητα 95% σε καολίνη (aluminium silicate) και 5% σε βοηθητικές ουσίες. Χρησιμοποιείται κυρίως ως εντομοαπωθητικό για την καταπολέμηση της ψύλλας στην αχλαδιά (*Cacopsylla pyri*) και του δάκου στην ελιά (*Bactrocera olea*) (ΥΠΑΑΤ, 2008). Το φιλμ σωματιδίων καολίνη σχηματίζει μία λευκή επίστρωση που καλύπτει τα φυτά, επιτρέπει τη φωτοσύνθεση, αλλά αντανακλά τις υπέρυθρες και υπεριώδεις ακτινοβολίες, οπότε εμποδίζει τα ηλιοκαύματα και την αναγνώριση των φυτών από τα έντομα (ΥΠΑΑΤ, 2016). Επίσης, ο καολίνης έχει εγκριθεί για χρήση στη βιολογική γεωργία (EEC 2092/91), καθώς φυσικά και στην Ολοκληρωμένη Διαχείριση της Γεωργικής Παραγωγής.

Για να είναι αποτελεσματικό ένα φιλμ σωματιδίων στους φυτικούς ιστούς πρέπει να έχει ορισμένα χαρακτηριστικά. Αρχικά πρέπει το ορυκτό να είναι χημικά αδρανές και η διάμετρος των σωματιδίων να είναι μικρότερη από 2 mm. Επιπλέον, πρέπει η διαμόρφωσή του να είναι τέτοια, ώστε, όταν απλώνεται, να δημιουργεί ένα ομοιόμορφο και πορώδες φιλμ, το οποίο δεν παρεμβαίνει στην ανταλλαγή αερίων από το φύλλο. Ακόμη, πρέπει να μεταδίδει φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία (PAR), όμως να αποκλείει την υπέρυθη (UR) και υπεριώδη (UV) ακτινοβολία. Τέλος, απαιτείται να



μπορεί να μεταβάλει τη συμπεριφορά των εντόμων στο φυτό, αλλά και να μπορεί να αφαιρεθεί από τα προϊόντα μετά τη συγκομιδή. Η έρευνα για τα φιλμ σωματιδίων ξεκίνησε το 1994 από τους D. Glenn και G. Puterka σε μια προσπάθεια ελέγχου των ασθενειών των φρούτων χρησιμοποιώντας υδρόφοβο καολίνη (Glenn and Puterka., 2010).

Μόλις ψεκαστεί ο καολίνης στην επιφάνεια του φύλλου, το νερό εξατμίζεται αφήνοντας ένα προστατευτικό φιλμ σωματιδίων. Το λευκό χρώμα και η σύνθεση του φιλμ αυξάνουν τη λευκαύγεια στις επιφάνειες των καρπών και των φύλλων. Το φιλμ σωματιδίων καολίνη αυξάνει την αντανάκλαση της περίσσειας ακτινοβολίας, συμπεριλαμβανομένης της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας (PAR), της υπεριώδους (UV) και της υπέρυθρης ακτινοβολίας (IR), μειώνοντας τον κίνδυνο βλάβης των φύλλων και των καρπών από συσσώρευση θερμικού φορτίου και βλάβη από ηλιακό έγκαυμα. Λόγω της αύξησης της ανάκλασης ακτινοβολίας, ο καολίνης μειώνει τη θερμοκρασία του θόλου και των φύλλων. Η μείωση της θερμοκρασίας του θόλου μπορεί να μειώσει τη διαπνοή, γεγονός που μπορεί να βελτιώσει την αποδοτικότητα χρήσης του νερού (Luciani et al., 2020). Από την άλλη, η ανάκλαση του φωτός συχνά βρέθηκε να βελτιώνει τον φωτισμό σε όλη την κόμη του δέντρου (σε σημεία που πριν βρίσκονταν σε σκιά) με αποτέλεσμα την αύξηση του ρυθμού καθαρής φωτοσύνθεσης του δέντρου.

Ο επεξεργασμένος καολίνης δεν προκαλεί νέκρωση των εντόμων, αλλά έχει ρόλο απωθητικό, αποτελώντας φραγμό. Το φιλμ σωματιδίων καολίνη δημιουργεί ένα εχθρικό περιβάλλον για τα έντομα και ένα φυσικό εμπόδιο στην προσβολή, εμποδίζοντας την κίνηση, τη σίτιση και την ωοτοκία. Επιπλέον, τα φυτά που είναι επικαλυμμένα με καολίνη ενδέχεται να μην γίνονται αντιληπτά στους ξενιστές, είτε οπτικά είτε στην απτική αίσθηση. Ως αποτέλεσμα του τρόπου δράσης του, ο επεξεργασμένος καολίνης έχει χαμηλές παρενέργειες σε ωφέλιμα αρθρόποδα. Έτσι θεωρείται ως κατάλληλο προϊόν για ολοκληρωμένα προγράμματα διαχείρισης παρασίτων (Karagounis et al., 2006).

Όσον αφορά τα εσπεριδοειδή, σύμφωνα με έρευνα που έγινε το 2001, έγινε διαφυλλικός ψεκασμός καολίνη σε δένδρα γκρέιπφρουτ (Jifon and Syvertsen, 2003). Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι αυξήθηκε η λευκότητα των φύλλων (62%) και η θερμοκρασία τους το μεσημέρι ήταν μειωμένη κατά 3°C, καθώς και η διαφορά της πίεσης υδρατμών μεταξύ των φύλλων και του αέρα ήταν μειωμένη κατά 20%, σε σύγκριση με τα φύλλα του μάρτυρα που είχαν ψεκαστεί με νερό. Οι μειωμένες αυτές

τιμές συνοδεύτηκαν από αυξημένη στοματική αγωγιμότητα και καλύτερους ρυθμούς αφομοίωσης CO<sub>2</sub>. Η μεσημεριανή φωτοαναστολή της φωτοσύνθεσης ήταν 30% χαμηλότερη στα ψεκασμένα με καολίνη φύλλα από ότι στα φύλλα ελέγχου. Επίσης, η αποδοτικότητα της χρήσης νερού των φύλλων που ψεκάστηκαν με καολίνη ήταν κατά 25% υψηλότερη από αυτήν των φύλλων του μάρτυρα. Ωστόσο, η διαπνοή και η χρήση νερού σε ολόκληρο το δένδρο δεν επηρεάστηκαν από τους ψεκασμούς με καολίνη. Συνεπώς, η αυξημένη αποδοτικότητα της χρήσης νερού στα φύλλα οφειλόταν στους καλύτερους ρυθμούς αφομοίωσης CO<sub>2</sub>. Αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι ψεκασμοί με καολίνη θα μπορούσαν να αυξήσουν δυνητικά την αποτελεσματικότητα πρόσληψης CO<sub>2</sub> από φύλλα γκρέιπφρουτ υπό υψηλή ακτινοβολία και θερμική καταπόνηση.

Η τεχνολογία των φιλμ σωματιδίων έχει ήδη εκτοπίσει ένα σημαντικό ποσοστό των οργανοφωσφορικών και καρβαμιδικών εντομοκτόνων και έχει τη δυνατότητα να μειώσει σημαντικά τη χρήση συμβατικών εντομοκτόνων στη γεωργία όπως ορίζεται από τον Νόμο για την Προστασία της Ποιότητας Τροφίμων του 1996. Οι συγκεντρώσεις φυτοφαρμάκων μπορούν να μειωθούν κατά 50% όταν συνδυάζονται με μεμβράνες σωματιδίων ως σύστημα παροχής φυτοφαρμάκου που παρέχει την αποτελεσματικότητα ενός πλήρους ποσοστού αυτού του φυτοφαρμάκου. Στη βιολογική γεωργία, η τεχνολογία των φιλμ σωματιδίων αντιπροσωπεύει το πρώτο, φιλικό προς το περιβάλλον, πολυλειτουργικό υλικό που παρέχει αποτελεσματικό έλεγχο των εντόμων, μετριάζει το θερμικό στρες και παράγει υψηλής ποιότητας βιολογικά φρούτα και λαχανικά, με χαμηλό κόστος (Glenn and Puterka, 2010).

### 1.3 Ζεόλιθος

Ο όρος ζεόλιθος (από τα ελληνικά ζέω = βράζω και λίθος = πέτρα) επινοήθηκε από τον Σουηδό ορυκτολόγο Alex F. Cronstedt (1722–1765) για να περιγράψει τις ιδιαίτερες ιδιότητες των ορυκτών που βρέθηκαν σε ένα ορυχείο χαλκού. Στην πραγματικότητα, όταν τα ορυκτά θερμάνθηκαν με ένα φλόγιστρο, φάνηκαν να βράζουν. Αυτός ο όρος χρησιμοποιήθηκε αρχικά για να υποδείξει μια οικογένεια φυσικών ορυκτών που έχουν, ως συγκεκριμένες ιδιότητες, την ανταλλαγή των κατιόντων και την αναστρέψιμη απορρόφηση νερού. Σήμερα, ο όρος περιλαμβάνει φυσικά και συνθετικά ορυκτά με παρόμοια δομικά χαρακτηριστικά. Οι ζεόλιθοι, στην πραγματικότητα, μπορούν είτε να είναι φυσικά υλικά είτε να κατασκευαστούν

συνθετικά, και αυτή τη στιγμή υπάρχουν 253 διαφορετικοί τύποι αυτών. Η χρήση αυτών των αργιλοπυριτικών αυξήθηκε ιδιαίτερα μετά την ταξινόμησή τους ως «ασφαλή για ανθρώπινη κατανάλωση» από τον Οργανισμό Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA, 2020) και «μη τοξικά» από τον Διεθνή Οργανισμό Έρευνας για τον Καρκίνο (IARC, 1997).

Οι ζεόλιθοι είναι πορώδη αργιλοπυριτικά άλατα με κρυσταλλική δομή που περιέχουν ένα σύστημα διασυνδεδεμένων θαλάμων και καναλιών. Οι γεωμετρικές παράμετροι των ζεόλιθων είναι ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά που ευθύνονται για την ικανότητα προσρόφησης ιόντων και νερού. Ως αποτέλεσμα, οι ζεόλιθοι μπορούν όχι μόνο να χρησιμεύσουν ως απορροφητικό για ρύπους στο περιβάλλον, αλλά και ως δεξαμενή νερού και θρεπτικών στοιχείων για τα φυτά (ανιόντα και κατιόντα). Λόγω των μοναδικών ιδιοτήτων τους, οι ζεόλιθοι γίνονται όλο και πιο δημοφιλείς τα τελευταία χρόνια και βρίσκουν πρακτική εφαρμογή σε πολλούς κλάδους της οικονομίας.

Ο πιο άφθονος ζεόλιθος στη φύση είναι ο κλινοπτιλόλιθος, ο οποίος διαθέτει υψηλή καθαρότητα και διαχέεται σε σχετικά μεγάλα ιζηματογενή κοιτάσματα σε πολλά μέρη του κόσμου. Οι ζεόλιθοι έχουν μεγάλο αριθμό εφαρμογών στη γεωργία, όπως αδρανής σκόνη για εφαρμογές εντομοκτόνων και ζιζανιοκτόνων, έλεγχος μυκοτοξινών, τροποποίηση εδάφους και πρόσθετα ζωοτροφών. Στη γεωργία υιοθετούνται κυρίως για εδαφικές τροποποιήσεις, προκειμένου να βελτιώσουν τις φυσικές και χημικές ιδιότητες των εδαφών και να μειώσουν τις απώλειες νερού και θρεπτικών ουσιών (Noviello et al., 2021).

Οι έρευνες για την εφαρμογή του ζεόλιθου σε αγροκτήματα επεκτάθηκαν πρόσφατα, ειδικά όταν ο Οργανισμός Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA) τον κατέταξε ως «ασφαλές για ανθρώπινη κατανάλωση» (Li et al., 2022). Η προστασία του περιβάλλοντος, συμπεριλαμβανομένης της ορθολογικής διαχείρισης των απορριμμάτων, είναι ένας από τους κύριους στόχους του βιώσιμης ανάπτυξης. Οι επιστήμονες αναζητούν συνεχώς νέες προσεγγίσεις και λύσεις για να αντιμετωπίσουν την αυξανόμενη ρύπανση του περιβάλλοντος. Οι ζεόλιθοι, λόγω των μοναδικών ιδιοτήτων τους, αποτελούν αντικείμενο συνεχούς επιστημονικής έρευνας για εφαρμογές ως προσροφητικά και ιονανταλλακτικά σε πολλούς τομείς της γεωργίας και της προστασίας του περιβάλλοντος. Στη γεωργία, οι μελέτες επικεντρώνονται κυρίως στην εφαρμογή φυσικού ζεόλιθου που μπορεί να είναι χρήσιμο εδαφοβελτιωτικό αλλά και πρόσθετο στο λίπασμα (Szeremen et al., 2021).

Οι ζεόλιθοι βελτιώνουν τη διείσδυση και την υδραυλική αγωγιμότητα του εδάφους, τις φυσικοχημικές του ιδιότητες, όπως η ειδική επιφάνεια, και βοηθούν στον έλεγχο του pH του εδάφους που είναι σημαντικός παράγοντας γιατί επηρεάζει τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων στα φυτά. Δυστυχώς, περίπου το 50% της καλλιεργήσιμης γης της Γης αποτελείται από όξινο έδαφος. Ο φυσικός ζεόλιθος εμφανίζει pH στην περιοχή από 7-8,5 και η προσθήκη του στο έδαφος μπορεί να μειώσει την οξύτητα του εδάφους και ταυτόχρονα να παρέχει κατιόντα όπως κάλιο, μαγνήσιο και ασβέστιο που απαιτούνται για τη σωστή ανάπτυξη των καλλιεργειών. Επιδίδοντας να ελαχιστοποιήσουν τις αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις των ορυκτών λιπασμάτων, οι ερευνητές έχουν προτείνει τη χρήση ζεόλιθου με κοινώς χρησιμοποιούμενα εμπορικά λιπάσματα για αύξηση της αποτελεσματικότητας χρήσης τους.

Οι ζεόλιθοι, όταν χρησιμοποιούνται σε διαφορετικούς τύπους εδαφών, μέσω των χαρακτηριστικών τους, βελτιώνουν τις χημικές ιδιότητες του εδάφους, καθώς επηρεάζουν την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, έτσι ώστε η μετακίνηση των θρεπτικών συστατικών μακριά από το ριζικό σύστημα του φυτού να μειώνεται και, επιπλέον, τα θρεπτικά συστατικά να παραμένουν σε μορφές που είναι εύκολα προσβάσιμες στα φυτά. Οι μοναδικές χημικές και φυσικές ιδιότητες των φυσικών ζεόλιθων, ιδιαίτερα η υψηλή ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων και η ισχυρή συγγένεια για  $\text{NH}_4^+$  και  $\text{K}^+$ , μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αύξηση της αποδοτικότητας χρήσης αζώτου και καλίου. Οι ζεόλιθοι αυξάνουν το συνολικό πορώδες και μειώνουν την πυκνότητα και κατά συνέπεια, αυξάνουν την περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό.

Επιπλέον, οι ζεόλιθοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν όχι μόνο ως φορείς για συστατικά λιπασμάτων βραδείας αποδέσμευσης, αλλά και για διάφορα φυτοπροστατευτικά προϊόντα. Η προσθήκη ζεόλιθων επιδρά θετικά στη βελτίωση των φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους και βοηθά στην απορρόπηση των εδαφών που έχουν ρυπανθεί (Jarosz et al., 2022).

Ο ζεόλιθος λόγω της πορώδους κρυσταλλικής δομής του μπορεί να συγκρατήσει νερό έως και το 60% του βάρους του και να χάσει και να κερδίσει νερό χωρίς να αλλάξει δομή. Η εφαρμογή του ζεόλιθου μπορεί να μετριάσει τις δυσμενείς επιπτώσεις της υδατικής καταπόνησης στην ανάπτυξη των φυτών λόγω της ικανότητάς του να απορροφά και να ελέγχει την απελευθέρωση νερού και, με τη σειρά του, να αυξήσει τη διαθεσιμότητα νερού στα φυτά σε συνθήκες ξηρασίας (Zheng et al., 2018).

Η εφαρμογή ζεόλιθου στο έδαφος οδηγεί σε αύξηση της ικανότητας κατακράτησης νερού. Επιπλέον, ο ζεόλιθος δρα ως χημικό 'κόσκινο' επιτρέποντας σε ορισμένα ιόντα να περνούν ενώ εμποδίζει άλλα. Η εφαρμογή ζεόλιθου σε αμμώδη εδάφη που υπόκεινται σε θερμική καταπόνηση μπορεί να βελτιώσει την τελική απόδοση των καλλιεργούμενων φυτών μέσω της αύξησης της χωρητικότητας του εδάφους σε νερό. Η απορρόφηση και η ελεγχόμενη απελευθέρωση υγρασίας από τον ζεόλιθο βελτιώνει την ανάπτυξη και την απόδοση των φυτών σε συνθήκες ξηρασίας (Hazrati et al., 2017).

Όπως πολλά γεωργικά χημικά, έτσι και τα φιλμ σωματιδίων, όπως ο καολίνης και ο ζεόλιθος, είναι αδρανή και επομένως δεν έχουν άμεση βιοχημική ή φυσιολογική επίδραση στο φυτό ή στο παράσιτο. Αντίθετα, οι μεμβράνες σωματιδίων παρέχουν δραστηριότητα μέσω των φυσικών τους ιδιοτήτων, όπως το μέγεθος των σωματιδίων, το σχήμα, η επιφάνεια. Η χημική και θερμική σταθερότητα ενός ζεόλιθου είναι γενικά υψηλή, αλλά εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της δομής του. Οι ζεόλιθοι με χαμηλές αναλογίες Si/Al είναι οι λιγότερο σταθεροί ζεόλιθοι.

Οι ζεόλιθοι μπορούν να προσροφήσουν μόρια CO<sub>2</sub> και να τα απελευθερώσουν αργά στο περιβάλλον. Όταν οι ζεόλιθοι απλώνονται στα φύλλα των φυτών, αυξάνουν την ποσότητα CO<sub>2</sub> κοντά στα στόματα των φύλλων, κάτι που θα μπορούσε να προκαλέσει ένα υψηλότερο ρυθμό φωτοσύνθεσης. Ιδιαίτερα, τα φυτά C<sub>3</sub>, όπως το μήλο, το πορτοκάλι, η ντομάτα, το σταφύλι, επωφελούνται από αυτή την αύξηση. Επιπλέον, η κατανάλωση νερού μειώνεται λόγω χαμηλότερου ρυθμού διαπνοής, ο οποίος επιταχύνει περαιτέρω την ανάπτυξη των φύλλων.

Με την επικάλυψη των φυτών με ζεόλιθο, η θερμοκρασία της φυλλικής επιφάνειας του φυτού μπορεί να μειωθεί, από την αύξηση της ανακλαστικότητας της υπέρυθρης ακτινοβολίας, χάρη στη λευκή επιστροφή σκόνης που δημιουργείται πάνω στα φύλλα. Παρόμοια πειράματα έχουν ήδη εκτελεστεί με τον καολίνη. Επομένως η διαφυλλική εφαρμογή ζεόλιθου ίσως προστατεύει τα φυτά από τη θερμική καταπόνηση και τα ηλιακά εγκαύματα (Smedt et al., 2015). Οι Smedt et al. (2017) αναφέρουν ότι με εφαρμογή διαφυλλικού ζεόλιθου σε δένδρα μηλιάς αυξήθηκε σημαντικά ο ρυθμός φωτοσύνθεσης. Ακόμη ο μετρούμενος φθορισμός χλωροφύλλης έδειξε ότι όλα τα φυτά που δέχθηκαν διαφυλλικό ζεόλιθο ήταν υγιή και απαλλαγμένα από στρες.

Στην Ελλάδα, οι ζεόλιθοι υπάρχουν σε αλλοιωμένα πετρώματα σε πολλές τοποθεσίες, ενώ μεγάλα κοιτάσματα δυνητικού οικονομικού ενδιαφέροντος υπάρχουν σε τρεις περιοχές της χώρας. Οι μεγαλύτερες ποσότητες ζεόλιθου βρίσκονται στην περιοχή του Έβρου, στη Θράκη στο βορειοανατολικό τμήμα της ηπειρωτικής Ελλάδας.

Ακολουθούν τα νησιά Κίμωλος και Πολύεγος στο δυτικό Αιγαίο. και το νησί της Σάμου στο ανατολικό Αιγαίο (Stamatakis et al., 1996).

Επίσης, στην Ελλάδα υπάρχει η εταιρεία ZEOLIFE, η οποία εμπορεύεται φυσικό ζεόλιθο που εξορύσσεται στην Ελλάδα σε διάφορες μορφές για διάφορες χρήσεις.

## 1.4 Φυσιολογία των εσπεριδοειδών

### 1.4.1 Φύλλα

Τα περισσότερα εσπεριδοειδή είναι αείφυλλα. Τα φύλλα των εσπεριδοειδών που ανήκουν στο γένος *Citrus* είναι απλά και παχιά έως δερματώδη. Ακόμη φέρουν πολλούς ελαιογόνους αδένες και μίσχο με μικρό ή μεγάλο πτερύγιο (Βασιλακάκης και Θεριός, 2006).

Αν και είναι αείφυλλα, τα εσπεριδοειδή παρουσιάζουν μία συνεχή τάση ανανέωσης του φυλλώματός τους. Στα πρώτα χρόνια και έως ότου το δένδρο ολοκληρώσει την ανάπτυξή του, τα νεοσχηματισθέντα φύλλα είναι περισσότερα από τα παλιά φύλλα που πέφτουν, ανά έτος. Επιπλέον, η συνολική φυλλική επιφάνεια των δένδρων είναι πολύ μεγαλύτερη από την επιφάνεια της κόμης. Οπότε εμφανίζεται επικάλυψη των φύλλων (Ποντίκης, 2003).

Το πράσινο χρώμα των φύλλων οφείλεται στις χλωροφύλλες, οι οποίες είναι οι πιο σημαντικές πράσινες χρωστικές στα φυτά για τη φωτοσυνθετική διαδικασία. Η συγκέντρωση χλωροφύλλης είναι δείκτης της υγείας των φυτών και έχει καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξή τους. Η περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη αυξάνεται με την ανάπτυξη των φύλλων και στη συνέχεια μειώνεται κατά τη γήρανση αυτών. Οι φασματικές ιδιότητες των χλωροφυλλών είναι απαραίτητες για τη συλλογή φωτεινής ενέργειας και για τη μεταγωγή της απορροφούμενης φωτεινής ενέργειας για τη φωτοσύνθεση. Η διακύμανση του χρώματος των φύλλων, καθώς και η φωτοσυνθετική δραστηριότητα στα είδη των εσπεριδοειδών, εξαρτώνται από τη συγκέντρωση χλωροφύλλης. Η περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη καθορίζει τη φωτοσυνθετική ικανότητα του φυτού ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου, το στρες και τις διατροφικές ελλείψεις (Gogoi and Basumatary, 2018).

Επομένως, η περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη των φύλλων των φυτών που συσχετίζεται με τη θρεπτική κατάσταση μπορεί θεωρητικά να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης της κατάστασης ανάπτυξης των φυτών. Οι μετρήσεις και οι εκτιμήσεις της

περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη θεωρούνται ως σημαντικός δείκτης της υγείας των φυτών, συμπεριλαμβανομένης της έλλειψης αζώτου, της υδατικής καταπόνησης και ορισμένες ασθένειες, οι οποίες μπορούν να παρέχουν θεωρητική καθοδήγηση για τη διάγνωση θρεπτικών στοιχείων της καλλιέργειας και τη διαχείριση του αγρού (Peng et al., 2019).

Η ξηρά ουσία στα φύλλα των εσπεριδοειδών κυμαίνεται από 29% στα νεαρά φύλλα έως 45% στα ώριμα φύλλα ηλικίας 12-18 μηνών (Ποντίκης, 2003). Σε ένα αειθαλές δέντρο, το απόθεμα θρεπτικών συστατικών στο ξυλώδες τμήμα του δέντρου συνεισφέρει σημαντικά θρεπτικά συστατικά για την παραγωγή καρπών όταν τα δέντρα αρχίζουν να αποδίδουν καρπούς. Τα θρεπτικά συστατικά που μεταφέρονται από το απόθεμα δέντρων στην παραγωγή καρπών θα πρέπει να αναπληρώνονται ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος ταχείας εξάντλησης των αποθεμάτων. Οι πρακτικές διαχείρισης, συμπεριλαμβανομένου του ποσού και της μεθόδου λίπανσης, μπορούν να επηρεάσουν τη συσσώρευση και τον καταμερισμό ξηρής ουσίας και θρεπτικών ουσιών (Monselise and Halevy, 1962).

Η φυλλική επιφάνεια και το βάρος των φύλλων είναι δυο παράμετροι που αποτελούν καλούς αντιπροσώπους της ανάπτυξης των φυτών και της φυσιολογικής κατάστασης τους σε διάφορες καταπονητικές συνθήκες, όπως κλάδεμα, εμβολιασμός, σκίαση, ανταγωνισμός μεταξύ των φυτών, αυξημένο CO<sub>2</sub>, ξηρασία και αλατότητα. Η φυλλική επιφάνεια χρησιμοποιείται συχνά για την παρακολούθηση της συσσώρευσης βιομάζας, της διαστολής των φύλλων, καθώς και του καθαρού ρυθμού αφομοίωσης, ενώ το βάρος των φύλλων χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του σχετικού ρυθμού ανάπτυξης, του δείκτη συγκομιδής των φύλλων και της συσσώρευσης βιομάζας (Budiartha et al., 2021).

#### **1.4.2 Καρποί**

Τα εσπεριδοειδή ανήκουν σε ένα ειδικό είδος καρπών που ονομάζεται εσπερίδιο, το οποίο αποτελείται από δύο κύριες, μορφολογικά διακριτές περιοχές: το περικάρπιο (φλοιός) και το ενδοκάρπιο (σάρκα), που είναι το βρώσιμο μέρος του καρπού. Το περικάρπιο χωρίζεται περαιτέρω σε δύο μέρη: το εξωκάρπιο (flavedo), που είναι το εξωτερικό έγχρωμο τμήμα και το μεσοκάρπιο (albedo), το λευκό στρώμα της φλούδας. Το ενδοκάρπιο αποτελείται από τμήματα, τις ωθηκικές κοιλότητες, που περικλείονται σε μια τοπική μεμβράνη και γεμίζουν με τα ασκίδια του χυμού.

Γενικά, ο σχηματισμός καρπών στα εσπεριδοειδή ακολουθεί ένα γενετικό αναπτυξιακό πρόγραμμα που εκφράζεται σε σχετικά μακρά περίοδο. Στα περισσότερα

είδη υπό υποτροπικές συνθήκες η ανθοφορία λαμβάνει χώρα την άνοιξη και ο επακόλουθος σχηματισμός των καρπών εκτείνεται μέχρι τα μέσα του χειμώνα. Ωστόσο, η πλήρης ωρίμανση στις πρώιμες ποικιλίες μπορεί να επιτευχθεί μόλις τον Σεπτέμβριο, ενώ στα όψιμα είδη μπορεί να παραταθεί μέχρι την έναρξη του επόμενου καλοκαιριού. Η ανάπτυξη των εσπεριδοειδών ακολουθεί μια τυπική καμπύλη σιγμοειδούς ανάπτυξης, χωρισμένη σε τρία ξεκάθαρα στάδια. Η αρχική φάση, ή φάση I, είναι ένα διάστημα περίπου δύο μηνών κυτταρικής διαίρεσης και αργής ανάπτυξης, συμπεριλαμβανομένης της περιόδου μεταξύ της άνθησης και της πτώσης Ιουνίου. Στη συνέχεια, στην περίοδο ταχείας ανάπτυξης (φάση II) ο καρπός βιώνει μια τεράστια αύξηση σε μέγεθος λόγω της μεγέθυνσης των κυττάρων και της συσσώρευσης νερού κατά τη διάρκεια τεσσάρων έως έξι μηνών. Τέλος, στη φάση III ή στην περίοδο ωρίμανσης η ανάπτυξη ως επί το πλείστον σταματά και οι καρποί αλλάζουν σύσταση, ώστε να ωριμάσουν (Iglesias et al., 2007).

Ο φαινολογικός κύκλος των εσπεριδοειδών ξεκινά από τον Φεβρουάριο έως τον επόμενο χρόνο τον Ιανουάριο σε υποτροπικές περιοχές. Η ανθοφορία ξεκινάει τον Φεβρουάριο-Μάρτιο και γενικά θεωρείται κρίσιμη περίοδος για την παραγωγή καρπών. Η αύξηση της θερμοκρασίας και η υδατική καταπόνηση μετά την επικονίαση αναστέλλουν τη γονιμοποίηση των ωαρίων και ως συνέπεια μειώνεται η καρπόδεση των δέντρων, αυξάνεται η πτώση των καρπών και μειώνεται η απόδοση των δέντρων. Οι φάσεις της ανάπτυξης των καρπών από το μέγεθος του κουμπιού έως το ώριμο φρούτο είναι πιο ευαίσθητες στην υδατική αλλά και στη θερμική καταπόνηση. Ως εκ τούτου, εμφανίζεται μειωμένη ανάπτυξη των καρπών και καθυστερημένη ωρίμανση, τα οποία σχετίζονται με μείωση του μεγέθους των ώριμων καρπών, αύξηση της οξύτητας των καρπών και χαμηλή απόδοση των δέντρων. Η ξηρασία στο στάδιο πριν από τη συγκομιδή στα πορτοκάλια δημιουργεί ρυτίδες στη φλούδα των φρούτων. Η αύξηση της βέλτιστης θερμοκρασίας πριν τη συγκομιδή των καρπών προκαλεί πτώση των καρπών. Σε μία έρευνα, η απόδοση του γλυκού πορτοκαλιού Navelina (*Citrus sinensis* Osbeck) μειώθηκε σημαντικά όταν η άρδευση μειώθηκε στο 55% σε σχέση με τις ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό κατά την ανθοφορία και την καρπόδεση (Khan et al., 2021). Τέλος, η ξηρασία και οι υψηλές θερμοκρασίες προκαλούν σχίσσιμο των καρπών (Kanayama et al., 2015).

### **1.4.3 Ποιότητα των καρπών**



Ο καθορισμός των κριτηρίων για την ωρίμανση των εσπεριδοειδών είναι πολύπλοκος καθώς περιλαμβάνει δύο κατηγορίες: εσωτερικές αλλαγές που συμβαίνουν στη σάρκα του καρπού και εξωτερικές χρωματικές τροποποιήσεις που λαμβάνουν χώρα στον φλοιό του καρπού. Επομένως, τα συνηθισμένα εσπεριδοειδή, όπως τα γλυκά πορτοκάλια, τα μανταρίνια, τα λεμόνια και τα γκρέιπφρουτ θεωρούνται ώριμα όταν ο εξωτερικός χρωματισμός, η περιεκτικότητα σε χυμό και η αναλογία διαλυτών στερεών προς οξύτητα και άλλα εσωτερικά συστατικά έχουν φτάσει σε ένα ελάχιστο επίπεδο οπτικής αποδοχής ή γευστικότητας. Επιπλέον, τα εσπεριδοειδή πρέπει να συλλέγονται όταν έχει επιτευχθεί η εσωτερική ωριμότητα, καθώς δεν υπάρχουν περαιτέρω σχετικές αλλαγές στη σύνθεση της σάρκας των καρπών μετά τη συγκομιδή. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, οι κύριοι δείκτες ωριμότητας που θεωρούνται ελάχιστα πρότυπα για την ποιότητα των εσπεριδοειδών είναι η περιεκτικότητα σε χυμό (%), τα ολικά διαλυτά στερεά (°Brix), η αναλογία ολικά διαλυτά στερεά/οξύ και η αναλογία της επιφάνειας του καρπού που παρουσιάζει τυπικό χρωματισμό. Άλλες εύκολα μετρήσιμες παράμετροι, όπως το μέγεθος ή το βάρος, δεν είναι συνήθως καλοί δείκτες ωριμότητας των καρπών. Ωστόσο, αποτελούν πολύ σημαντικές ποιοτικές παραμέτρους στο εμπόριο φρούτων και στην εμπορευσιμότητα.

Στα γλυκά πορτοκάλια, η αναλογία ολικά διαλυτά στερεά/οξύ θεωρείται πιο αξιόπιστος δείκτης από τον χρωματισμό της φλούδας, καθώς συμβαίνουν σημαντικές αλλαγές στην εξωτερική ανάπτυξη χρώματος ανάλογα με τις συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας αέρα (Lado et al., 2014).

Οι κλιματικές συνθήκες είναι οι πιο σημαντικοί εξωτερικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα των καρπών. Τα βέλτιστα καθεστάτα θερμοκρασίας, η σχετική υγρασία, οι βροχοπτώσεις, η ηλιοφάνεια είναι απαραίτητα όχι μόνο για υψηλές παραγωγές αλλά και για εξαιρετική ποιότητα καρπών. Τα είδη εσπεριδοειδών πιστεύεται ότι προέρχονται από τροπικά κλίματα, αλλά λόγω της διασποράς τους τα περισσότερα εμπορικά είδη εσπεριδοειδών έχουν προοδευτικά προσαρμοστεί σε υποτροπικά και μεσογειακά κλίματα. Κάτω από τροπικές συνθήκες με σταθερές θερμοκρασίες και μικρές διακυμάνσεις στις θερμοκρασίες ημέρας/νύχτας, η ανάπτυξη των δέντρων είναι γρήγορη, αλλά η ποιότητα των καρπών είναι κακή. Υπό αυτές τις συνθήκες, ο ρυθμός αναπνοής των φρούτων είναι υψηλός και η συσσώρευση υδατανθράκων μειώνεται, παράγοντας φρούτα με χαμηλή περιεκτικότητα σε σάκχαρα. Ωστόσο, η μείωση της περιεκτικότητας σε οξύ είναι γρήγορη και η αναλογία διαλυτών στερεών/οξύ αυξάνεται ταχέως και η ωριμότητα προχωρά, αλλά η γεύση των φρούτων

είναι άτοπη με πολύ χαμηλά οξέα και στερείται της τυπικής γεύσης εσπεριδοειδών. Αντίθετα, οι μεσογειακές κλιματικές συνθήκες χαρακτηρίζονται από ζεστά και ξηρά καλοκαίρια, έντονο έως ήπιο χειμώνα, περιστασιακό παγετό και ευρύτερες διαφορές μεταξύ των θερμοκρασιών ημέρας/νύχτας. Αυτές οι περιβαλλοντικές συνθήκες μειώνουν τη βλαστική ανάπτυξη σε σχέση με τις τροπικές περιοχές, αλλά ο ρυθμός αναπνοής των φρούτων είναι χαμηλότερος και η διαδικασία ωρίμανσης καθυστερεί, παράγοντας καρπούς βελτιωμένης διατροφικής ποιότητας, γεύσης και αισθητηριακής αποδοχής. Είναι αξιοσημείωτο ότι οι επιπτώσεις του κλίματος στην ποιότητα των καρπών δεν μπορούν να αντισταθμιστούν πλήρως από τις καλλιεργητικές πρακτικές και αυτό μπορεί να εξηγήσει τις διαφορές ποιότητας που παρατηρούνται σε καρπούς του ίδιου είδους ή ποικιλίας που αναπτύσσονται υπό διαφορετικές κλιματικές συνθήκες (Tadeo et al., 2008).

### **1.5 Σκοπός της εργασίας**

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής διατριβής είναι η μελέτη της επίδρασης των διαφυλλικών εφαρμογών εμπορικού σκευάσματος καολίνη και λεπτόκοκκου ζεόλιθου στην πορτοκαλιά κατά τη θερινή περίοδο στην Άρτα με στόχο τη μείωση της θερμικής καταπόνησης καθώς και την επίδραση αυτών στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών κατά τη συγκομιδή.

## 2. Υλικά και μέθοδοι

### 2.1 Πειραματικός αγρός

Το πείραμα της διατριβής πραγματοποιήθηκε σε ένα αγροτεμάχιο το οποίο βρίσκεται στον νομό Άρτας, 8 χιλιόμετρα δυτικά της Άρτας, στην περιοχή Άγιος Σπυρίδωνας και έχει έκταση 9 στρέμματα και το έδαφός του είναι αλκαλικό με pH 7,9. Ο αγρός έχει τις εξής συντεταγμένες: 39.158546 γεωγραφικό πλάτος και 20.891770 γεωγραφικό μήκος. Το υψόμετρο της περιοχής είναι 7 μέτρα.

Στο αγρόκτημα καλλιεργούνται πορτοκαλιές της ποικιλίας Navelina σε υποκείμενο νεραντζιάς, ηλικίας 25 ετών. Οι αποστάσεις φύτευσης είναι 5 μέτρα ανάμεσα στις γραμμές και 5 μέτρα απόσταση ανά δένδρο στη γραμμή. Η ετήσια παραγωγή ανέρχεται στους 40 τόνους.

Οι καλλιεργητικές φροντίδες που πραγματοποιούνται κάθε χρόνο έχουν ως εξής:

- Το κλάδεμα γίνεται τον Απρίλιο.
- Η λίπανση γίνεται τον Απρίλιο με λίπασμα 31-8-12.
- Η ζιζανιοκτονία γίνεται τον Μάρτιο, Μάιο και Οκτώβριο σε όλο το χωράφι με σκεύασμα SHINPHOSATE 36SL (glyphosate).
- Η φυτοπροστασία για μύκητες γίνεται τον Οκτώβριο και τον Μάρτιο με το σκεύασμα Kocide 2000 (υδροξείδιο του χαλκού). Επίσης τον Οκτώβριο γίνεται ψεκασμός για τη Μύγα της Μεσογείου με το σκεύασμα Colossos (deltamethrin). Τέλος, τον Ιούνιο γίνεται ψεκασμός για τη αφίδα με το σκεύασμα PROFIL EXTRA (acetamiprid).
- Η άρδευση γίνεται από τον Απρίλιο μέχρι τον Αύγουστο, μία φορά την εβδομάδα για 2 ώρες.
- Η συγκομιδή γίνεται τον Δεκέμβριο.

### 2.2 Μεταχειρίσεις

Χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 15 δέντρα πορτοκαλιάς, από τα οποία τα 5 ήταν οι μάρτυρες, σε 5 έγινε διαφυλλική εφαρμογή καολίνη, με το εμπορικό σκεύασμα Surround WP (aluminium silicate 95%) και σε άλλα 5 έγινε διαφυλλική εφαρμογή ζεόλιθου με το εμπορικό σκεύασμα ZeoFeed 50. Συνολικά έγιναν δύο εφαρμογές τόσο καολίνη, όσο και ζεόλιθου. Η πρώτη εφαρμογή έγινε στις 27 Ιουνίου 2021 με 5% w/v

καολίνη και ζεόλιθο, και η δεύτερη στις 27 Ιουλίου 2021 με 2,5% w/v καολίνη και ζεόλιθο.

Η πρώτη δειγματοληψία φύλλων και καρπών έγινε στις 13 Ιουλίου 2021 και οι μετρήσεις στο εργαστήριο έγιναν 2 ημέρες αργότερα. Η δεύτερη και η τρίτη δειγματοληψία έγιναν στις 4 Σεπτεμβρίου 2021 και 20 Νοεμβρίου 2021 και οι μετρήσεις στο εργαστήριο έγιναν την επόμενη ημέρα.

### 2.3 Μετρήσεις εργαστηρίου

Οι εργαστηριακές μετρήσεις έγιναν στο Εργαστήριο Δενδροκομίας και στο Εργαστήριο Γεωργικής Φαρμακολογίας, στη Σχολή Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Συλλέχθηκαν φύλλα και καρποί ανά μεταχείριση (6 επαναλήψεις ανά μεταχείριση), τοποθετήθηκαν σε πλαστικά σακουλάκια και μεταφέρθηκαν στο χώρο του εργαστηρίου.

#### 2.3.1 Χαρακτηριστικά φύλλου

Σε έξι φύλλα ανά επανάληψη μετρήθηκε το ποσοστό % ξηράς ουσίας (%ΞΟ) και το ειδικό βάρος φύλλου (ΕΒΦ), η περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη και το χρώμα.

Η μέτρηση του ποσοστού % ξηράς ουσίας (%ΞΟ) έγινε ως εξής: Με διακορευτή διαμέτρου 9 mm λαμβάνονταν 12 δίσκοι ελάσματος φύλλου, από τα έξι φύλλα ανά επανάληψη, ζυγίζονταν σε ζυγό KERN ακριβείας 4 δεκαδικών (model ALS 220-4, Kern & Sohn GMBH, Balingen, Germany), λαμβανόταν το νωπό τους βάρος (NB) και στη συνέχεια ξηραίνονταν σε φούρνο στους 80 ° C έως ότου θρυμματιστούν οι δίσκοι με απλή πίεση. Έπειτα ζυγίζονταν οι ξηροί δίσκοι και λαμβανόταν το ξηρό βάρος (ΞΒ). Τέλος, υπολογιζόταν το ποσοστό % ΞΟ του φύλλου σύμφωνα με τον τύπο  $\% \Xi O = [(\Xi B) / (NB)] \times 100$ .

Για το ειδικό βάρος φύλλου έγινε υπολογισμός σύμφωνα με τον τύπο  $EIDBAP = (\Xi B) / (\text{επιφάνεια } 12 \text{ δίσκων})$  και εκφράστηκε σε  $g \text{ cm}^{-2}$ .

Ο υπολογισμός της χλωροφύλλης έγινε σύμφωνα με την αναλυτική μέθοδο που περιγράφεται από τους Wintermans and de Mots (1965). Όπως ανωτέρω, από τα έξι φύλλα ανά επανάληψη αφαιρέθηκαν με διακορευτή διαμέτρου 5,8 mm έξι δίσκοι, και αφού ζυγίστηκαν και τεμαχίστηκαν, τοποθετήθηκαν σε δοκιμαστικό screw top που περιείχε 15 mL αιθανόλης 95%. Έπειτα διατηρήθηκαν για μία περίπου ώρα σε υδατόλουτρο στους 80 ° C μέχρι τον πλήρη αποχρωματισμό των ελασμάτων. Αφού αποχρωματίστηκαν, οι σωλήνες παρέμειναν σε σκοτεινό χώρο ώστε να ψυχθούν. Στη

συνέχεια, με τη χρήση vortex, έγινε ανακίνησή τους για να επιτευχθεί ομοιομορφία και μετρήθηκε η απορρόφηση με φασματοφωτόμετρο OPTIZEN POP (UV/VIS Spectrophotometer, Mecasys Co., Ltd) στα 665 και 649 nm με τη βοήθεια κρυσταλλικής κυψελίδας. Τέλος, έγινε ο υπολογισμός της περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη a (χλωρ. a) και b (χλωρ. b) σε  $\text{mg mL}^{-1}$  αιθανόλης σε  $\text{mg g}^{-1}$  ΞΟ, και σε  $\text{mg m}^{-2}$  φύλλου, σε ολική χλωροφύλλη (ολ. Χλωρ.) και του λόγου της χλωροφύλλης a προς τη χλωροφύλλη b (χλωρ. α/χλωρ. β).

Η μέτρηση του χρώματος των φύλλων έγινε με το χρωματόμετρο Minolta chroma meter (Model CR-400, Minolta Ltd, Osaka, Japan). Το χρώμα μετρήθηκε σύμφωνα με το σύστημα μέτρησης CIELAB ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ). Πραγματοποιήθηκε μία μέτρηση σε κάθε φύλλο (στην πάνω επιφάνεια) του δείκτη φωτεινότητας  $L^*$  και των παραμέτρων  $a^*$  και  $b^*$ .

Πριν από κάθε μέτρηση το όργανο βαθμονομούνταν με τη χρήση άσπρης και μαύρης πλάκας. Με τις παραμέτρους  $L^*$ ,  $a^*$  και  $b^*$  το χρώμα τοποθετείται σε ένα τρισδιάστατο ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων, στο οποίο το  $L^*$  είναι κάθετο στο επίπεδο που σχηματίζεται από τα  $a^*$  και  $b^*$ . Η παράμετρος φωτεινότητας  $L^*$  κυμαίνεται από μαύρο  $L^*=0$  έως λευκό  $L^*=100$ . Το  $a^*$  τοποθετείται στον οριζόντιο άξονα και το  $b^*$  στον κατακόρυφο. Στον οριζόντιο άξονα, όταν  $a^*>0$  δείχνει κόκκινη-μωβ απόχρωση και  $a^*<0$  μπλε-πράσινη απόχρωση. Στον κατακόρυφο άξονα,  $b^*>0$  δείχνει κίτρινη απόχρωση και  $b^*<0$  δείχνει μπλε απόχρωση.

### 2.3.2 Μετρήσεις ποιότητας καρπών

Για τον προσδιορισμό του βάρους των καρπών, του φλοιού και της σάρκας έγινε ζύγιση στην ηλεκτρονική ζυγαριά Kern με 2 δεκαδικά (model EW 600-ZM, Balingen, Germany).

Η διάμετρος των καρπών μετρήθηκε με ηλεκτρονικό παχύμετρο.

Η μέτρηση του χρώματος των καρπών έγινε όπως και στα φύλλα με το χρωματόμετρο Minolta chroma meter και σύμφωνα με το σύστημα μέτρησης CIELAB ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), όπως περιγράφηκε και ανωτέρω. Και στις δύο περιπτώσεις υπολογίστηκε ο μέσος όρος αφού πραγματοποιήθηκαν δύο μετρήσεις στον ισημερινό του κάθε καρπού, στα δύο αντιδιαμετρικά μάγουλα, του δείκτη φωτεινότητας  $L^*$  και των παραμέτρων  $a^*$  και  $b^*$ .

Για τη μέτρηση της περιεκτικότητας σε διαλυτά στερεά συστατικά του χυμού ( $\Delta\Sigma\%$ ), λήφθηκαν δύο αντιδιαμετρικά τμήματα περικαρπίου (σάρκα και φλοιός), από τον

ποδίσκο ως τη βάση του καρπού, από κάθε καρπό ανά επανάληψη. Αφού λήφθηκε ο χυμός από κάθε καρπό, μετρήθηκε ανά επανάληψη η περιεκτικότητα των διαλυτών στερεών συστατικών, ΔΣΣ % με επιτραπέζιο ηλεκτρονικό διαθλασίμετρο ATAGO (Pocket Refractometer Pal-1, Tokyo, Japan).

Η μέτρηση της οξύτητας πραγματοποιήθηκε στον χυμό που είχε ληφθεί προηγουμένως. Έγινε αραίωση 2 mL χυμού με 18 mL νερού και ο αραιωμένος αυτός χυμός (1:10) τιτλοδοτήθηκε με 0,1 N NaOH μέχρι pH=8,2 με τη χρήση πεχάμετρου Hanna Instruments (HI 9024 pH meter, Woonsocket, RI, USA). Έπειτα, με τη χρήση κατάλληλου συντελεστή, εκφράστηκε σε ποσοστό % περιεκτικότητας κιτρικού οξέος.



**Εικόνα 1.** μέτρηση της περιεκτικότητας σε διαλυτά στερεά συστατικά του χυμού (ΔΣΣ %), με ηλεκτρονικό διαθλασίμετρο

#### 2.4 Στατιστική ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε με το πρόγραμμα SPSS (SPSS Statistics for Windows, Version 26.0, IBM Corp., Armonk, NY, USA). Με τη μέθοδο της ανάλυσης παραλλακτικότητας εξετάστηκαν δύο παράγοντες, ο χρόνος και η μεταχείριση και με τη μέθοδο Tukey έγινε ο διαχωρισμός των μέσων όρων με πιθανότητα λάθους 5%.

### 3.Αποτελέσματα

#### 3.1 Ξηρά ουσία (%) και Ειδικό Βάρος Φύλλου (mg/cm<sup>2</sup>)

Το ποσοστό % ξηράς ουσίας τόσο στα φύλλα του μάρτυρα, όσο και στα φύλλα που καλύφθηκαν με καολίνη αλλά και με ζεόλιθο μειώθηκε από τον Ιούλιο μέχρι τον Σεπτέμβριο (Πίν. 3.1). Ωστόσο αυξήθηκε ξανά τον Νοέμβριο φτάνοντας σε τιμές κατώτερες αυτών του Ιουλίου.

Τα φύλλα που είχαν ψεκαστεί με καολίνη είχαν υψηλότερο ποσοστό % ξηράς ουσίας σε σχέση με τα φύλλα του μάρτυρα αλλά και με τα φύλλα που είχαν ψεκαστεί με ζεόλιθο (Πίν. 3.1). Τα φύλλα που είχαν ψεκαστεί με ζεόλιθο είχαν παρόμοιο ποσοστό % ξηράς ουσίας με τα φύλλα του μάρτυρα.

Το ειδικό βάρος φύλλου αυξήθηκε σταδιακά και στις τρεις μεταχειρίσεις από τον Ιούλιο έως τον Νοέμβριο (Πίν. 3.1).

Τα φύλλα στα οποία εφαρμόστηκε διαφυλλικά καολίνης είχαν υψηλότερο ειδικό βάρος από τα φύλλα του μάρτυρα (Πίν. 3.1). Τα φύλλα στα οποία εφαρμόστηκε διαφυλλικά ζεόλιθος είχαν παρόμοιο ειδικό βάρος με τα φύλλα του μάρτυρα τον Ιούλιο και τον Σεπτέμβριο, όμως υψηλότερο ειδικό βάρος τον Νοέμβριο. Τέλος, ενώ τον Ιούλιο και τον Σεπτέμβριο τα φύλλα που δέχτηκαν ζεόλιθο είχαν χαμηλότερο ειδικό βάρος από τα φύλλα που δέχτηκαν καολίνη, τον Νοέμβριο είχαν το υψηλότερο ειδικό βάρος.

**Πίνακας 3.1.** Επίδραση του χρόνου δειγματοληψίας και των διαφυλλικών εφαρμογών ζεόλιθου και καολίνης στο ποσοστό % ξηράς ουσίας και στο ειδικό βάρος φύλλων πορτοκαλιάς ποικιλίας Navelina.

Ημερομηνία	Μεταχείριση	Ξηρή Ουσία (%)	Ειδικό Βάρος (mg cm <sup>-2</sup> )
15 Ιουλ.	Μάρτυρας	49,1b	13,7d
	Καολίνης	53,3a	14,1d
	Ζεόλιθος	46,5c	13,6d
5 Σεπτ.	Μάρτυρας	41,6e	15,0c
	Καολίνης	43,9d	15,0c
	Ζεόλιθος	41,4e	14,7c

21 Νοεμβ.	Μάρτυρας	44,2d	14,8c
	Καολίνης	46,1c	15,7b
	Ζεόλιθος	45,6c	16,7a
Σημαντικότητα ως προς τη μεταχείριση		***	***
Σημαντικότητα ως προς τον χρόνο		***	*

Σε κάθε στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Duncan σε επίπεδο 5%.

### 3.2 Χλωροφύλλη ανά μονάδα ξηράς ουσίας φύλλου (mg/g Ξ.Ο.)

Η συγκέντρωση χλωροφύλλης a ανά μονάδα ΞΟ μειώθηκε από τον Σεπτέμβριο μέχρι τον Νοέμβριο στα φύλλα και των τριών μεταχειρίσεων (Πίν. 3.2). Τα φύλλα στα οποία είχε εφαρμοστεί ζεόλιθος είχαν υψηλότερη συγκέντρωση χλωροφύλλης a ανά μονάδα ΞΟ τον Σεπτέμβριο τόσο από τα φύλλα του μάρτυρα όσο και από τα φύλλα στα οποία είχε εφαρμοστεί καολίνης. Ωστόσο τον Νοέμβριο τα φύλλα στα οποία είχε εφαρμοστεί ζεόλιθος είχαν τη χαμηλότερη συγκέντρωση χλωροφύλλης a ανά μονάδα ΞΟ, σε σχέση με τις άλλες δύο μεταχειρίσεις.

Η συγκέντρωση χλωροφύλλης b ανά μονάδα ΞΟ μειώθηκε από τον Σεπτέμβριο έως τον Νοέμβριο στα φύλλα του μάρτυρα και στα φύλλα τα οποία δέχτηκαν καολίνη (Πίν. 3.2). Αντίθετα, αυξήθηκε στα φύλλα τα οποία δέχτηκαν ζεόλιθο.

Τα φύλλα στα οποία εφαρμόστηκε καολίνης είχαν παρόμοια συγκέντρωση χλωροφύλλης b ανά μονάδα ΞΟ με τα φύλλα του μάρτυρα τον Σεπτέμβριο, και χαμηλότερη τον Νοέμβριο (Πίν. 3.2). Τα φύλλα στα οποία εφαρμόστηκε ζεόλιθος είχαν υψηλότερη συγκέντρωση χλωροφύλλης b ανά μονάδα ΞΟ από τα φύλλα του μάρτυρα και από τα φύλλα στα οποία εφαρμόστηκε καολίνης, τόσο τον Σεπτέμβριο όσο και τον Νοέμβριο.

Η συγκέντρωση συνολικών χλωροφυλλών ανά μονάδα ΞΟ μειώθηκε από τον Σεπτέμβριο έως τον Νοέμβριο στα φύλλα του μάρτυρα και στα φύλλα που δέχτηκαν καολίνη, αλλά αυξήθηκε στα φύλλα που δέχτηκαν ζεόλιθο (κυρίως λόγω της αύξησης της χλωροφύλλης b) (Πίν. 3.2).



Ο λόγος Χλωρ.α/Χλωρ.β αυξήθηκε από τον Σεπτέμβριο μέχρι τον Νοέμβριο στα φύλλα του μάρτυρα και στα φύλλα που δέχτηκαν καολίνη, ενώ μειώθηκε σημαντικά στα φύλλα που δέχτηκαν ζεόλιθο (Πίν. 3.2) .

Ο λόγος Χλωρ.α/ Χλωρ.β ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου ήταν παρόμοιος στα φύλλα που δέχτηκαν ζεόλιθο και στα φύλλα που δέχτηκαν καολίνη και χαμηλότερος από τα φύλλα του μάρτυρα τον Σεπτέμβριο (Πίν. 3.2). Αντίθετα, τον Νοέμβριο τα φύλλα που δέχτηκαν καολίνη είχαν τον υψηλότερο λόγο Χλωρ.α/ Χλωρ.β ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου και τα φύλλα που δέχτηκαν ζεόλιθο είχαν τον χαμηλότερη σε σχέση με τις άλλες δύο μεταχειρίσεις, αντίστοιχα.

**Πίνακας 3.2.** Επίδραση του χρόνου δειγματοληψίας και των διαφυλλικών εφαρμογών καολίνη και ζεόλιθου στη συγκέντρωση χλωροφύλλης a και b και συνολικής ανά γραμμάριο ξηράς ουσίας και στον λόγο χλωροφύλλης a/χλωροφύλλη b φύλλων πορτοκαλιάς της ποικιλίας Navelina.

Ημερομηνία	Μεταχείριση	Χλωρ. a (mg g <sup>-1</sup> Ξ.Ο.)	Χλωρ. b (mg g <sup>-1</sup> Ξ.Ο.)	Συν. Χλωρ. (mg g <sup>-1</sup> Ξ.Ο.)	Χλωρ. a/ Χλωρ. b
5-Σεπ	Μάρτυρας	4,1b	1,4c	5,6c	2,8b
	Καολίνης	3,7c	1,4c	5,1d	2,6c
	Ζεόλιθος	5,0a	1,9b	7,0b	2,6c
21-Νοε	Μάρτυρας	3,7c	1,2c	4,9d	2,9b
	Καολίνης	3,2d	0,9d	4,0e	3,4a
	Ζεόλιθος	2,8e	5,2a	8,1a	0,5d
Σημαντικότητα ως προς τη μεταχείριση		***	***	***	***
Σημαντικότητα ως προς το χρόνο		***	***	***	***

Σε κάθε στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Tukey σε επίπεδο 5%.

### 3.3 Χλωροφύλλη ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (mg/m<sup>2</sup>)

Η συγκέντρωση χλωροφύλλης a ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου αυξήθηκε από τον Σεπτέμβριο έως τον Νοέμβριο στα φύλλα του μάρτυρα, ενώ μειώθηκε στα φύλλα που είχε εφαρμοστεί καολίνης και στα φύλλα που είχε εφαρμοστεί ζεόλιθος (Πίν. 3.3).

Από τις τρεις μεταχειρίσεις, τα φύλλα τα οποία δέχτηκαν ζεόλιθο είχαν την υψηλότερη συγκέντρωση χλωροφύλλης a ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου τον Σεπτέμβριο, όμως τον Νοέμβριο ήταν τη χαμηλότερη (Πίν. 3.3). Τα φύλλα τα οποία δέχτηκαν καολίνη είχαν υψηλότερη συγκέντρωση χλωροφύλλης a ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου τον Σεπτέμβριο από τα φύλλα του μάρτυρα και χαμηλότερη τον Νοέμβριο.

Η συγκέντρωση χλωροφύλλης b ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου από τον Σεπτέμβριο στον Νοέμβριο ήταν παρόμοια στα φύλλα του μάρτυρα, μειώθηκε στα φύλλα που εφαρμόστηκε καολίνης και αυξήθηκε στα φύλλα που εφαρμόστηκε ζεόλιθος (Πίν. 3.3) .

Τα φύλλα στα οποία εφαρμόστηκε καολίνης είχαν τη χαμηλότερη συγκέντρωση χλωροφύλλης b ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου τόσο τον Σεπτέμβριο όσο και τον Νοέμβριο σε σχέση με τις άλλες δύο μεταχειρίσεις (Πίν. 3.3). Αντίθετα, τα φύλλα στα οποία εφαρμόστηκε ζεόλιθος είχαν την υψηλότερη συγκέντρωση χλωροφύλλης b ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου τόσο τον Σεπτέμβριο όσο και τον Νοέμβριο σε σχέση με τις άλλες δύο μεταχειρίσεις.

Η συνολική συγκέντρωση χλωροφυλλών ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου αυξήθηκε στα φύλλα του μάρτυρα και στα φύλλα που δέχτηκαν ζεόλιθο, ενώ μειώθηκε στα φύλλα που δέχτηκαν καολίνη από τον Σεπτέμβριο στον Νοέμβριο (Πίν. 3.3).

Τα φύλλα στα οποία εφαρμόστηκε ζεόλιθος είχαν την υψηλότερη συνολική συγκέντρωση χλωροφυλλών ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου, τόσο τον Σεπτέμβριο όσο και τον Νοέμβριο, από τις τρεις μεταχειρίσεις (Πίν. 3.3). Τα φύλλα στα οποία εφαρμόστηκε καολίνης είχαν τη χαμηλότερη συνολική συγκέντρωση χλωροφυλλών ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου, τόσο τον Σεπτέμβριο όσο και τον Νοέμβριο, από τις τρεις μεταχειρίσεις.

**Πίνακας 3.3.** Επίδραση του χρόνου δειγματοληψίας και των διαφυλλικών εφαρμογών καολίνη και ζεόλιθου στη συγκέντρωση χλωροφύλλης a και b και τη συνολική χλωροφύλλη ανά μονάδα επιφάνειας φύλλων πορτοκαλιάς ποικιλίας Navelina.

Ημερομηνία	Μεταχείριση	Χλωρ. a (mg m <sup>-2</sup> )	Χλωρ. b (mg m <sup>-2</sup> )	Συν. Χλωρ. (mg m <sup>-2</sup> )
5-Σεπ	Μάρτυρας	499,7 c	178,5c	677,9d
	Καολίνης	527,3b	173,9c	701,3cd
	Ζεόλιθος	671,8a	256,3b	928,0b
21-Νοε	Μάρτυρας	527,4b	178,3c	705,7c
	Καολίνης	476,2d	140,8d	615,7e
	Ζεόλιθος	449,3e	832,9a	1290,3a
Σημαντικότητα ως προς τη μεταχείριση		***	***	***
Σημαντικότητα ως προς τον χρόνο		***	***	**

Σε κάθε στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Tukey σε επίπεδο 5%.

### 3.4 Χρώμα φύλλου

Η παράμετρος L\* του χρώματος των φύλλων αυξήθηκε στα φύλλα του μάρτυρα από τον Ιούλιο έως τον Σεπτέμβριο και μειώθηκε έως τον Νοέμβριο (Πίν. 3.4). Στα φύλλα που δέχτηκαν καολίνη και στα φύλλα που δέχτηκαν ζεόλιθο, η παράμετρος L\* μειώθηκε σταδιακά από τον Ιούλιο έως τον Νοέμβριο.

Τα φύλλα που δέχτηκαν ζεόλιθο είχαν υψηλότερη τιμή της παραμέτρου L\* από τα φύλλα του μάρτυρα τον Ιούλιο και τον Νοέμβριο και παρόμοια τιμή τον Νοέμβριο (Πίν. 3.4). Τα φύλλα που δέχτηκαν καολίνη είχαν υψηλότερη τιμή της παραμέτρου L\* από τα φύλλα του μάρτυρα και τα φύλλα που δέχτηκαν ζεόλιθο τον Ιούλιο, τον Σεπτέμβριο, και τον Νοέμβριο.

Η παράμετρος a\* του χρώματος των φύλλων στα φύλλα του μάρτυρα μειώθηκε από τον Ιούλιο έως τον Σεπτέμβριο και αυξήθηκε μέχρι τον Νοέμβριο (Πίν. 3.4). Στα φύλλα που εφαρμόστηκε καολίνης και στα φύλλα που εφαρμόστηκε ζεόλιθος η παράμετρος a\* μειώθηκε σταδιακά από τον Ιούλιο έως τον Νοέμβριο.

Τα φύλλα που δέχτηκαν καολίνη είχαν υψηλότερη τιμή της παραμέτρου  $a^*$  τον Ιούλιο και τον Σεπτέμβριο, και παρόμοια τιμή τον Νοέμβριο με τα φύλλα του μάρτυρα (Πίν. 3.4). Τα φύλλα που δέχτηκαν ζεόλιθο είχαν χαμηλότερη τιμή της παραμέτρου  $a^*$  από τα φύλλα του μάρτυρα από τον Ιούλιο έως τον Σεπτέμβριο και παρόμοια τον Νοέμβριο. Τέλος, από τον Ιούλιο έως τον Νοέμβριο, τα φύλλα που δέχτηκαν ζεόλιθο είχαν χαμηλότερη τιμή της παραμέτρου  $a^*$  σε σχέση με τα φύλλα που δέχτηκαν καολίνη.

Η παράμετρος  $b^*$  του χρώματος των φύλλων ήταν παρόμοια στα φύλλα του μάρτυρα από τον Ιούλιο έως τον Νοέμβριο (Πίν. 3.4). Στα φύλλα που δέχτηκαν καολίνη, η παράμετρος  $b^*$  αυξήθηκε σταδιακά από τον Ιούλιο έως τον Νοέμβριο. Στα φύλλα που δέχτηκαν ζεόλιθο, η παράμετρος  $b^*$  μειώθηκε από τον Ιούλιο έως τον Σεπτέμβριο και αυξήθηκε έως τον Νοέμβριο.

Τα φύλλα στα οποία εφαρμόστηκε καολίνης είχαν χαμηλότερη τιμή της παραμέτρου  $b^*$  από τα φύλλα του μάρτυρα τον Ιούλιο και τον Σεπτέμβριο και παρόμοια τον Νοέμβριο (Πίν. 3.4). Τα φύλλα στα οποία εφαρμόστηκε ζεόλιθος είχαν υψηλότερη τιμή της παραμέτρου  $b^*$  από τα φύλλα του μάρτυρα και τα φύλλα που εφαρμόστηκε καολίνης τον Ιούλιο και τον Σεπτέμβριο και παρόμοια τον Νοέμβριο.

Βάσει των μετρήσεων Minolta το χρώμα του φύλλου έγινε πιο σκούρο και πιο πράσινο σταδιακά από τον Ιούλιο στον Νοέμβριο, κύρια λόγω της απομάκρυνσης των κόνεων από το φυτό το Φθινόπωρο, αλλά και στον μάρτυρα βρέθηκαν τα φύλλα πιο πράσινα τον Νοέμβριο σε σχέση με τις προηγούμενες μετρήσεις παρά τις ποικίλες αλλαγές στη συγκέντρωση χλωροφυλλών ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου σε κάθε μεταχείριση (Πίν. 3.3 και 3.4).

**Πίνακας 3.4.** Επίδραση του χρόνου δειγματοληψίας και των διαφυλλικών εφαρμογών ζεόλιθου και καολίνης στο χρώμα φύλλου, παράμετροι  $L^*$ ,  $a^*$  και  $b^*$ , πορτοκαλιάς ποικιλίας Navelina.

Ημερομηνία	Μεταχείριση	Χρώμα φύλλου, παράμετρος $L^*$	Χρώμα φύλλου, παράμετρος $a^*$	Χρώμα φύλλου, παράμετρος $b^*$
15-Ιουλ	Μάρτυρας	35,8d	-1,8b	15,1a

	Καολίνης	52,3a	-0,8a	4,5d
	Ζεόλιθος	43,0b	-5,9c	15,3d
5-Σεπ	Μάρτυρας	37,1c	-9,1f	15,4a
	Καολίνης	42,7b	-6,4c	8,7c
	Ζεόλιθος	37,0c	-7,1d	11,1b
21-Νοε	Μάρτυρας	34,0e	-8,7de	15,2a
	Καολίνης	37,6c	-8,3e	15,1a
	Ζεόλιθος	35,6d	-8,4e	15,4a
Σημαντικότητα ως προς τη μεταχείριση		***	***	***
Σημαντικότητα ως προς τον χρόνο		***	***	***

Σε κάθε στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Tukey σε επίπεδο 5%.

### 3.5 Βάρος και διάμετρος καρπού, βάρος φλοιού και ποσοστό % εδώδιμου

Το βάρος καρπού αυξήθηκε σταδιακά από τον Ιούλιο στον Νοέμβριο και στις τρεις μεταχειρίσεις (Πίν. 3.5).

Οι καρποί των δέντρων που εφαρμόστηκε καολίνης είχαν παρόμοιο βάρος με τους καρπούς του μάρτυρα τον Νοέμβριο και μικρότερο βάρος τον Ιούλιο και τον Σεπτέμβριο (Πίν. 3.5). Οι καρποί των δέντρων που εφαρμόστηκε ζεόλιθος είχαν παρόμοιο βάρος με τους καρπούς του μάρτυρα τον Ιούλιο, τον Σεπτέμβριο, και τον Νοέμβριο.

Η διάμετρος καρπού αυξήθηκε σταδιακά από τον Ιούλιο μέχρι τον Νοέμβριο και στις τρεις μεταχειρίσεις (Πίν. 3.5).

Οι καρποί των δέντρων που εφαρμόστηκε καολίνης είχαν μικρότερη διάμετρο από τους καρπούς του μάρτυρα τον Ιούλιο και τον Σεπτέμβριο και παρόμοια τον Νοέμβριο (Πίν. 3.5). Οι καρποί των δέντρων που εφαρμόστηκε ζεόλιθος είχαν παρόμοια διάμετρο με τους καρπούς του μάρτυρα τον Ιούλιο, τον Σεπτέμβριο και τον Νοέμβριο.

Το βάρος φλοιού των καρπών του μάρτυρα ήταν μεγαλύτερο από το βάρος φλοιού των καρπών που δέχτηκαν καολίνη και τον καρπών που δέχτηκαν ζεόλιθο (Πίν. 3.5).

Οι καρποί των δέντρων που δέχτηκαν ζεόλιθο είχαν μεγαλύτερο βάρος φλοιού από τους καρπούς των δέντρων που δέχτηκαν καολίνη.

Το ποσοστό % εδώδιμου στο σύνολο του καρπού των καρπών του μάρτυρα ήταν χαμηλότερο τόσο από τους καρπούς που εφαρμόστηκε καολίνης όσο και από τους καρπούς που εφαρμόστηκε ζεόλιθος (Πίν. 3.5). Οι καρποί στους οποίους εφαρμόστηκε καολίνης είχαν υψηλότερο ποσοστό % εδώδιμου στο σύνολο του καρπού από τους καρπούς στους οποίους εφαρμόστηκε ζεόλιθος.

**Πίνακας 3.5.** Επίδραση του χρόνου δειγματοληψίας και των διαφυλλικών εφαρμογών καολίνη και ζεόλιθου στο βάρος και τη διάμετρο καρπού, το βάρος φλοιού και το ποσοστό % εδώδιμου πορτοκαλιών ποικιλίας Navelina.

Ημερομηνία	Μεταχείριση	Βάρος καρπού (g)	Διάμετρος καρπού (mm)	Βάρος φλοιού (g)	Ποσοστό Εδώδιμου (%)
15-Ιουλ	Μάρτυρας	40,6d	42,4d		
	Καολίνης	23,6e	35,5e		
	Ζεόλιθος	38,2de	41,9d		
5-Σεπ	Μάρτυρας	116,9b	62,1b		
	Καολίνης	92,5c	56,8c		
	Ζεόλιθος	110,9b	60,7b		
21-Νοε	Μάρτυρας	231,2a	77,8a	73,1a	68,2c
	Καολίνης	228,1a	75,5a	65,4c	71,3a
	Ζεόλιθος	224,5a	76,7a	68,7b	69,4b
Σημαντικότητα ως προς τη μεταχείριση		***	***	***	***
Σημαντικότητα ως προς τον χρόνο		***	***	-	-

Σε κάθε στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Tukey σε επίπεδο 5%.

### 3.6 Χρώμα φλοιού, παράμετροι L\*, a\* και b\*

Η παράμετρος  $L^*$  του χρώματος φλοιού των καρπών του μάρτυρα αυξήθηκε ελάχιστα από τον Ιούλιο έως τον Σεπτέμβριο και αυξήθηκε σημαντικά έως τον Νοέμβριο (Πίν. 3.6). Στους καρπούς που εφαρμόστηκε καολίνης, η παράμετρος  $L^*$  ελαττώθηκε από τον Ιούλιο μέχρι τον Σεπτέμβριο και αυξήθηκε έως τον Νοέμβριο. Στους καρπούς που εφαρμόστηκε ζεόλιθος, η παράμετρος  $L^*$  ήταν παρόμοια από τον Ιούλιο έως τον Σεπτέμβριο και αυξήθηκε σημαντικά μέχρι τον Νοέμβριο.

Οι καρποί των δέντρων που εφαρμόστηκε καολίνης είχαν υψηλότερη τιμή της παραμέτρου  $L^*$  από τους καρπούς του μάρτυρα τον Ιούλιο και παρόμοιες τιμές τον Σεπτέμβριο και τον Νοέμβριο (Πίν. 3.6). Οι καρποί των δέντρων που εφαρμόστηκε ζεόλιθος, είχαν παρόμοια τιμή της παραμέτρου  $L^*$  με τους καρπούς του μάρτυρα τόσο τον Ιούλιο, όσο τον Σεπτέμβριο και τον Νοέμβριο.

Η παράμετρος  $a^*$  του χρώματος φλοιού των καρπών ελαττώθηκε από τον Ιούλιο έως τον Σεπτέμβριο στις τρεις μεταχειρίσεις και αυξήθηκε σημαντικά έως τον Νοέμβριο (Πίν. 3.6).

Οι καρποί των δέντρων που εφαρμόστηκε καολίνης είχαν υψηλότερη τιμή της παραμέτρου  $a^*$  από τους καρπούς του μάρτυρα τον Ιούλιο και τον Σεπτέμβριο και χαμηλότερη τον Νοέμβριο (Πίν. 3.6). Οι καρποί των δέντρων που εφαρμόστηκε ζεόλιθος είχαν παρόμοια τιμή της παραμέτρου  $a^*$  με τους καρπούς του μάρτυρα τον Ιούλιο και τον Σεπτέμβριο και χαμηλότερη τον Νοέμβριο.

Η παράμετρος  $b^*$  του χρώματος φλοιού των καρπών του μάρτυρα παρουσίασε μικρή αύξηση από τον Ιούλιο μέχρι τον Σεπτέμβριο και ραγδαία αύξηση έως τον Νοέμβριο (Πίν. 3.6). Οι καρποί που δέχτηκαν καολίνη και οι καρποί που δέχτηκαν ζεόλιθο παρουσίασαν αύξηση της παραμέτρου  $b^*$  από τον Ιούλιο έως τον Σεπτέμβριο και μείωση έως τον Νοέμβριο.

Οι καρποί των δέντρων που δέχτηκαν ζεόλιθο και οι καρποί των δέντρων που δέχτηκαν καολίνη είχαν χαμηλότερη τιμή της παραμέτρου  $b^*$  από τους καρπούς του μάρτυρα τον Ιούλιο, τον Σεπτέμβριο και τον Νοέμβριο (Πίν. 3.6). Ακόμη, οι καρποί που εφαρμόστηκε καολίνης είχαν χαμηλότερη τιμή της παραμέτρου  $b^*$  από τους καρπούς που εφαρμόστηκε ζεόλιθος τον Ιούλιο, τον Σεπτέμβριο και τον Νοέμβριο.

Από το χρώμα φλοιού δεν φαίνονται καθαρές αλλαγές λόγω της ύπαρξης των κόνεων, αλλά στον μάρτυρα το χρώμα φλοιού δεν άλλαξε από τον Ιούλιο στον Σεπτέμβριο, ενώ βελτιώθηκε σημαντικότερα (φυσικά) στην εμπορική συγκομιδή.

Όμως, το χρώμα φλοιού φαίνεται να ήταν κάπως λιγότερο κίτρινο στους καρπούς των δέντρων που ψεκάστηκαν με κόνεις.

**Πίνακας 3.6.** Επίδραση του χρόνου δειγματοληψίας και των διαφυλλικών εφαρμογών καολίνη και ζεόλιθου στο χρώμα φλοιού, παράμετροι L\*, a\* και b\*, πορτοκαλιών ποικιλίας Navelina.

Ημερομηνία	Μεταχείριση	Χρώμα φλοιού, παράμετρος L*	Χρώμα φλοιού, παράμετρος a*	Χρώμα φλοιού, παράμετρος b*
15-Ιουλ	Μάρτυρας	43,6ef	-17,1d	28,9c
	Καολίνης	48,1c	-13,8c	21,2e
	Ζεόλιθος	43,2f	-15,2cd	24,1d
5-Σεπ	Μάρτυρας	45,4de	-16,9d	30,0c
	Καολίνης	44,7e	-14,6c	25,1d
	Ζεόλιθος	45,6d	-16,5d	28,9c
21-Νοε	Μάρτυρας	66,6a	23,3a	67,8a
	Καολίνης	66,3a	18,3b	21,2e
	Ζεόλιθος	64,7b	17,5b	24,1d
Σημαντικότητα ως προς τη μεταχείριση		***	**	***
Σημαντικότητα ως προς τον χρόνο		***	***	***

Σε κάθε στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Tukey σε επίπεδο 5%.

### 3.7 Διαλυτά στερεά συστατικά (ΔΣΣ, %), οξύτητα (%) και λόγος διαλυτών στερεών συστατικών/οξύτητα

Οι καρποί των δέντρων που ψεκάστηκαν με ζεόλιθο είχαν χαμηλότερα ΔΣΣ και οξύτητα, υψηλότερη σχέση ΔΣΣ/Οξύτητα και μεγαλύτερο ποσοστό % εδάδιμου στο σύνολο του καρπού από τους καρπούς του μάρτυρα (Πίν. 3.7). Οι καρποί των δέντρων που ψεκάστηκαν με ζεόλιθο είχαν παρόμοια ΔΣΣ και χαμηλότερη οξύτητα, υψηλότερη σχέση ΔΣΣ/Οξύτητα και μεγαλύτερο ποσοστό % εδάδιμου στο σύνολο του καρπού από τους καρπούς του μάρτυρα.



Συνοπτικά, οι κόνεις βελτίωσαν ποικίλα χαρακτηριστικά του καρπού όπως συγκεκριμένα μείωσαν το πάχος φλοιού (άρα το μη εδώδιμο τμήμα) και βελτίωσαν την οργανοληπτική ποιότητα του καρπού, καθώς στην εμπορική συγκομιδή ο μάρτυρας είχε ΔΣΣ/Οξύτητα 8,6 (ελάχιστα πιο πάνω από το κατώτερο όριο εμπορίας των πορτοκαλιών) και οι καρποί των δέντρων που ψεκάστηκαν με ζεόλιθο είχαν ΔΣΣ/Οξύτητα 11,3 και αυτοί που ψεκάστηκαν με καολίνη 11,1 (Πίν. 3.7).

**Πίνακας 3.7.** Επίδραση των διαφυλλικών εφαρμογών καολίνη και ζεόλιθου στο % διαλυτών στερεών συστατικών, στο % οξύτητας και στο λόγο διαλυτών στερεών συστατικών/οξύτητα χυμού καρπών πορτοκαλιάς ποικιλίας Navelina στην εμπορική συγκομιδή στις 21 Νοεμβρίου 2021.

Ημερομηνία	Μεταχείριση	Διαλυτά στερεά συστατικά (%)	Οξύτητα (%)	Διαλυτά στερεά συστατικά / Οξύτητα
21-Νοε	Μάρτυρας	11,1a	1,2a	8,6b
	Καολίνης	10,7a	0,9b	11,1a
	Ζεόλιθος	9,9b	0,8b	11,3a
Σημαντικότητα		***	***	***

Σε κάθε στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Tukey σε επίπεδο 5%

#### 4. Συζήτηση

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία μελετήθηκαν μερικά χαρακτηριστικά των φύλλων και των καρπών πορτοκαλιάς ποικιλίας Navelina με σκοπό να εκτιμηθεί η επίδραση της διαφυλλικής εφαρμογής καολίνη και ζεόλιθου σε αυτά τα χαρακτηριστικά.

Το ποσοστό % της ξηράς ουσίας των φύλλων μειώθηκε και στις τρεις μεταχειρίσεις από τον Ιούλιο μέχρι τον Σεπτέμβριο, όμως αυξήθηκε ξανά τον Νοέμβριο φτάνοντας σε τιμές κατώτερες του Ιουλίου. Αυτό μπορεί να οφείλεται στη θερμική καταπόνηση που υπέστησαν τα δένδρα κατά τους θερινούς μήνες, καθώς όταν επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες η αναπνοή καταναλώνει σημαντικές ποσότητες των υδατανθράκων της φωτοσύνθεσης που μπορεί να καταναλώσει και τμήμα της ξηράς ουσίας που είναι ήδη αποθηκευμένη στα φύλλα (Καραμπουρνιώτης κ.α., 2012)

Επιπλέον, εκείνη τη χρονική περίοδο οι καρποί βρίσκονται στη φάση II, δηλαδή στην περίοδο ταχείας ανάπτυξης, οπότε ανταγωνίζονται τα φύλλα και βλαστούς για θρεπτικά στοιχεία, καθώς στα αειθαλή δένδρα το απόθεμα των θρεπτικών συστατικών στο βλαστικό τμήμα του δέντρου συνεισφέρει σημαντικές ποσότητες θρεπτικών συστατικών για την παραγωγή καρπών (Monselise and Halevy, 1962). Επομένως, η μείωση του ποσοστού % της ξηράς ουσίας μπορεί να οφείλεται και στην ανάπτυξη των καρπών.

Ωστόσο, τον Νοέμβριο, λίγο πριν τη συγκομιδή, παρατηρήθηκε αύξηση του ποσοστού % ξηράς ουσίας των φύλλων, ενώ υπήρχαν πάνω στα δένδρα οι καρποί. Δηλαδή τα φύλλα ανέκαμψαν. Επομένως, το γεγονός αυτό υποδηλώνει τη συσσώρευση ξηράς ουσίας, με τις δροσερές θερμοκρασίες του φθινοπώρου και μετά την καλοκαιρινή θερμική καταπόνηση, με τη μείωση του ρυθμού ανάπτυξης των καρπών (και αντίστοιχα των απαιτήσεων τους σε θρεπτικά) και την προετοιμασία των φύλλων για την επόμενη βλαστική περίοδο.

Ως γνωστόν, τα εσπεριδοειδή είναι δένδρα αείφυλλα. Η πορτοκαλιά συγκεκριμένα έχει πτώση φύλλων όλο το χρόνο, όμως η μεγαλύτερη φυλλόπτωση παρατηρείται την άνοιξη κατά την ανθοφορία (Ποντίκης, 2003). Αντίθετα, τα φυλλοβόλα δένδρα το φθινόπωρο, πριν αποκοπούν τα φύλλα μετακινούν μια σημαντική ποσότητα ξηράς ουσίας από τα γηράσκοντα φύλλα στις ρίζες και του βλαστούς, ώστε το δένδρο να έχει θρεπτικό απόθεμα για την επόμενη βλαστική περίοδο, την άνοιξη (Νάνος, 2018).

Συγκρίνοντας τις τρεις μεταχειρίσεις, τα φύλλα των δένδρων που δέχτηκαν διαφυλλική εφαρμογή καολίνη και ζεόλιθου είχαν υψηλότερο ποσοστό % ξηράς ουσίας και υψηλότερο ειδικό βάρος από τα φύλλα των δένδρων του μάρτυρα. Επομένως, υπέστησαν λιγότερη θερμική καταπόνηση σε σχέση με τα φύλλα των δένδρων του μάρτυρα.

Το αποτέλεσμα αυτό συνάδει με την έρευνα των Gullo et. al. (2020) όπου η διαφυλλική εφαρμογή καολίνη σε πορτοκαλιές ποικιλίας Navelina μείωσε τη θερμοκρασία των φύλλων και αύξησε τη στοματική αγωγιμότητα, πετυχαίνοντας τη μέγιστη απόδοση του φωτοσυστήματος II.

Όσον αφορά τον ζεόλιθο, έχουν πραγματοποιηθεί ελάχιστες έρευνες σχετικά με την αποτελεσματικότητα της διαφυλλικής του εφαρμογής. Οι Smedt et al. (2017) αναφέρουν ότι με εφαρμογή διαφυλλικού ζεόλιθου σε δένδρα μηλιάς αυξήθηκε σημαντικά ο ρυθμός φωτοσύνθεσης. Ακόμη ο μετρούμενος φθορισμός χλωροφύλλης έδειξε ότι όλα τα φυτά που δέχθηκαν διαφυλλικό ζεόλιθο ήταν υγιή και με χαμηλή θερμική καταπόνηση.

Στα δένδρα που εφαρμόστηκε ζεόλιθος παρατηρήθηκε σημαντική μείωση της σχέσης  $chl\ a/ chl\ b$  από τον Σεπτέμβριο μέχρι τον Νοέμβριο. Επομένως ο ζεόλιθος σκίασε τα φύλλα. Όταν τα φύλλα αναπτύσσονται σε υψηλή ακτινοβολία, έχουν υψηλότερες τιμές ειδικού βάρους και της σχέσης  $chl\ a/ chl\ b$  (Hallik et. al., 2012). Σε ελιές έχει παρατηρηθεί ότι, όσο αυξάνεται η ένταση της σκίασης, τόσο μειώνεται το ειδικό βάρος φύλλων, ενώ μειώνεται και η αναλογία χλωροφύλλης *a* προς χλωροφύλλη *b* (Gregoriou et al., 2007).

Επιπλέον, με τη διαφυλλική εφαρμογή ζεόλιθου αυξήθηκε η συγκέντρωση χλωροφύλλης *b* και η συνολική συγκέντρωση χλωροφυλλών ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου, που είναι επίσης χαρακτηριστικό σκίασης, καθώς η σκίαση προκαλεί αυτό το φαινόμενο με πιο μεγάλης επιφάνειας φύλλα (όταν αυτά αναπτύσσονται παρουσία ζεόλιθου), και χαμηλότερη ή υψηλότερη συγκέντρωση χλωροφύλλης (Hallik et al., 2012).

Τα φύλλα των δένδρων που εφαρμόστηκε καολίνης είχαν παρόμοια συγκέντρωση χλωροφυλλών ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου τον Σεπτέμβριο, αλλά χαμηλότερη συγκέντρωση χλωροφυλλών ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου τον Νοέμβριο σε σχέση με τα φύλλα του μάρτυρα, οπότε ο καολίνης φώτισε τα φύλλα. Αυτό έρχεται σε

αντίθεση με την έρευνα των Jifon and Syvertsen (2003), όπου η εφαρμογή καολίνη σε δένδρα γκρέιπφρουτ δεν επηρέασε τη συνολική συγκέντρωση χλωροφύλλης ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου.

Τα εσπεριδοειδή αναπτύσσονται σε τροπικές και ημιτροπικές περιοχές, οπότε έχουν ανάγκη από έντονο φως. Ακόμη, ως αείφυλλα δένδρα φωτοσυνθέτουν καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου, οπότε τα φύλλα αποτελούν σημαντικές αποθήκες θρεπτικών. Η σκίαση των φύλλων οδηγεί σε μείωση της φωτοσυνθετικής τους ικανότητας, από την οποία εξαρτάται άμεσα η παραγωγικότητα του δένδρου. Σύμφωνα με τους Otero et al. (2008), η εφαρμογή σκίασης σε εσπεριδοειδή μείωσε την συγκέντρωση CO<sub>2</sub> και υδατανθράκων στα φύλλα, χωρίς όμως να επηρεάσει το μέγεθος των καρπών. Ακόμη τα σκιασμένα φύλλα είχαν λιγότερα διαλυτά σάκχαρα και ελαφρώς μικρότερο μέγεθος από τα φύλλα που ήταν εκτεθειμένα στον ήλιο.

Επιπρόσθετα, σύμφωνα με τους Cohen et al. (2005) η εφαρμογή σκίασης σε εσπεριδοειδή μείωσε τη συγκέντρωση N στα φύλλα. Η συγκέντρωση N στα φύλλα μπορεί να κυμαίνεται από 2% έως 6% του ξηρού βάρους και συνήθως σχετίζεται στενά με τη φωτοσυνθετική ικανότητα και την απόδοση. Τα σκούρα πράσινα φύλλα, η υψηλή φωτοσυνθετική δραστηριότητα και η έντονη βλαστική ανάπτυξη είναι χαρακτηριστικά φυτών με επαρκή παροχή N. Οπότε, σε αυτήν την περίπτωση πρέπει να γίνουν αλλαγές στο πρόγραμμα της λίπανσης.

Οι καρποί των δένδρων που ψεκάστηκαν με ζεόλιθο και καολίνη είχαν λεπτότερο φλοιό σε σχέση με τους καρπούς του μάρτυρα, οπότε μείωσαν το μη εδώδιμο τμήμα. Αυτό μπορεί να οφείλεται στη μειωμένη θερμική καταπόνηση κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Ακόμη, οι κόνεις δεν βελτίωσαν το μέγεθος του καρπού, όμως βελτίωσαν την οργανοληπτική ποιότητα ή και την πρωίμιση ωρίμανσης του καρπού, αφού κατά την εμπορική συγκομιδή οι καρποί των δένδρων που ψεκάστηκαν με ζεόλιθο και καολίνη είχαν υψηλότερες τιμές ΔΣΣ/Οξύτητα σε σχέση με τους καρπούς του μάρτυρα.

Τα αποτελέσματα αυτά συνάδουν με την έρευνα των Ennab et al. (2017) όπου η διαφυλλική εφαρμογή καολίνη βελτίωσε την ποιότητα των καρπών μανταρινιάς, καθώς μείωσε το πάχος του φλοιού και αύξησε την περιεκτικότητα % σε ΔΣΣ, καθώς και το λόγο ΔΣΣ/Οξύτητα.

Ωστόσο, οι καρποί των δένδρων που εφαρμόστηκε καολίνης και ζεόλιθος είχαν πιο κίτρινο χρώμα σε σχέση με τους καρπούς του μάρτυρα. Η παρατήρηση αυτή έρχεται

σε συμφωνία με την έρευνα των Gullo et al. (2020), όπου η εφαρμογή καολίνη σε δένδρα πορτοκαλιάς βελτίωσε το χρώμα των καρπών.

## **Συμπεράσματα**

Ο καολίνης, συγκριτικά με το ζεόλιθο, έχει ερευνηθεί περισσότερο όσον αφορά τη διαφυλλική του εφαρμογή και είναι αποδεδειγμένη η επίδρασή του στα φυτά. Για τον ζεόλιθο έχουν πραγματοποιηθεί ελάχιστες έρευνες. Στην παρούσα διατριβή έγινε μία προσπάθεια σύγκρισης των δύο αυτών ορυκτών ώστε να διερευνηθεί η αποτελεσματικότητα της διαφυλλικής εφαρμογής του ζεόλιθου, καθώς θα μπορούσε να αποτελέσει μία οικονομικότερη και ταυτόχρονα οικολογική λύση σε σχέση με τον καολίνη.

Ωστόσο τα αποτελέσματα από τη διαφυλλική εφαρμογή ζεόλιθου δεν είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντικά, καθώς με βάση τις εργαστηριακές μετρήσεις ο ζεόλιθος σκίασε τα φύλλα, γεγονός που μακροπρόθεσμα μπορεί να έχει αρνητική επίδραση στη βλάστηση και την παραγωγή των δένδρων. Όμως, βελτίωσε σημαντικά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών. Ίσως εάν το πείραμα είχε μεγαλύτερη διάρκεια να υπήρχαν περισσότερα αποτελέσματα προς σύγκριση.

Όσον αφορά τον καολίνη, η διαφυλλική του εφαρμογή έδειξε να έχει θετική επίδραση τόσο στα φύλλα όσο και στην ποιότητα των καρπών κατά τη συγκομιδή.

Επομένως, είναι πολύ σημαντικό αποτέλεσμα ότι η εφαρμογή τόσο του καολίνης όσο και του ζεόλιθου βελτίωσε την οργανοληπτική ποιότητα των καρπών κατά την εμπορική συγκομιδή, όταν η ποιότητα των καρπών του μάρτυρα ήταν οριακά αποδεκτή ώστε οι καρποί να είναι εμπορεύσιμοι.

Τέλος, προτείνεται η επανάληψη του πειράματος κυρίως για τη διαφυλλική εφαρμογή του ζεόλιθου, ώστε να προκύψουν πιο εμπειριστατωμένα και επιβεβαιωμένα αποτελέσματα και ίσως στο μέλλον ο ζεόλιθος αποτελέσει μία εναλλακτική λύση στη χρήση του καολίνης για την αντιμετώπιση της θερμικής καταπόνησης.

## Βιβλιογραφία

### Ελληνική Βιβλιογραφία

1. Βασιλακάκης Μ., 2016. Γενική και Ειδική Δενδροκομία. Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη
2. Βασιλακάκης Μ., Θεριός Ι., 2006. Μαθήματα Ειδικής Δενδροκομίας-Εσπεριδοειδή. Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη
3. Δαλέζιος Ν., 2015. Αγρομετεωρολογία: ανάλυση και προσομοίωση, Προπτυχιακό Εγχειρίδιο. Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις
4. Καραμπουρνιώτης Γ., Λιακόπουλος Γ., Νικολόπουλος Δ., 2012. Φυσιολογία Καταπονήσεων των Φυτών. Εκδόσεις Έμβρυο, Αθήνα
5. Νάνος Γ., 2018. Δενδροκομία Ι, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος
6. Ποντίκης Κ., 2003. Ειδική Δενδροκομία- Εσπεριδοειδή. Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε, Αθήνα
7. Πρωτοταπαδάκης Ε., 2016. Τα Εσπεριδοειδή. Εκδόσεις Ψύχαλου, Αθήνα
8. Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2008. Χορήγηση προσωρινής έγκρισης κυκλοφορίας στο φυτοπροστατευτικό προϊόν (εντομοκτόνο) SURROUND WP
9. Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2012. Στοιχεία Παραγωγής, Διανομής και Διάθεσης για την Ελλάδα. Ανακτήθηκε από: <http://www.minagric.gr/index.php/el/for-farmer-2/crop-production/oporokipeytika/505-esperidoeidi/1713-stoixeia-esper-greece>
10. Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2016. Α. Χορήγηση οριστικής άδειας διάθεσης στην αγορά στο φυτοπροστατευτικό προϊόν (απωθητικό εντόμων) SURROUND WP CROP PROTECTANT (δ.ο. Aluminium silicate). Β. Ανάκληση της με αριθ. 14318, έγκρισης κυκλοφορίας φυτοπροστατευτικό προϊόν SURROUND WP

### Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

1. Akumaga U., Tarhule A., Piani C., Traore B. and Yusuf A., 2018. Utilizing process-based modeling to assess the impact of climate change on crop yields

- and adaptation options in the Niger River Basin, West Africa. *Agronomy*, 8(2), 11.
2. Budiarto R., Poerwanto R., Santosa E., Efenidi D. and Agusta A., 2021. Allometric model to estimate bifoliate leaf area and weight of kaffir lime (*Citrus hystrix*). *Biodiversitas*, 22(5), 2815-2820.
  3. Coelho E., Haas I., Azevedo L., Bastos D., Fedrigo, I., Santos M. and Amboni R., 2021. Multivariate chemometric analysis for the evaluation of 22 Citrus fruits growing in Brazil's semi-arid region. *Journal of Food Composition and Analysis*, 101, 103964.
  4. Cohen S., Raveh E., Li Y., Grava A. and Goldschmidt E., 2005. Physiological responses of leaves, tree growth and fruit yield of grapefruit trees under reflective shade screens. *Scientia Horticulturae*, 107(1), 25-35.
  5. Ennab H., Sayed S. and Enin, M., 2017. Effect of kaolin applications on fruit sunburn, yield and fruit quality of Balady mandarin (*Citrus reticulata*, Blanco). *Menoufia Journal of Plant Production*, 2(2), 129-138.
  6. FAO. 2013. *Climate Smart Agriculture Sourcebook*. Ανακτήθηκε από: [www.fao.org/3/ai3325e.pdf](http://www.fao.org/3/ai3325e.pdf)
  7. Gasque M., Martí P., Granero B. and González-Altozano P., 2016. Effects of long-term summer deficit irrigation on 'Navelina' citrus trees. *Agricultural Water Management*, 169, 140-147.
  8. Gindaba J. and Wand S., 2005. Comparative effects of evaporative cooling, kaolin particle film, and shade net on sunburn and fruit quality in apples. *HortScience*, 40(3), 592-596.
  9. Glenn D., 2009. Particle film mechanisms of action that reduce the effect of environmental stress in 'Empire' apple. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 134(3), 314-321
  10. Glenn D. and Puterka G., 2010. Particle films: a new technology for agriculture. *Horticultural reviews*, 31, 1-44.
  11. Glenn D., Prado E., Erez A., McFerson J. and Puterka G., 2002. A reflective, processed-kaolin particle film affects fruit temperature, radiation reflection, and solar injury in apple. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 127(2), 188-193

12. Gogoi M. and Basumatary M., 2018. Estimation of the chlorophyll concentration in seven Citrus species of Kokrajhar district, BTAD, Assam, India. *Tropical Plant Research*, 5(1), 83-87
13. Gullo G., Dattola A., Vonella V. and Zappia R., 2020. Effects of two reflective materials on gas exchange, yield, and fruit quality of sweet orange tree *Citrus sinensis* (L.) Osb. *European Journal of Agronomy*, 118, 126071.
14. Haider S., Iqbal J., Shaukat M., Naseer S. and Mahmood, T., 2021. The epigenetic chromatin-based regulation of somatic heat stress memory in plants. *Plant Gene*, 27, 100318.
15. Hallik L., Niinemets Ü. and Kull, O., 2012. Photosynthetic acclimation to light in woody and herbaceous species: a comparison of leaf structure, pigment content and chlorophyll fluorescence characteristics measured in the field. *Plant Biology*, 14(1), 88-99.
16. Hazrati S., Tahmasebi Z. and Sadeghi A., 2017. Effects of zeolite on *Aloe barbadensis* Miller. grown under water stress conditions. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 33(4), 535-551.
17. Iglesias D., Cercós M., Colmenero-Flores J., Naranjo M., Ríos G., Carrera E. and Talon M., 2007. Physiology of citrus fruiting. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19(4), 333-362.
18. Jarosz R., Szerement J., Gondek K. and Mierzwa-Hersztek M., 2022. The use of zeolites as an addition to fertilisers—A review. *Catena*, 213, 106125.
19. Jifon J. and Syvertsen J., 2003. Kaolin particle film applications can increase photosynthesis and water use efficiency of 'Ruby Red' grapefruit leaves. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 128(1), 107-112.
20. Kanayama Y. and Kochetov A., 2015. *Abiotic Stress Biology in Horticultural Plants*. Springer, New York, NY, USA.
21. Karagounis C., Kourdoumbalos A., Margaritopoulos J., Nanos G. and Tsitsipis J., 2006. Organic farming-compatible insecticides against the aphid *Myzus persicae* (Sulzer) in peach orchards. *Journal of Applied Entomology*, 130(3), 150-154.
22. Khan M. and Khan I., 2021. *Citrus: Research, Development and Biotechnology*. IntechOpen, London. 10.5772/intechopen.77939



23. Ladaniya M., 2008. Commercial fresh citrus cultivars and producing countries. In: Citrus Fruit: Biology, Technology and Evaluation. Academic Press, San Diego, pp. 13-65.
24. Lado J., Rodrigo M. and Zacarías L., 2014. Maturity indicators and citrus fruit quality. Stewart Postharvest Review, 10(2), 1-6.
25. Li Y., Zheng J., Wu Q., Gong X., Zhang Z., Chen Y., and Chi, D., 2022. Zeolite increases paddy soil potassium fixation, partial factor productivity, and potassium balance under alternate wetting and drying irrigation. Agricultural Water Management, 260, 107294.
26. Luciani E., Palliotti A., Frioni T., Tombesi S., Villa F., Zadra C. and Farinelli D., 2020. Kaolin treatments on Tonda Giffoni hazelnut (*Corylus avellana* L.) for the control of heat stress damages. Scientia Horticulturae, 263, 109097.
27. Monselise S. and Halevy A., 1962. Effects of gibberellin and amo-1618 on growth, dry-matter accumulation, chlorophyll content and peroxidase activity of citrus seedlings. American Journal of Botany, 49(4), 405-412.
28. NOAA, 2021. It's official: July was Earth's hottest month on record. Ανακτήθηκε από: <https://www.noaa.gov/news/its-official-july-2021-was-earths-hottest-month-on-record>
29. Noviello M., Gattullo C., Faccia M., Paradiso V. and Gambacorta G., 2021. Application of natural and synthetic zeolites in the oenological field. Food Research International, 150, 110737.
30. Otero A., Goni C., Jifon J. and Syvertsen J., 2008. High temperature effects on citrus leaf gas exchange, flowering, fruit yield and quality. Acta Horticulturae 903, 1069-1075.
31. Peng Z., Guan L., Liao Y. and Lian S., 2019. Estimating total leaf chlorophyll content of gannan navel orange leaves using hyperspectral data based on partial least squares regression. IEEE Access, 7, 155540-155551.
32. Romero C., Dukes M., Baigorri G. and Cohen R., 2009. Comparing theoretical irrigation requirement and actual irrigation for citrus in Florida. Agricultural Water Management, 96(3), 473-483.
33. Stamatakis M., Hall A. and Hein J., 1996. The zeolite deposits of Greece. Mineralium Deposita, 31(6), 473-481.
34. Smedt C., Someus E. and Spanoghe P., 2015. Potential and actual uses of zeolites in crop protection. Pest Management Science, 71(10), 1355-1367.

35. Smedt C., Steppe K. and Spanoghe, P., 2017. Beneficial effects of zeolites on plant photosynthesis. *Advanced Materials Science*, 2(1), 1-11.
36. Szerement J., Szatanik-Kloc A., Jarosz R., Bajda T. and Mierzwa-Hersztek M., 2021. Contemporary applications of natural and synthetic zeolites from fly ash in agriculture and environmental protection. *Journal of Cleaner Production*, 311, 127461.
37. Tadeo F., Cercos M., Colmenero-Flores J., Iglesias D., Naranjo M., Rios G. and Talon M., 2008. Molecular physiology of development and quality of citrus. *Advances in Botanical Research*, 47, 147-223.
38. United Nations. Climate change. Ανακτήθηκε από: <https://www.un.org/en/global-issues/climate-change>
39. Zheng J., Chen T., Wu Q., Yu J., Chen W., Chen Y. and Xia G., 2018. Effect of zeolite application on phenology, grain yield and grain quality in rice under water stress. *Agricultural Water Management*, 206, 241-251.