

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

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«Αειφόρος Αγροτική Παραγωγή και Διαχείριση Περιβάλλοντος»**

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

**Αντίδραση της αχλαδιάς και ροδακινιάς στη διαφορετική λίπανση και
στην άρδευση**



ΠΑΠΑΧΡΗΣΤΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΒΟΛΟΣ 2021

Αντίδραση της αχλαδιάς και ροδακινιάς στη διαφορική λίπανση και στην
άρδευση

Παπαχρήστος Χρήστος

Τριμελής συμβουλευτική επιτροπή

1. Γεώργιος Νάνος, Καθηγητής Δενδροκομίας Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
2. Νικόλαος Δαναλάτος, καθηγητής, Γεωργίας και Εφαρμοσμένης φυσιολογίας Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
3. Παυλίνα Δρογούδη, ερευνήτρια Α', Δενδροκομία και Αβιοτικές καταπονήσεις, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Copyright © ΠΑΠΑΧΡΗΣΤΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ, 2021.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας διατριβής, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης.

Η έγκριση της Μεταπτυχιακής Διατριβής Ειδίκευσης από το Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δε δηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Επειδή μια επιστημονική μελέτη δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο από ένα άτομο, αισθάνομαι την ενδόμυχη ανάγκη να αναφερθώ και να ευχαριστήσω από καρδιάς, όλους όσους συνέβαλαν με τον τρόπο τους να ολοκληρωθεί η διπλωματική μου εργασία και στήριξαν αυτή μου την προσπάθεια περισσότερο και από εμένα.

Πρώτος και κύριος, ο καθοδηγητής, δάσκαλος, εμπνευστής και επιβλέπων της διατριβής μου καθηγητής, κ. Γεώργιος Νάνος, δίπλα στον οποίο κατάφερα να δω την επιστήμη που υπηρετούμε με διαφορετικό μάτι, αλλά συνέδραμε τα μέγιστα ώστε να καταφέρω να καταθέσω τη συγκεκριμένη διατριβή.

Η συνδρομή του κ. Δαναλάτου και της κα Δρογούδη, μέλη της τριμελούς επιτροπής, επίσης συνέβαλε στο τελικό αποτέλεσμα και τους ευχαριστώ θερμά τόσο για τη συνεργασία όσο και για τον χρόνο που αφιέρωσαν.

Στη συνέχεια, από καρδιάς θα ήθελα να ευχαριστήσω όλα τα μέλη του εργαστηρίου Δενδροκομίας που συμμετείχαν ο καθένας με τον τρόπο του στην προετοιμασία και υλοποίηση του πειραματικού μέρους της διατριβής και όχι μόνο.

Αναλυτικά, τον κ. Τσερλικάκη Νικόλαο και τη μητέρα του κα Τσερλικάκη Λουκία που για ένα χρόνο ήταν παρόντες και συνοδοιπόροι μου, φέρνοντας εις πέρας το δυσχαιρές και απαιτητικό κομμάτι τόσο των μετρήσεων, όσο και των πρακτικών διαχείρισης των οπωρώνων.

Την επίκουρη καθηγήτρια κα Μαλέτσικα Περσεφόνη, που στάθηκε δίπλα μου κάθε φορά που χρειάστηκα βοήθεια αλλά και την αβίαστη συνδρομή της με τις πολύτιμες γνώσεις και συμβουλές της σε επιμέρους κομμάτια της διατριβής καθώς και στις εργαστηριακές μετρήσεις.

Η υποψήφια διδάκτωρ κα Γεωργουδάκη Φύλλις ήταν εκείνη, χάρις στην οποία ενορχηστρώθηκαν οι εργαστηριακές μετρήσεις και επιδεικνύοντας υπερβάλλοντα ζήλο είμαι στη θέση να παρουσιάζω ακριβή αποτελέσματα.

Την κα Παναγιωτάκη Ευαγγελία, η βοήθεια της οποίας ήταν πολύτιμη στις εργαστηριακές μετρήσεις, αλλά και το Διδάκτορα κ. Γιοβάνη Βασίλειο, για τις συμβουλές και τη συμμετοχή στις εργαστηριακές αναλύσεις.

Κλείνοντας, ευχαριστώ θερμά τους γονείς μου για την υποστήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια, σε όλα τα επίπεδα, χωρίς την οποία δε θα μπορούσα να έχω επιτύχει κανέναν από τους στόχους μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας ήταν η εφαρμογή ποικίλων μεθόδων εκτίμησης της επίδρασης της μείωσης της αζωτούχου λίπανσης σε εμπορικούς αχλαδεώνες και ροδακινεώνα και της επίδρασης της μη άρδευσης σε εμπορικούς αχλαδεώνες. Σε αχλαδιές 'Κρυστάλι' και 'Santa Maria' εφαρμόστηκε σημαντικά μικρότερη ποσότητα N, ενώ σε ροδακινιές 'Maria Bianca' σημαντικά λιγότερος P και ελαφρά λιγότερο N και K. Μετρήθηκαν διαφορετικές εποχές στο εργαστήριο χαρακτηριστικά φύλλων (ξηρά ουσία, χλωροφύλλη, ενυδάτωση φύλλων) και ποιότητα καρπών, ενώ στον αγρό ο φθορισμός χλωροφύλλης, θερμοκρασία φυτού και υδατικό δυναμικό βλαστού (ΥΔΒ). Μέχρι το 2^ο δεκαήμερο του Σεπτεμβρίου τα φύλλα δεν έδειξαν σημάδια γήρανσης, αντίθετα η λειτουργία τους συνεχίζονταν κανονικά και επηρεάζονταν από τις κλιματικές συνθήκες την ημέρα μετρήσεων. Βρέθηκαν υψηλές εισροές Ca, Mg και N με το αρδευτικό νερό στο 'Κρυστάλι' και μικρότερες στη 'Maria Bianca'. Η θρεπτική κατάσταση των δέντρων δεν επηρεάστηκε από τη μείωση της αζωτούχου λίπανσης, αλλά η μειωμένη αζωτούχος λίπανση μείωσε είτε τη συγκέντρωση χλωροφυλλών χωρίς να επηρεάζει τους δείκτες καταπόνησης των φύλλων είτε προκάλεσε καταπόνηση αυτών. Στις αχλαδιές πάντως ήταν εμφανής η καταπόνηση βάσει του ΥΔΒ λόγω μειωμένης αζωτούχου λίπανσης. Τέλος, η μειωμένη αζωτούχος λίπανση μείωσε είτε την παραγωγή είτε το μέγεθος καρπού χωρίς να επηρεάζει ουσιαστικά την ποιότητα καρπού, παρότι οι εισροές N και στη μεταχείριση με μειωμένο N ήταν τριπλάσιες στα αχλάδια από τις εκροές N με τους καρπούς. Σε όλες τις καλλιέργειες βρέθηκε οριακή έλλειψη K στα φύλλα ανεξαρτήτως μεταχείρισης και πιθανόν είναι κύριος παράγοντας που επηρεάζει την παραγωγικότητα των οπωρώνων. Η διακοπή άρδευσης για 17 ημέρες κατά τη διάρκεια του Σεπτεμβρίου (μετασυλλεκτικά, με καιρικές συνθήκες παρόμοιες των θερινών) επέδρασε μερικώς μόνο στη λειτουργία των φύλλων και του φυτού, ενώ από νωρίς και πιο σημαντικά το ΥΔΒ βρέθηκε ως ο πιο ευαίσθητος δείκτης εκτίμησης της υδατικής καταπόνησης, καθώς τα χαρακτηριστικά των φύλλων και οι υπόλοιπες μέθοδοι εκτίμησης της λειτουργίας του φυτού δεν μπόρεσαν να καταγράψουν κάποια καταπόνηση στο φυτό, επηρεαζόμενες, συχνά, από τις καιρικές συνθήκες την ημέρα των μετρήσεων.

SUMMARY

The purpose of this study was to apply various methods to assess the effect of reduced nitrogen fertilization on commercial pears and peaches and the effect of non-irrigation on commercial pears. Significantly less N was applied to 'Krystali' and 'Santa Maria' pears, while significantly less P and slightly less N and K were applied to 'Maria Bianca' peaches. Leaf characteristics (dry matter, chlorophyll, leaf hydration) and fruit quality were measured at different times in the laboratory, while in the field were measured the fluorescence of chlorophyll, the plant temperature and the stem water potential (SWP). Until the 2nd ten days of September the leaves did not show signs of aging, on the contrary their operation continued normally and was affected by the climatic conditions on the day of measurements. High inflows of Ca, Mg and N were provided with the irrigation water in 'Krystali' and lower inflows in 'Maria Bianca'. The nutritional status of the trees was not affected by the reduction of nitrogen fertilization, but the reduced nitrogen fertilization either reduced the concentration of chlorophyll without affecting the stress indices of the leaves or caused their stress. In pear trees, however, the stress based on SWP was evident due to reduced nitrogen fertilization. Finally, reduced nitrogen fertilization reduced either fruit production or fruit size without substantially affecting fruit quality, although N inputs at the reduced N treatments in pears were three times higher than N outputs in fruits. In all crops a marginal K deficiency was found in the leaves regardless of treatment and is probably the main factor affecting the orchards' productivity. The termination of irrigation for 17 days during September (post-harvest, with weather conditions similar to summer) only partially affected the function of the leaves and the plant, while in early measurements and most importantly the SWP was found as the most sensitive indicator of water stress assessment, as the leaves' characteristics and the other methods of assessing the function of the plant could not record any stress on the plant, often affected by the weather conditions on the day of the measurements.

Εγώ, ο Παπαχρήστος Χρήστος, είμαι ο συγγραφέας αυτής της Μ.Δ.Ε. Αυτή η Μ.Δ.Ε. αντικατοπτρίζει την έρευνα που έγινε από εμένα και δεν έχει υποβληθεί (εξ ολοκλήρου ή μέρος της) σαν προπτυχιακή διατριβή ή Μ.Δ.Ε. ή ως μέρος Διδακτορικής Διατριβής σε αυτό ή άλλο Προπτυχιακό ή Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών Ιδρυμάτων Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης του εσωτερικού ή εξωτερικού. Όποια συνεργασία καθώς και το μέγεθος αυτής δηλώνονται επακριβώς στο αντίστοιχο πεδίο αυτής της διατριβής. Επίσης έχω διαβάσει όλες τις βιβλιογραφικές αναφορές που παρατίθενται στο τέλος.

Ως επιβλέπων της έρευνας που περιγράφεται σε αυτή τη διατριβή, δηλώνω ότι όλοι οι όροι του Εσωτερικού Κανονισμού του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος έχουν τηρηθεί από τον κο Παπααρήστο Χρήστο.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
1.1 ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ ΑΧΛΑΔΙΑΣ ΚΑΙ ΡΟΔΑΚΙΝΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	11
1.2 ΆΡΔΕΥΣΗ – ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ.....	12
1.3 ΛΙΠΑΝΣΗ ΑΧΛΑΔΙΑΣ - ΡΟΔΑΚΙΝΙΑΣ.....	14
1.3.1 Άζωτο.....	14
1.3.2 Κάλιο.....	15
1.4 ΕΙΣΡΟΕΣ - ΕΚΡΟΕΣ	17
1.5 ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΑΝΘΡΑΚΑ.....	18
1.6 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ - ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΕΙΣ	19
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	22
2.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΓΡΟΤΕΜΑΧΙΩΝ	22
2.2 ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ.....	23
2.2.1 Αχλάδια Κρυστάλλι ΟΠ1.....	23
2.2.2 Αχλάδια Santa Maria ΟΠ2.....	23
2.2.3 Ροδάκινα Maria Bianca ΟΠ3	24
2.2.4 Φυλλοδιαγνωστική Ανάλυση.....	25
2.3 ΔΙΑΦΟΡΙΚΗ ΑΡΔΕΥΣΗ.....	25
2.3.1 Αχλάδια Κρυστάλλι ΟΠ1.....	26
2.3.2 Αχλάδια Santa Maria ΟΠ2.....	26
2.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΥΛΛΩΝ.....	26
2.4.1 Μετρήσεις στον αγρό	26
ΌΣΟ ΜΕΙΩΝΕΤΑΙ ΤΟ RWC ΚΑΙ ΑΥΞΑΝΕΤΑΙ ΤΟ WSD, ΤΟΣΟ ΕΝΤΟΝΟΤΕΡΗ ΕΙΝΑΙ Η ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ.	29
2.5 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΡΠΩΝ	29
2.6 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	32
2.7 ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΆΝΘΡΑΚΑ ΠΑΡΟΝΤΟΣ ΤΡΟΠΟΥ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ	32
2.7.1 Συλλογή δεδομένων	34
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	37
3.1 ΕΙΣΡΟΕΣ – ΕΚΡΟΕΣ – ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΗ ΛΙΠΑΝΣΗ.....	37
3.1.1 Εισροές με τα λιπάσματα	37
3.2 ΦΥΛΛΟΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΗ	38
3.3 ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗ ΔΙΑΦΟΡΙΚΗ ΛΙΠΑΝΣΗ	40
3.3.1 Χαρακτηριστικά Φύλλων.....	40
3.3.1.2 Μετρήσεις Πεδίου	42
3.3.2 Ποιότητα καρπού.....	45
3.3.3 ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗ ΔΙΑΦΟΡΙΚΗ ΑΡΔΕΥΣΗ	46
3.3.3.1 Κλιματικές συνθήκες κατά τις μετρήσεις Σεπτεμβρίου.....	46
3.3.3.2 Χαρακτηριστικά φύλλων	48
3.3.3.3 Μετρήσεις Πεδίου	52
3.3.4 ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΑΝΘΡΑΚΑ	55
3.3.4.1 Αχλάδια Κρυστάλλι – ΟΠ1	55
3.3.4.2 Αχλάδια Santa Maria – ΟΠ2	56
3.3.4.3 Ροδάκινα Maria Bianca – ΟΠ3.....	56
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	57
4.1 ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗ ΔΙΑΦΟΡΙΚΗ ΛΙΠΑΝΣΗ	57
4.1.1 Χαρακτηριστικά φύλλων	57

4.1.2 Ποιότητα καρπών	58
4.2 ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗ ΔΙΑΦΟΡΙΚΗ ΑΡΔΕΥΣΗ	59
4.2.1 Χαρακτηριστικά φύλλων	59
4.2.2 Μετρήσεις πεδίου	60
4.3 ΛΙΠΑΝΣΗ, ΑΡΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ.....	62
4.4 ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΑΝΘΡΑΚΑ	62
5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	63
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	64

1. Εισαγωγή

1.1 Σημαντικότητα αχλαδιάς και ροδακινιάς για την Ελλάδα

Στην Ελλάδα η παραγόμενη ποσότητα ροδάκινων και αχλαδιών για το έτος 2019 ανέρχεται σε 815.003 και 77.570 τόνους, αντίστοιχα (*minagric*, 2019). Συγκεκριμένα, στην περιφέρεια Θεσσαλίας αποτελούν το δεύτερο και τρίτο ποσοτικά καλλιεργούμενα είδη φρούτων. Σε αντίθεση με τη συνεχώς αυξανόμενη ποσότητα ροδάκινων και νεκταρινιών τα τελευταία έτη, στην καλλιέργεια της αχλαδιάς παρατηρείται απότομη μείωση από το 2018 κι έπειτα (*FAOSTAT*, 2020). Γεγονός οξύμωρο αναλογιζόμενοι την πτωτική πορεία των εμπορικών τιμών επιτραπέζιων ροδάκινων και τη σταθερή τιμή των αχλαδιών. Ιδιαίτερα στον Τύρναβο οι εν λόγω καλλιέργειες αποτελούν την κορωνίδα του αγροτικού εισοδήματος.

Τόσο οι καρποί της αχλαδιάς όσο και της ροδακινιάς συγκεντρώνουν πληθώρα θρεπτικών συστατικών που είναι σημαντικά για τη διατροφή του ανθρώπου και για το λόγο αυτό βρίσκονται ψηλά στις προτιμήσεις των καταναλωτών. Μεταξύ άλλων, περιέχουν υδατάνθρακες και πηκτίνες, φυτικές ίνες, οργανικά οξέα και βιταμίνες συμβάλλοντας στη μείωση της χοληστερόλης στον ορό του αίματος, προλαμβάνουν καρδιαγγειακές παθήσεις και έχουν επίσης διουρητική και καθαρτική δράση αποτρέποντας την απώλεια ασβεστίου (Rocha, Zielinski, Avila, Nogueira, & Wosiacki, 2012).

Οι άνθρωποι προτιμούν τα ποιοτικά φρούτα με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούν όλες τις αισθήσεις τους για να αξιολογήσουν την ποιότητά τους: όραση, μυρωδιά, γεύση, αφή, ακόμη και ακοή. Ο καταναλωτής ενσωματώνει όλα αυτά τα αισθητήρια μέσα, δηλαδή εμφάνιση, άρωμα, γεύση, αίσθηση στο χέρι, αίσθηση στο στόμα και ήχους κατά το μάσημα, για να καταλήξει στην αξιολόγηση του φρούτου (Abbott, 1999). Για το λόγο αυτό, η ποιότητα θα πρέπει να καθορίζεται έχοντας κατά νου και τα παραπάνω που αφορούν τις προσδοκίες των καταναλωτών.

Στόχος, λοιπόν, των δενδροκαλλιεργητών είναι η υψηλή παραγωγικότητα των δέντρων με ταυτόχρονη επίτευξη υψηλής ποιότητας καρπών. Παράγοντες όπως η σωστή αναλογία φύλλων ανά καρπό και η απουσία αλλοιώσεων από εχθρούς και ασθένειες, καθώς και η μετασυλλεκτική μεταχείριση των καρπών που θα οδηγήσουν σε ικανοποίηση τόσο των καταναλωτών, όσο και των διακινητών ή μεταποιητών, πρέπει να είναι και βασικά κριτήρια στην επιλογή συστήματος καλλιέργειας (Σφακιωτάκης, 2000).

Βασικά χαρακτηριστικά ποιοτικών προϊόντων αποτελούν η καλή εμφάνιση που ποικίλλει ανάλογα την ποικιλία αναφορικά με το χρώμα, το μέγεθος και το σχήμα των καρπών, η απουσία τραυματισμών, μωλωπισμών και ηλιακών εγκαυμάτων, καθώς επίσης και η απουσία αλλοιώσεων ή σήψεων που καθιστούν τα προϊόντα ακατάλληλα για τους καταναλωτές. Οσμές ή υπολείμματα ουσιών στον καρπό επίσης τα κατατάσσουν στα μη εμπορεύσιμα προϊόντα, ενώ μεστή γεύση συνοδευόμενη από το χαρακτηριστικό για κάθε ποικιλία άρωμα θα ενισχύσουν την εμπορική ισχύ και αξία των αχλαδιών και των ροδάκινων. Σύμφωνα με μελέτες για το άρωμα σε αχλάδια και ροδάκινα, παρουσιάζεται χαρακτηριστικό «άρωμα εστέρων» που αποδίδεται σε ξεχωριστούς πτητικούς εστέρες (Zhou, et al., 2020) (Zhang, et al., 2011), οπότε απαιτείται προσοχή στη συντήρησή τους για την ελαχιστοποίηση απωλειών. Η χαμηλή θερμοκρασία θα μπορούσε να καθυστερήσει αποτελεσματικά τις διαδικασίες ωρίμανσης και γήρανσής τους και να παρατείνει την περίοδο συντήρησής τους, ωστόσο διαπιστώθηκε ότι το άρωμα των φρούτων μειώθηκε μετά από μακροχρόνια ψύξη, το οποίο είναι ένα τυπικό σύμπτωμα κρυοτραυματισμού (*chilling*) (Zhou, et al., 2014) (Zhang, et al., 2011) (Günthera, et al., 2014). Χαρακτηριστικά που συμβάλλουν στη γευστική ικανοποίηση του καταναλωτή όπως η συνεκτικότητα της σάρκας, το χρώμα του φλοιού και γενικότερα η απαλλαγμένη από αλλοιώσεις επιδερμίδα, η περιεκτικότητα σε διαλυτά στερεά συστατικά, η οξύτητα και το άρωμα είναι κοινώς χρησιμοποιούμενες παράμετροι που

καθορίζουν την ποιότητα των ροδάκινων, καθιστώντας τες κοινή γλώσσα επικοινωνίας του τριγώνου ερευνητές – βιομηχανία – καταναλωτές (Abbott, 1999) (Δρογουόδη, Παντελίδης, & Μαγγανάρης, 2013). Μεταξύ αισθητηριακών αξιολογήσεων και οργανοληπτικών μετρήσεων προτιμώνται οι δεύτερες για ερευνητικές και εμπορικές εφαρμογές, αφού με τη χρήση οργάνων μειώνονται οι διακυμάνσεις μεταξύ των μεταχειρίσεων, είναι πιο ακριβείς οι μετρήσεις, και πιο λειτουργικά τα αποτελέσματα (Abbott, 1999).

Κατά αυτό τον τρόπο προέκυψε πως το χρώμα τροποποιεί τη χημική σύνθεση των φρούτων περισσότερο από το μέγεθος, όπου τα περισσότερο χρωματισμένα φρούτα ήταν μεγαλύτερα, με καλύτερα χαρακτηριστικά αλλά και διαφορετική σύσταση θρεπτικών ενώσεων και φαινολικών (Usenik, Stampar, Mikulic Petkovsek, & Kastelec, 2015). Το χρώμα στα ροδάκινα κυμαίνεται από πράσινο σε κίτρινο και κόκκινο, κυρίως λόγω της μείωσης της χλωροφύλλης με ταυτόχρονη συσσώρευση καροτενοειδών, φλαβονοειδών και ανθοκυανινών στο φλοιό των φρούτων (Liu, et al., 2015). Έχει χρησιμοποιηθεί μάλιστα ως δείκτης ωριμότητας κατά τη σύγκριση με τυποποιημένα γραφήματα διακύμανσης χρώματος (Zerbini, Spada, & Liverani, 1994). Επίσης, σαν κριτήρια ωριμότητας για τον προσδιορισμό του χρόνου έναρξης συγκομιδής χαρακτηρίζονται το μέγεθος των φρούτων και συγκέντρωση διαλυτών στερεών συστατικών για τα ροδάκινα, όπως και στα αχλάδια αν και στα δεύτερα απαιτείται και έλεγχος της αντοχής της σάρκας στην πίεση (Kader, 1999). Κάποιες από αυτές τις παραμέτρους επηρεάζονται από τις κλιματικές συνθήκες (Infante et al. ΣυσκευτιΔσ, 2011), γεγονός που καταδεικνύει πως οι δείκτες αυτοί δεν είναι πάντα αξιόπιστοι, εφόσον φρούτα με το ίδιο χρώμα παρουσίασαν μεγάλη διαφοροποίηση στη συνεκτικότητα της σάρκας, την οξύτητα και τα διαλυτά στερεά συστατικά (Lewallen & Marini, 2003)

Οι κατάλληλες πρακτικές φαίνεται να αποτελούν μονόδρομο για τους αγρότες και τους συμβούλους γεωπόνους και οδηγούν σε σημαντικό ποσό εισροών και κατ' επέκταση λιπασμάτων. Αυτά όμως με τη σειρά τους μπορεί να επιφέρουν μια σειρά αρνητικών συνεπειών κυρίως στον παραγωγό και στο περιβάλλον. Με την υπερχορήγηση λιπασμάτων αυξάνεται το κόστος παραγωγής, κάτι όμως που δεν αντικατοπτρίζεται στις τελικές τιμές πώλησης των αγροτικών προϊόντων, μειώνοντας έτσι την ανταγωνιστικότητα των φρούτων. Αρνητικό αντίκτυπο έχει επίσης η μεγάλη χρήση λιπασμάτων στο περιβάλλον, τόσο επιβαρύνοντας με νιτρικά τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα, σημαντική συνέπεια σε μια ήδη μολυσμένη περιοχή όπως της Θεσσαλίας και ειδικότερα του Τυρνάβου όπου και πραγματοποιήθηκε το πείραμα που ακολουθεί, όσο και με την αλόγιστη χρήση του νερού άρδευσης, που παρότι αναφερόμαστε σε καλλιέργειες υψηλών υδατικών απαιτήσεων, με κατάλληλο προγραμματισμό και μέσα υπάρχουν περιθώρια μείωσης της καταναλισκόμενης ποσότητας νερού.

1.2 Άρδευση – εκτίμηση και εφαρμογή

Η Ελλάδα, καθώς γεωγραφικά ανήκει στις χώρες με εύκρατο Μεσογειακό κλίμα, ενδείκνυται για την παραγωγή καλής ποιότητας φρούτων. Σταδιακά, όμως, λόγω της κλιματικής αλλαγής που συντελείται στην περιοχή, φαινόμενα μεγάλων περιόδων ανομβρίας παρατηρούνται ολοένα και συχνότερα. Ως επακόλουθο έχουν τις μεγαλύτερες αρδευτικές ανάγκες των καλλιεργειών. Για την κάλυψη των αναγκών αυτών, καθίσταται απαραίτητη η επιλογή και χρήση μιας μεθόδου άρδευσης και ενός προγράμματος που θα επιτρέπουν τη μέγιστη αξιοποίηση του παρεχόμενου νερού όπως η άρδευση ακριβείας. Η διαχείρισή της απαιτεί επιστημονικό προγραμματισμό της άρδευσης ώστε να καθοριστεί ο χρόνος, η θέση και η ποσότητα της άρδευσης αξιοποιώντας κυρίως τρεις μεθόδους: τον υπολογισμό της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας με βάση τις καιρικές συνθήκες, την παρακολούθηση της υδατικής κατάστασης του εδάφους και την κατάσταση της κόμης του φυτού. Δεν είναι λίγοι οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται για να προσδιορίσουν τον χρόνο άρδευσης, αλλά βασίζονται κυρίως στην αξιολόγηση ενός καθορισμένου ορίου που μόλις

ξεπεραστεί, ενεργοποιείται η άρδευση (O'Shaughnessy & Rush, 2014). Τα κατώτατα όρια έχουν καθοριστεί για τα επίπεδα μείωσης του νερού του εδάφους στη ριζόσφαιρα ή ως δείκτες θερμικής καταπόνησης όπως ο δείκτης υδατικής καταπόνησης (Idso, Jackson, Pinter jr, Reginato, & Hatfield, 1981), ο δείκτης έλλειψης νερού (Moran, Clarke, Inoue, & Vidal, 1994) και το πρωτόκολλο "BIOTIC", το οποίο συσχετίζει τη θερμοκρασία της κόμης με την υδατική κατάσταση του φυτού για να προγραμματίσει την άρδευση βάσει συστήματος ορίων θερμοκρασίας – χρόνου (United States of America Patent No. 5 539 637, 1996). Σε περίπτωση που η θερμοκρασία της κόμης υπερβαίνει το βέλτιστο όριο θερμοκρασίας για μια προκαθορισμένη χρονική περίοδο, πραγματοποιείται άρδευση.

Η επιστημονική μέθοδος που έχει επικρατήσει για τον υπολογισμό των υδατικών αναγκών ενός φυτού βασίζεται στον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής του. Εφόσον υπάρχουν διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα – ταχύτητα και θερμοκρασία αέρα, ηλιακή ακτινοβολία και υγρασία – μπορεί να υπολογιστεί η «εξατμισοδιαπνοή αναφοράς», με την εξίσωση Penman – Monteith (Technical Committee on Standardization of Reference Evapotranspiration, 2018). Το νερό που χρησιμοποιήθηκε από την καλλιέργεια προκύπτει από το γινόμενο της «εξατμισοδιαπνοής αναφοράς» με τον φυτικό συντελεστή της καλλιέργειας, που εξαρτάται από το είδος, την περιοχή και το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας (Παπαμιχαήλ & Μπαμπατζιμόπουλος, 2014). Για ένα διαχειριστικό σύστημα ακριβούς άρδευσης απαιτείται η συλλογή δεδομένων μικροκλίματος, που προέρχονται από μετεωρολογικό σταθμό πλησίον της καλλιέργειας, από τον υπολογιστή του σταθμού βάσης και στη συνέχεια ο υπολογισμός της «εξατμισοδιαπνοής αναφοράς» αλλά και της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας χρησιμοποιώντας έναν προκαθορισμένο πίνακα τιμών του φυτικού συντελεστή της καλλιέργειας, σχετίζοντάς τον με τον δείκτη κανονικοποιημένης διαφοράς ή NDVI (Normalized Difference Vegetative Index) (O'Shaughnessy & Rush, 2014).

Δεν είναι λίγες οι μελέτες στις οποίες μελετήθηκε η μειωμένη άρδευση και ο αντίκτυπος που έχει τόσο στην παραγωγικότητα αλλά και στην ποιότητα καρπών οπωρώνων αχλαδιάς και ροδακινιάς. Όταν στη διαχείριση των καλλιεργειών ακολουθούνται πρότυπα ελλειμματικής άρδευσης, το περιθώριο σφάλματος μεταξύ χρονισμού και ποσότητας άρδευσης μειώνεται πριν ο λάθος χειρισμός των δύο παραγόντων οδηγήσει σε απώλειες απόδοσης (Goldhamer, Fereres, Mata, Girona, & Cohen, 1999). Σε τέτοιου τύπου μελέτες πρέπει να συνεκτιμάται πως η τιμή αναφοράς του κατάλληλου κατώτατου ορίου υγρασίας του εδάφους σε μηνίες που αρδεύονται με σύστημα στάγδην άρδευσης είναι περίπου στο 60% της υδατοχωρητικότητας του εδάφους, καθώς και όταν η υγρασία του εδάφους διατηρείται σε ποσοστά 60 – 80% ο καθαρός ρυθμός φωτοσύνθεσης και ο ρυθμός διαπνοής των φύλλων παραμένουν σχετικά σταθεροί (Li & Zhang, 2004).

Πιο συγκεκριμένα μειωμένη άρδευση σε οπωρώνα αχλαδιών κατά την ανάπτυξη του καρπιδίου οδήγησε σε σημαντική μείωση της βλαστικής ανάπτυξης δίχως να επηρεάσει την παραγωγή (Ningbo, et al., 2008). Όμοια, η ελλειμματική άρδευση κατά την ανάπτυξη των καρπών αλλά και μετά τη συγκομιδή του ροδάκινου μείωσε σημαντικά τη βλαστική ανάπτυξη, αλλά η παραγωγή δεν επηρεάστηκε, παρά μόνο κατά το τέταρτο έτος, ελαφρώς, όπου παρατηρήθηκε μειωμένη καρπόδεση με παράλληλη χορήγηση χαμηλών ποσοτήτων νερού.

Σε οπωρώνες αχλαδιών ποικιλίας "Blanquilla", που αρδεύονταν με 550 - 1020 mm νερού, ερευνήθηκαν η αύξηση του κορμού, το μέγεθος των καρπών και ο αριθμός καρπών κατά την επόμενη καλλιεργητική περίοδο σε δύο μεταχειρίσεις, μία όπου η άρδευση μειώθηκε στο 70% του μάρτυρα (551 mm) και μία που χορηγήθηκε 30% περισσότερο (1020 mm) νερό από το μάρτυρα (787 mm). Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων βρέθηκε πως τα δέντρα με μειωμένη χορηγούμενη ποσότητα νερού είχαν μεγαλύτερη αύξηση του κορμού και η διαφορά στο μέγεθος των καρπών δεν ήταν σημαντική. Απεναντίας, αυξήθηκε ο αριθμός τόσο των ανθέων όσο και των καρπών την επόμενη χρονιά, συμπεραίνοντας πως η

τιμή της ιδανικής ποσότητας άρδευσης προσέγγιζε το 70% του μάρτυρα (Marsal, Mata, Arbones, Rufat, & Girona, 2002).

Σημαντικό ποσοστό της ποσότητας άρδευσης κατά την καλλιεργητική περίοδο ενός οπωρώνα εφαρμόζεται μετασυσλεκτικά μέχρι και την έναρξη της γήρανσης των φύλλων και την τελική τους πτώση. Προκύπτει, έτσι, η ανάγκη για παρακολούθηση, ανάλυση και προγραμματισμό της μετασυσλεκτικής άρδευσης ενός οπωρώνα με στόχο την εξοικονόμηση πόρων. Για το σκοπό αυτό ερευνήθηκε η καταπόνηση δέντρων ροδακινιάς σε οπωρώνες της Αυστραλίας με ενθαρρυντικά αποτελέσματα, αφού η μείωση άρδευσης κατά το ήμισυ δεν επέφερε μεταβολές στην παραγωγικότητα και στην ποιότητα των καρπών μετά από πειραματισμό τεσσάρων ετών, παρά μόνο στο πρώτο έτος, στη μεταχείριση που εφαρμόστηκε η ελάχιστη ποσότητα άρδευσης, επηρεάζοντας σε μικρό βαθμό την παραγωγικότητα των πειραματικών μεταχειρίσεων εξαιτίας της μεγαλύτερης περιόδου ανθοφορίας και του αραιώματος που εφαρμόστηκε στη συνέχεια (Qassim, Goodwin, & Bruce, 2013). Η καταπόνηση των δέντρων που εφαρμόστηκε ελλειμματική άρδευση ήταν έκδηλη από τα αποτελέσματα των μετρήσεων του υδατικού δυναμικού του βλαστού, καθώς και του δείκτη υδατικής καταπόνησης στη συγκεκριμένη μελέτη με τις τιμές τους να διαφέρουν σημαντικά μεταξύ αρδευόμενων και ξηρικών δέντρων.

Μελέτες για τη χρήση αξιόπιστων μεθόδων που ελαττώνουν το χρόνο μέτρησης, δεν απαιτούν τη χρήση εξειδικευμένου εξοπλισμού, και προσφέρουν επιτόπια χρήση και ανάλυση είναι σημαντικοί αρωγοί στην εφαρμογή μειωμένης άρδευσης και στην εξοικονόμηση υδάτινων πόρων. Ιδιαίτερα στη μετασυσλεκτική φάση που μπορεί να επιτευχθεί μείωση της καταναλισκόμενης ποσότητας νερού μέχρι και κατά 50% δίχως να επηρεάζεται αρνητικά η υγεία των δέντρων και η παραγωγή του επόμενου έτους, η παρακολούθηση των κρίσιμων χρονικών σημείων για άρδευση με τέτοιες μεθόδους, γίνεται με ευχέρεια και αποτελεί πολύτιμο εργαλείο προσέγγισης της αειφορικής διαχείρισης του οπωρώνα.

1.3 Λίπανση Αχλαδιάς - Ροδακινιάς

1.3.1 Άζωτο

Επιτυγχάνοντας την επιθυμητή ποσότητα άρδευσης επικεντρωνόμαστε, έπειτα, στην κατάλληλη ποσότητα χορηγούμενης λίπανσης. Οι ανάγκες σε άζωτο των καλλιεργειών καθορίζονται από τη συγκέντρωσή του στοιχείου στο έδαφος, από την περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία, από τη βλαστική ανάπτυξη του φυτού, καθώς και τη συγκέντρωση αζώτου στα φύλλα (Sete, et al., 2019). Η στρατηγική χορήγησης αζωτούχων λιπασμάτων θα πρέπει να μελετάται ώστε να καταφέρνουμε υψηλής ποιότητας παραγωγή, υψηλή παραγωγικότητα και χαμηλό κόστος. Η αποτελεσματική λίπανση με άζωτο θεωρείται μία από τις πιο σημαντικές στρατηγικές διαχείρισης για τη διατήρηση ή αύξηση της απόδοσης και της ποιότητας των καλλιεργειών και τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας χρήσης αζώτου (Abbasi, Majid, & Nasir, 2013)

Για την επίτευξη των παραπάνω πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν και να μελετώνται ο χρόνος και οι μέθοδοι εφαρμογής του αζώτου, αφού εφαρμογή ετεροχρονισμένα από την περίοδο των αναγκών της καλλιέργειας μπορεί να οδηγήσει σε απώλειες, αφού η χορηγούμενη ποσότητα μπορεί να εκπλυθεί, να εξαερωθεί ή να μετατραπεί σε αέρια μορφή μέσω της απονιτροποίησης (Μήτσιος, 2004). Το αρδευτικό νερό και το νερό της βροχής προκαλούν το φαινόμενο της έκπλυσης του αζώτου, παρασύροντάς το σε κατώτερα εδαφικά στρώματα, ενώ κατά το φαινόμενο της εξαέρωσης συμβαίνει μετατροπή του αζώτου σε αέρια αμμωνία, όταν πρόκειται για επιφανειακή εφαρμογή. Προκύπτει, έτσι, η αναγκαιότητα γνώσης της φυσιολογίας των καλλιεργούμενων φυτών και των θρεπτικών τους αναγκών κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

Έχει βρεθεί πως η αζωτούχα λίπανση αύξησε το σχετικό ποσοστό της ξηράς ουσίας των δέντρων, η οποία κατανέμεται στους ετήσιους βλαστούς και τα φύλλα, δηλαδή στη βλαστική ανάπτυξη πάνω από το έδαφος και όχι στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος (Niederholzer, Dejong, Saenz, Muraoka, & Weinbaum, 2001). Με υψηλότερες δόσεις αζώτου η βλαστική ανάπτυξη ενισχύεται σημαντικά, με αποτέλεσμα την αύξηση της εξατμισοδιαπνοής και άρα της ανάγκης για άρδευση, αλλά και επιδεινώνει την προσβολή από εχθρούς και ασθένειες όπως η ψύλλα της αχλαδιάς και το βακτηριακό κάψιμο.

Λίγα είναι γνωστά για την απαιτούμενη δόση εφαρμογής αζώτου στην αχλαδιά με σκοπό την προώθηση της απόδοσης και της ποιότητας των φρούτων, χωρίς αύξηση του κινδύνου απώλειας του στοιχείου στο περιβάλλον. Σε πρόσφατη μελέτη, ερευνήθηκε η αξιολόγηση της επίδρασης της εφαρμογής διαφορετικών δόσεων αζώτου στην περιεκτικότητα του στοιχείου στο έδαφος, στην απόδοση των δέντρων και στην ποιότητα των καρπών. Οι μεταχειρίσεις περιλάμβαναν την εφαρμογή 0, 40, 80, 120 και 160 kg ha⁻¹ έτος⁻¹ σε N και προέκυψε πως οι δόσεις εφαρμογής επηρεάζουν τον αριθμό καρπών και την απόδοση, αλλά όχι τη συγκέντρωση των θρεπτικών συστατικών των φύλλων (Sete, et al., 2019).

Επίσης, ποσότητες επιπλέον των αναγκαίων οδηγούν σε καθυστέρηση της ωρίμανσης και σε μεγαλύτερο ποσοστό μετασυλλεκτικών σήψεων. Αντίθετα, χαμηλότερη συγκέντρωση αζώτου οδηγεί σε μειωμένη παραγωγή και μάλιστα κατώτερης ποιότητας καρπούς. Η υψηλή διαθεσιμότητα του στοιχείου μετά τη γονιμοποίηση, επιτάχυνε τη μετατροπή του αμύλου σε σάκχαρα, επηρεάζοντας, ταυτόχρονα, αρνητικά το χρωματισμό μήλων (Neilsen, Neilsen, Herbert, Guak, & Millard, 2006).

Παρόμοιο είναι και το σκηνικό που παρατηρείται στη ροδακινιά. Ενώ η απαραίτητη ποσότητα αζώτου είναι κρίσιμη για καλή παραγωγή, επιπλέον ποσότητες προκαλούν ανεξέλεγκτη βλαστική ανάπτυξη με βασικότερο τον κίνδυνο προσβολής από αφίδες αλλά και τη σκίαση των βλαστών στο κατώτερο μέρος του δέντρου.

Με την αυξανόμενη χορήγηση αζώτου σε μηλιές, ο αριθμός κυττάρων ανά καρπό αυξήθηκε, ενώ το μέσο μέγεθος των κυττάρων παρέμεινε αμετάβλητο. Όσο αυξανόταν η παροχή αζώτου, αυξανόταν τα διαλυτά στερεά συστατικά του καρπού, ενώ η συνεκτικότητα των καρπών μειώθηκε ελαφρώς. Η αζωτούχα λίπανση είχε αξιοσημείωτο αντίκτυπο στην περιεκτικότητα σε άζωτο των φύλλων, στην παραγωγικότητα φωτοσυνθετικών προϊόντων τόσο των φύλλων αλλά και του δέντρου ολόκληρου, καθώς και στην αναλογία φύλλων ανά καρπό, προκαλώντας την παρουσία περισσότερων κυττάρων ανά καρπό, το μεγαλύτερο μέγεθος καρπών καθώς και υψηλότερη περιεκτικότητα σε διαλυτά στερεά συστατικά (Xia, Cheng, Lakso, & Goffinet, 2009). Όταν εφαρμόστηκε μόνο λίπανση αζώτου σε μηλιές παρατηρήθηκε έντονη μείωση στην περιεκτικότητα σε διαλυτά στερεά συστατικά, ενώ εφαρμογή καλίου επέφερε αύξηση του μέσου μεγέθους των φρούτων και της οξύτητας του χυμού, βελτιώνοντας την ποιότητά τους.

Σε αμμώδη εδάφη πρέπει να γίνεται μελέτη κατά την εφαρμογή των αζωτούχων λιπασμάτων για την αποφυγή του φαινομένου της έκπλυσης. Η πρόσληψη αζώτου από το έδαφος συνεχίζεται σε όλα τα στάδια ανάπτυξης, εκτός από τις αρχές της άνοιξης και του χειμώνα. Επομένως, η σταδιακή εφαρμογή αζωτούχων λιπασμάτων στον οπωρώνα μπορεί να μειώσει τη μέγιστη τιμή της συγκέντρωσης ανόργανου αζώτου αλλά και την απώλειά του, ενισχύοντας ταυτόχρονα τη συνεχή πρόσληψη του στοιχείου από τα οπωροφόρα δένδρα, η οποία έχει ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας χρήσης αζώτου (Wu, Mingbe, Jun, Wenjuan, & Songzhong, 2019).

1.3.2 Κάλιο

Όσον αφορά το κάλιο, αυτό καταλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό μεταξύ των στοιχείων εντός του καρπού, από 0,8-1% επί της ξηράς ουσίας. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις καλίου βρίσκονται σε νεαρούς αναπτυσσόμενους ιστούς και αναπαραγωγικά όργανα, ένδειξη της υψηλής δραστηριότητάς του στον μεταβολισμό και την ανάπτυξη των κυττάρων (Römheld & Kirkby, 2010). Το κάλιο ενεργοποιεί πολλά ένζυμα, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που περιλαμβάνουν μεταβολισμό ενέργειας, σύνθεση πρωτεϊνών και μεταφορά διαλυτών ουσιών.

Το κάλιο προσδίδει άρωμα, οξύτητα, σκληρότητα, ενώ επηρεάζει θετικά το μέγεθος των καρπών, το χρώμα της σάρκας του και τα διαλυτά στερεά συστατικά. Η υψηλή παραγωγικότητα, η αποδοτικότητα χρήσης νερού και η επιθυμητή ποιότητα επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από τη διαθεσιμότητα καλίου. Πιο συγκεκριμένα, συντελεί σε αύξηση της φωτοσύνθεσης ως συνέπεια αποτελεσματικότερης φωτοσυνθετικής δραστηριότητας, αύξηση του μεγέθους και του αριθμού των φύλλων, αλλά και αποτελεσματικότερη μετατόπιση φωτοσυνθετικών προϊόντων και αζωτούχων αμινικών ενώσεων στα αναπαραγωγικά όργανα μέσω του φλοιώματος (Cakmak, 2000)

Κατά τη χρήση του στην καλλιέργεια, υπάρχει ανάγκη εξασφάλισης της ισορροπημένης λίπανσης και αποδοτικότητα χρήσης του σε σχέση με τη χορήγηση άλλων θρεπτικών στοιχείων ιδίως του αζώτου και του μαγνησίου. Συνδυαστικά με συγκεκριμένα μικροθρεπτικά έχει δράσει ευεργετικά σε περιπτώσεις καταπονήσεων, γεγονός βαρύνουσας σημασίας κατά την παραγωγική διαδικασία (Römheld & Kirkby, 2010).

Οι αναφερόμενες ελαφρυντικές επιδράσεις συγκεκριμένων μικροθρεπτικών συστατικών που δρουν σε συνδυασμό με το Κ σε διάφορες καταπονήσεις είναι άμεσης σημασίας για την παραγωγή των καλλιεργειών και απαιτεί περαιτέρω έρευνα.

Σε μελέτες για ροδακινιές, όπου έχει προσδιορισθεί η κατάλληλη ενδεικτική δόση εφαρμογής καλίου με εύρος 300-900 g tree⁻¹, αποδείχθηκε πως δόσεις μεταξύ 600 και 700 g tree⁻¹ επέφεραν τη μεγαλύτερη αύξηση παραγωγής και βάρους καρπών (Awasthi, Bhutani, Mankotia, Kaith, & Dev, 1998). Επιπλέον, έχει βρεθεί θετική συσχέτιση μεταξύ δόσης καλίου μέχρι 2,5 kg tree⁻¹ και μεγέθους καρπών μηλιάς (IPI, 2020), καθώς και αχλαδιάς όταν μελετήθηκε εφαρμογή καλίου έναντι σύνθετου φωσφορικού λιπάσματος (Wu, Gao, Kjelgren, Guo, & Wang, 2013). Στην περίπτωση των αχλαδιών, ο ρόλος του καλίου διαφαίνεται και μετασυστακτικά, ιδίως σε ευπαθείς ποικιλίες όπως η "D'Αηίου", όπου ο λόγος Κ:Ca επηρεάζει τη συχνότητα εμφάνισης και έντασης της φέλλωσης των καρπών κατά τη συντήρηση (Brunetto, Bastos de Melo, Toselli, Quartieri, & Tagliavini, 2015).

Το κάλιο είναι επίσης το εργαλείο των παραγωγών για καλύτερο χρωματισμό των ροδάκινων, μήλων, αλλά και για ενίσχυση της αντοχής των φυτών σε περιπτώσεις που παρατηρείται έλλειψη υγρασίας (Στυλιανίδης, Σιμώνης, & Συργιαννίδης, 2002). Διαδραματίζει ουσιαστικό ρόλο στην προσαρμογή της αγωγιμότητας των στοματίων, αφού μπορεί να ελαχιστοποιήσει την απώλεια νερού εξαιτίας της διαπνοής. Με αύξηση της συγκέντρωσης του καλίου στα καταφρακτικά κύτταρα των στοματίων, αυξάνεται η σπαργή προκαλώντας άνοιγμα των στοματίων, ενώ με τον αποκλεισμό του από τα κύτταρα αυτά προκαλείται κλείσιμο των στοματίων (Jáklí, Hauer-Jáklí, Böttcher, & Meyer zur Mühlehorst, 2017). Επιπλέον, η ροή του Κ προς τα καταφρακτικά κύτταρα σε σκοτεινές αντιδράσεις ανοίγει τα στομάτια. Αυτό διεγείρει την πρόσληψη διοξειδίου του άνθρακα στα φύλλα με αποτέλεσμα υψηλότερη αφομοίωση άνθρακα, οπότε και υψηλότερη απόδοση (Engels, Kirkby, & White, 2012).

Για την κατάλληλη ποσότητα χορήγησης καλίου θα πρέπει να λαμβάνονται κατά νου, πέραν των αναλύσεων και των εκροών λόγω συγκομιδής, και η εκτιμώμενη απώλεια κατά την προηγούμενη καλλιεργητική περίοδο λόγω δέσμευσης από την καλλιέργεια αλλά και με τους βλαστούς που αφαιρέθηκαν κατά το κλάδεμα.

Υπάρχουν πολυάριθμες μελέτες που αναφέρονται στο ρόλο του καλίου στην ποιότητα των καλλιεργειών, επισημαίνοντας τη σημασία του, αλλά υπάρχει περιορισμένη ενημέρωση της αγροτικής κοινότητας σχετικά με τα οφέλη της καλιούχου λίπανσης μέσω της εξασφάλισης επάρκειας στα φυτά. Βέβαια, απαιτείται προσοχή στη δόση του καλίου, καθώς επιπλέον ποσότητες έχουν οδηγήσει σε μείωση της παραγωγής και συνεπώς των οικονομικών απολαβών λόγω αυξημένου κόστους εισροών (Römheld & Kirkby, 2010).

1.4 Εισροές - Εκροές

Για να είμαστε σε θέση να προτείνουμε την ορθότερη δυνατή επιλογή λιπασμάτων ή γενικότερα καλλιεργητικών τεχνικών, πρέπει να λαμβάνουμε υπόψιν ορισμένους παράγοντες. Από τους σημαντικότερους είναι η ανάλυση εδάφους, καθώς και η φυλλοδιαγνωστική, αφού μας δίνουν μια πρώτη εικόνα των αναγκών της καλλιέργειας. Στη συνέχεια, υπεισέρχονται στην εξίσωση και δύο ακόμα σημαντικοί παράγοντες, η εκτιμώμενη παραγωγή, καθώς και η ποσότητα των στοιχείων που προστίθεται με το νερό άρδευσης. Ενδεικτικά, αναλύοντας καρπούς αχλαδιάς έχει βρεθεί πως σε κάθε κιλό καρπών που συγκομίσθηκαν περιέχονταν περίπου 1,1 g καλίου και 0,6 g αζώτου (Buwalda & Meekings, 1990). Έτσι υπολογίζουμε την εκτιμώμενη απώλεια των θρεπτικών στοιχείων.

Με το νερό άρδευσης δύναται να χορηγηθεί σημαντική ποσότητα αζώτου και καλίου που μπορεί εύκολα να προσδιοριστεί με χημική ανάλυσή του. Έτσι σε καλλιέργειες με υψηλές υδατικές απαιτήσεις, όπως η αχλαδιά και η ροδακινιά, το νερό άρδευσης πρέπει να λαμβάνεται κατά νου αφού εκτός από την ποσότητα των στοιχείων που προστίθεται, επηρεάζεται η αλατότητα και συνεπώς η εδαφική αγωγιμότητα και η διαθεσιμότητα των στοιχείων στο έδαφος.

Το άζωτο που ανοργανοποιείται από την οργανική ουσία και τα υπολείμματα της αποσύνθεσης στα περισσότερα εδάφη, δε λαμβάνεται πάντα υπόψιν των παραγωγών. Σχετικά με την κατάλληλη δόση αζώτου στην αχλαδιά, δεν είναι πολλά τα στοιχεία που μπορούν να οδηγήσουν σε υιοθέτηση στρατηγικής που αποτρέπει την απώλεια αζώτου στο περιβάλλον, με ταυτόχρονη προώθηση της απόδοσης και της ποιότητας (Sete, et al., 2019). Τα αχλάδια που καλλιεργούνται σε εδάφη με χαμηλή διαθεσιμότητα αζώτου μπορεί να εμφανίζουν μείωση του μεγέθους των φύλλων, η οποία μειώνει το φωτοσυνθετικό ρυθμό, αντανακλώντας σε μικρότερο μέγεθος φρούτων και χαμηλότερη απόδοση. Από την άλλη πλευρά, τα φυτά που υποβάλλονται σε υψηλές δόσεις αζώτου, μπορούν να αυξήσουν τη συγκέντρωσή του μέσα στο φυτό, διεγείροντας τη βλαστική ανάπτυξη, κατά συνέπεια, τη συχνότητα εμφάνισης ασθενειών φυλλώματος και καρπών. Ωστόσο, η πλεονάζουσα ποσότητα μπορεί να αυξήσει τη διάμετρο των φρούτων, προκαλώντας αραίωση της συγκέντρωσης διαλυτών στερεών συστατικών και αύξηση αναπνοής (Sete, et al., 2019).

Στις εκροές ενός αγροοικοσυστήματος συμπεριλαμβάνονται το προϊόν ή τα προϊόντα που παράγονται, αλλά και τα υπολείμματα της καλλιέργειας και του κλαδέματος όταν τα δεύτερα καίγονται. Όταν προτιμάται η ενσωμάτωσή τους, μιλάμε για εισροή αλλά στην περίπτωση αυτή πρέπει να μελετηθεί ο τρόπος ενσωμάτωσης τόσο των υπολειμμάτων του κλαδέματος όσο και των ζιζανίων μετά από κοπή τους. Οι παραγωγοί με τη χρήση στελεχοκόπτη, θρυμματίζουν και εναποθέτουν εντός των οπωρώνων τους βλαστούς που αφαιρούνται με το κλάδεμα, στην προσπάθεια ελαχιστοποίησης των εκροών άνθρακα και ανόργανων θρεπτικών και του εμπλουτισμού του εδάφους με οργανική ύλη. Για τη διαδικασία αυτή όμως απαιτείται η χρήση μηχανικού εξοπλισμού, η χρήση του οποίου εκρέει σημαντική ποσότητα CO₂ στον ατμοσφαιρικό αέρα. Η εναπόθεση των βλαστών έναντι της κομποστοποίησης και αργότερα της ενσωμάτωσής τους, καταλήγει στην οξείδωση ενός μέρους της οργανικής τους ύλης που θα χαθεί στην ατμόσφαιρα.

Εν συνεχεία, η οργανική ύλη υπόκειται στη διαδικασία αποσύνθεσής της και τελικά μετατρέπεται στα επιθυμητά ανόργανα θρεπτικά συστατικά αλλά απομένει μια ποσότητα

σύνθετων οργανικών ενώσεων που δε χαίρουν περαιτέρω αποδόμησης (Murphy, 2015). Οι εναπομένουσες οργανικές ενώσεις αποτελούν το χούμο, που βελτιώνει τις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους και θα αποτελέσει τη βάση για ανάπτυξη νέας βλάστησης αλλά και για ενίσχυση της βιοποικιλότητας στο έδαφος. Οι ετερότροφοι μικροοργανισμοί μέσω της αναπνευστικής διαδικασίας, για την κάλυψη των ενεργειακών τους απαιτήσεων θα μετατρέψουν την οργανική ύλη σε διοξείδιο του άνθρακα το οποίο θα εκλυθεί στην ατμόσφαιρα. Παράλληλα απελευθερώνονται θρεπτικά στοιχεία, κυρίως άζωτο με τη μορφή αμμωνιακών κατιόντων, θείο και φώσφορος (Diacono & Montermurro, 2011).

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η συγκαλλιέργεια ψυχανθών στον οπωρώνα με σκοπό την ενσωμάτωση τους. Τα συμβιωτικά βακτήρια του γένους *Rhizobium* είναι ικανά για το σχηματισμό φυματίων στις ρίζες των ψυχανθών ενισχύοντας την αζωτοδέσμευση και με την ενσωμάτωση των ψυχανθών, ολόκληρο το φυτό θα αποτελέσει πηγή αζώτου για την καλλιέργεια.

Πέραν του υπολογισμού των εισροών και εκροών της καλλιέργειας, ο εγκυρότερος αρωγός είναι η φυλλοδιαγνωστική ανάλυση που καθορίζει το επίπεδο θρέψης του φυτού και μας δίνει μια εικόνα του βαθμού εκμετάλλευσης των μακρο- και μικροθρεπτικών στοιχείων από το έδαφος. Επίσης μέσω της φυλλοδιαγνωστικής μπορούμε να παρακολουθήσουμε και τη διακύμανση των θρεπτικών κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, συντονίζοντας τη λίπανση στις κρίσιμες περιόδους. Βάση της φυλλοδιαγνωστικής, που αναπτύχθηκε από το Lundegardh το 1945 είναι η υπόθεση πως όσο υψηλότερη η συγκέντρωση ενός στοιχείου εντός του φυτού, τόσο υψηλότερη η διαθεσιμότητα του στο έδαφος (Sedberry, 1987). Το γεγονός αυτό δε μας επιτρέπει βέβαια να βασιζόμαστε αποκλειστικά στα αποτελέσματα της φυλλοδιαγνωστικής, αφού είναι πολλοί οι εδαφικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη διαθεσιμότητα και αφομοίωση των θρεπτικών στοιχείων.

Η πιο συνηθισμένη μέθοδος που χρησιμοποιείται παγκοσμίως για την εκτίμηση της κατάστασης του εδάφους, αναφορικά με το κάλιο, ώστε να υπάρχει πιθανότητα απόκρισης στην απόδοση της καλλιέργειας από την προσθήκη λιπασμάτων, είναι η μέτρηση του ανταλλάξιμου καλίου. Όπως αναφέρεται από το Θερίο (2005), η σχέση μεταξύ της ποσότητας ανταλλάξιμου καλίου και της απόδοσης της καλλιέργειας είναι αρκετά στενή.

Το διαθέσιμο για τα φυτά κάλιο, μπορεί να επηρεαστεί από μακροπρόθεσμες αλλαγές που συντελούνται στην ποσότητα ολικού καλίου στο έδαφος. Ένας απλός υπολογισμός δείχνει ότι σε εδάφη με χαμηλή περιεκτικότητα καλίου, όπως τα αμμώδη, μπορεί να συμβεί ταχεία εξάντληση του στοιχείου σε σχετικά σύντομες χρονικές περιόδους, εφόσον η απομάκρυνσή του δε συνοδεύεται από τακτική καλιούχα λίπανση μέσω ανόργανων λιπασμάτων ή με την επαρκή ανακύκλωση των υπολειμμάτων της καλλιέργειας και κοπριάς ή και τα δύο (Römheld & Kirkby, 2010).

Η μελέτη των παραπάνω παραγόντων σε συνδυασμό με τη γνώση της γονιμότητας του εδάφους και των απαιτήσεων της καλλιέργειας είναι αυτά που θα μας οδηγήσουν στη χορήγηση ορθολογικής λίπανσης που θα διασφαλίζει την απαιτούμενη ποιότητα και το μέγιστο δυναμικό παραγωγής (Goh & Haynes, 1983).

Παράλληλα όμως πρέπει να διασφαλίζεται και η αειφορία του εδάφους και γενικότερα των φυσικών πόρων, προσδίδοντας διττό κοινωνικό χαρακτήρα στο έργο των συμβούλων γεωπόνων, όχι μόνο βοηθώντας στην επίλυση του επισιτιστικού προβλήματος αλλά και στην προστασία των φυσικών πόρων.

1.5 Αποτύπωμα άνθρακα

Σύγχρονο και επίκαιρο εργαλείο ένδειξης περιβαλλοντικού αντίκτυπου θεωρείται το αποτύπωμα άνθρακα των προϊόντων ή των υπηρεσιών, η δημοφιλία του οποίου ολοένα και διευρύνεται σε παραγωγικούς κλάδους και χρησιμοποιείται ευρέως ως όρος και διαδικασία από κυβερνήσεις, επιχειρήσεις και τα μέσα ενημέρωσης.

Όλα αυτά στην προσπάθεια αφύπνισης και εξοικείωσης των επιχειρήσεων και των καταναλωτών στον αντίκτυπο των αγαθών στην κλιματική αλλαγή μέσω των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Θέτοντας ως μονάδα μέτρησης τα ισοδύναμα διοξειδίου του άνθρακα, όπου συμπεριλαμβάνονται έξι αέρια που ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου, παρέχεται η δυνατότητα άμεσης και ευνόητης προσέγγισης του θέματος ώστε να αποτελεί το εργαλείο ανάπτυξης περιβαλλοντικής συνείδησης.

Ο ακριβής προσδιορισμός του αποτυπώματος άνθρακα κρίνεται ανέφικτος όταν υπεισέρχονται πολλοί μεταβλητοί και πολυδιάστατοι παράγοντες στην παραγωγική αλυσίδα, οπότε οι μετρήσεις και οι τελικές τιμές διαμορφώνονται προσεγγιστικά. Στην παραγωγική διαδικασία ενός αγροτικού προϊόντος λαμβάνονται υπόψιν όλα τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν. Όλες οι εισροές στην καλλιέργεια, λιπάσματα, φυτοπροστατευτικά προϊόντα, άρδευση, όλα τα εργαλεία και μηχανήματα που χρησιμοποιήθηκαν όχι μόνο κατά την καλλιεργητική περίοδο αλλά και κατά τη συντήρηση και διανομή, και οι υπηρεσίες που αξιοποιήθηκαν ώστε να καταλήξει το προϊόν στον καταναλωτή. Εύκολα αναλογίζεται κανείς την πολυπλοκότητα του υπολογισμού του αποτυπώματος άνθρακα, μονάδα μέτρησης του οποίου έχουν θεσπιστεί τα κιλά ισοδύναμων διοξειδίου του άνθρακα, αλλά αποτελεί εργαλείο αξιολόγησης και οδηγεί στην υιοθέτηση διαφορετικών διαχειριστικών πρακτικών και στην αναζήτηση εναλλακτικών εισροών.

Στις πρακτικές διαχείρισης των οπωρώνων στη σύγχρονη γεωργία και για ιδίως παλαιότερα, συμπεριλαμβάνονταν μέσα (εισροές), που αφορούν προϊόντα με βάση τον άνθρακα αλλά και που για να χρησιμοποιηθούν απαιτείται κατανάλωση ενώσεων άνθρακα (Marland, West, Schlamadinger, & Canella, 2003). Στα βασικά στάδια του κύκλου ζωής των εισροών αυτών, αλλά και στην εφαρμογή τους χρησιμοποιώντας αγροτικά μηχανήματα, απαιτείται η καύση ορυκτών καυσίμων εντείνοντας το φαινόμενο του θερμοκηπίου λόγω των αερίων που εκλύονται.

Πλέον, υπολογίζεται πως το 20% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου οφείλεται στη γεωργία, το οποίο όμως με τη χρήση ορθών πρακτικών διαχείρισης θα μπορούσε να μειωθεί κατά ένα μεγάλο μέρος του (Lal, 2004). Η κατηγοριοποίηση των καλλιεργητικών πρακτικών αναφορικά με τις εκπομπές άνθρακα, περιλαμβάνει τρεις τύπους: τις πρωτεύουσες, δευτερεύουσες και τριτεύουσες πηγές (Gifford, 1984). Στις πρωτεύουσες πηγές εντάσσονται οι εκπομπές άνθρακα που προέρχονται από τη χρήση γεωργικών μηχανημάτων και αντλιών άρδευσης, στις δευτερεύουσες οι προερχόμενες από την παραγωγική διαδικασία και διάθεση των λιπασμάτων και φυτοπροστατευτικών προϊόντων (τυποποίηση, αποθήκευση και διανομή) και στις τριτεύουσες από την κατασκευή εξοπλισμού και κτιρίων ή από την απόκτηση πρώτων υλών (Lal, 2004). Γίνεται εύκολα αντιληπτό πως όσο περισσότερο χρησιμοποιούνται τα μηχανήματα, τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα και τα λιπάσματα, τόσο πιο ενεργοβόρα γίνεται η καλλιέργεια. Για το λόγο αυτό, υιοθετώντας σύστημα ολοκληρωμένης διαχείρισης της καλλιέργειας δε σημαίνει πως εξασφαλίζεται χαμηλή ποσότητα εκπομπών που θα οδηγήσει σε αειφορία.

Σημαντικό ζήτημα αναφορικά με το αποτύπωμα άνθρακα, είναι η αξιοποίησή του ως μέτρο άσκησης περιβαλλοντικής πολιτικής. Σε αυτό το πλαίσιο είναι επιτακτικές οι αλλαγές που θα συντελέσουν στη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, αφού η ανταγωνιστικότητα για την προστασία του περιβάλλοντος ολοένα και θα αυξάνεται και ήδη υπάρχουν ψηφίσματα που υποχρεώνουν την αναγραφή του αποτυπώματος άνθρακα στις ετικέτες των προϊόντων στα ράφια των υπεραγορών.

1.6 Κλιματικές συνθήκες - Καταπονήσεις

Κατά τη διάρκεια μιας καλλιεργητικής περιόδου οι ανάγκες των φυτών μεταβάλλονται ανάλογα με το διαφορετικό στάδιο ανάπτυξης στο οποίο βρίσκεται η καλλιέργεια. Παράγοντες όπως οι κλιματικές συνθήκες επηρεάζουν σημαντικά τις παραγωγικές παραμέτρους της καλλιέργειας και είναι σε θέση να προκαλέσουν επιζήμιες

καταπονήσεις. Ο ανταγωνισμός μεταξύ βλαστικών και αναπαραγωγικών μερών του φυτού, επίσης, είναι δυνατόν να επιφέρει καταπονήσεις όταν δεν υπάρχει η απαραίτητη διαθεσιμότητα ορισμένου παράγοντα, δηλαδή νερού, θρεπτικών στοιχείων, φωτός, αερισμού κ.α.

Σε σχετικό πείραμα, η συσσώρευση αζώτου και ξηράς ουσίας συσχετίστηκε σε μεγάλο βαθμό με το φυτικό και αναπαραγωγικό ιστό ολόκληρων δέντρων, αλλά λιγότερο με τα φύλλα και τα φρούτα μεμονωμένα. Το μεγαλύτερο μέρος του απαραίτητου αζώτου για την ανάπτυξη των καρπών κατά τη διάρκεια της κυτταρικής διαίρεσης προήλθε από κινητοποίηση αζώτου μεταξύ των ιστών του φυτού. Κατά την ίδια περίοδο, η βλαστική ανάπτυξη υποστηρίχθηκε όχι μόνο από την επανακινητοποίηση του στοιχείου αλλά και από την πρόσληψη μέσω του ριζικού συστήματος (Nielsen, Nielsen, Herbert, Guak, & Millard, 2006). Τόσο η συσσώρευση αζώτου όσο και ξηράς ουσίας στους καρπούς ήταν χαμηλή κατά τη διάρκεια της φάσης των κυτταρικών διαιρέσεων σε σχέση με τη συσσώρευση στην κόμη των δέντρων, υποστηρίζοντας την υπόθεση των διαφορετικών κυρίαρχων 'καταναλωτών' (sink) σε διαφορετικά φαινολογικά στάδια. Βλαστοί και καρποί ανταποκρίθηκαν διαφορετικά σε σχέση με το φορτίο της καλλιέργειας (ποσότητα καρπών) και τη διαθεσιμότητα αζώτου (χρονισμός και δόσεις εφαρμογής). Η ανάπτυξη των βλαστών περιορίστηκε από τη χαμηλή διαθεσιμότητα αζώτου και το υψηλό φορτίο καλλιέργειας, έπειτα από την έναρξη της διόγκωσης των κυττάρων των καρπών. Τα δέντρα προσαρμόστηκαν στην έλλειψη πόρων μειώνοντας τον αριθμό των φύλλων παρά τη φυλλική επιφάνεια. Η συνολική ανάπτυξη των καρπών περιορίστηκε κατά τη διαίρεση και διόγκωση των κυττάρων, εξαιτίας του μεγάλου αριθμού καρπών. Εκτός από τη μείωση της συσσώρευσης ξηράς ουσίας, το υψηλό φορτίο καλλιέργειας μείωσε τη διαθεσιμότητα διαλυτών υδατανθράκων σε μεμονωμένους καρπούς. Η διαθεσιμότητα αζώτου δεν επηρέασε την ανάπτυξη των φρούτων, αλλά η περιεκτικότητα σε άζωτο των καρπών ήταν υψηλότερη στα δέντρα που έλαβαν υψηλότερη ποσότητα αζώτου αμέσως μετά τη γονιμοποίηση (Nielsen, Nielsen, Herbert, Guak, & Millard, 2006).

Η έλλειψη νερού κατατάσσεται μεταξύ των πιο κοινών καταπονήσεων των φυτών που θα απασχολήσουν την επιστημονική κοινότητα τα επόμενα χρόνια, οπότε η γνώση της φυσιολογίας των καλλιεργούμενων φυτών και της απόκρισής τους σε υδατικές καταπονήσεις είναι κρίσιμης σημασίας. Για το λόγο αυτό έχουν εκπονηθεί πειραματικές μελέτες και έχουν χρησιμοποιηθεί δείκτες για τον προσδιορισμό της καταπόνησης που μπορεί να προκαλέσει η ξηρασία ή η μειωμένη άρδευση. Χρήσιμο μέτρο εκτίμησης του βαθμού καταπόνησης των δέντρων αποτελεί το υδατικό δυναμικό βλαστού, ευρέως χρησιμοποιούμενο τα τελευταία έτη σε καλλιέργειες όπως η ροδακινιά, η αχλαδιά και η μηλιά, αφού οι τιμές του είναι αξιόπιστοι δείκτες σε περιπτώσεις ήπιων υδατικών καταπονήσεων (Choné, Van Leeuwen, Dubourdieu, & Gaudillière, 2001). Λόγω ξηρασίας ή αλατότητας, η ποσότητα διαθέσιμου νερού περιορίζεται με αποτέλεσμα η άντλησή του από το έδαφος να απαιτεί περισσότερη ενέργεια, ενώ η εμφάνιση συμπτωμάτων υδατικής καταπόνησης σημαίνει πως η ποσότητα ενέργειας που απαιτείται ξεπερνά το υδατικό δυναμικό του φυτού. Σε οπωρώνα ροδάκινων που μελετήθηκε η αντίδραση των φυτών υπό διαφορετικά μοτίβα άρδευσης στο μετασυστατικό στάδιο, εφαρμόστηκαν δόσεις από 50% έως και 190% του μάρτυρα. Συνολικά, το υδατικό δυναμικό βλαστού αντανάκλασε την ποσότητα νερού που εφαρμόστηκε σε κάθε μεταχείριση, αφού όταν εφαρμόστηκε περισσότερη άρδευση παρατηρήθηκε αύξηση της τιμής του, και μάλιστα, οι διαφορές ήταν σημαντικές μεταξύ της μικρότερης και της μεγαλύτερης ποσότητας άρδευσης (Qassim, Goodwin, & Bruce, 2013).

Καταπονήσεις λόγω υψηλών θερμοκρασιών ή ξηρασίας συχνά συμβαίνουν ταυτόχρονα, με αποτέλεσμα τα συμπτώματα που εμφανίζονται να αποδίδονται συχνά και στις δύο, κάτι όμως που δεν αποτελεί κανόνα. Τα φυτά, επίσης, πρέπει να ανταπεξέλθουν σε συνθήκες υψηλής ζέστης σε περιοχές όπου το νερό δεν είναι περιορισμένο, όπου δηλαδή εφαρμόζεται άρδευση. Σε πολλά μέρη του κόσμου, ειδικά σε περιοχές που επικρατούν

εύκρατες συνθήκες, καταπονήσεις λόγω ξηρασίας και υψηλής θερμοκρασίας λαμβάνουν χώρα και επιδρούν από κοινού στον περιορισμό της αγροτικής παραγωγής (Halford, 2009).

Ένα χαρακτηριστικό που σχετίζεται στενά με την ανθεκτικότητα στην ξηρασία είναι η αποδοτικότητα χρήσης νερού (WUE), η οποία είναι η ποσότητα βιομάζας που παράγει ένα φυτό ανά μονάδα νερού που χάνεται λόγω της διαπνοής ή ανά μονάδα νερού που εφαρμόζεται με την άρδευση (Himes, et al., 2020). Η βελτίωση της αποδοτικότητας χρήσης νερού με τη βελτίωση της τεχνολογίας άρδευσης είναι ύψιστη προτεραιότητα για τους καλλιεργητές, ώστε να βελτιώσουν την απόδοση των καλλιεργειών, την ποιότητα των καρπών και την ανταγωνιστικότητά τους στην αγορά. Η στάγδην άρδευση, ως τεχνολογία που μπορεί να διασφαλίσει τόσο την απόδοση όσο και τη βελτίωση της αποδοτικότητας χρήσης νερού, έχει εκτιμηθεί ευρέως από τους επιστήμονες. Διαφορετικές διατάξεις των σωλήνων του συστήματος στάγδην άρδευσης έχουν ποικίλες επιπτώσεις στην κατανάλωση νερού και την απόδοση των οπωροφόρων δένδρων. Μάλιστα, σε νεαρές αχλαδιές, η στάγδην άρδευση με εναλλαγές στην πλευρά άρδευσης, έχει αποδειχθεί ότι αυξάνει την αποδοτικότητα χρήσης νερού κατά 17 – 46%, βελτιώνοντας, ακόμη, την ομοιομορφία της άρδευσης αλλά και την αποδοτικότητα χρήσης νερού στη ζώνη του ριζοστώματος (Yang, Zhang, Li , & Liu, 2013). Ακόμη πιο ενθαρρυντικά είναι τα δεδομένα που αφορούν την υπόγεια στάγδην άρδευση. Σε σχετικό διετές πείραμα σε λεμονιές, αποδείχθηκε ότι σε σύγκριση με την επιφανειακή στάγδην άρδευση, η υπόγεια στάγδην άρδευση θα μπορούσε να εξοικονομήσει 19% νερό χωρίς μείωση της παραγωγής, κάτι που θα μπορούσε να βελτιώσει την αποδοτικότητα χρήσης νερού και την αποφυγή καταπόνησης λόγω έλλειψης νερού (Robles, Botia, & Perez-perez, 2016).

Πέραν αυτών των δεικτών, η μέτρηση της θερμοκρασίας της κόμης με τη χρήση θερμόμετρων υπέρυθρων έδειξε ενθαρρυντικά αποτελέσματα στην αναγνώριση της καταπόνησης λόγω ελλειμματικής άρδευσης σε οπωρώνες. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων θερμοκρασίας της κόμης του οπωρώνα αξιολογήθηκαν βάσει δεικτών, συγκεκριμένα του υδατικού δυναμικού του βλαστού και του δείκτη υδατικής καταπόνησης, εμφανίζοντας συσχέτιση μεταξύ διαφοράς θερμοκρασίας και ποσότητας άρδευσης (Wang & Gartung, 2010).

Σε όλους τους τύπους των καταπονήσεων αποδίδεται πληθώρα άμεσων και έμμεσων επιδράσεων στη φυσιολογία των φυτών. Πέραν των επιδράσεων που αφορούν μειωμένη παραγωγικότητα και ανάπτυξη, η φυσιολογική λειτουργία του γηρασμού των φύλλων δύναται να ενταθεί και να επιταχυνθεί εξαιτίας καταπονήσεων. Το φαινόμενο του γηρασμού των φύλλων είναι μια αναπτυξιακά προγραμματισμένη εκφυλιστική διαδικασία και αποτελεί το τελικό στάδιο του κύκλου ζωής τους. Ο πολυπαραγοντικός έλεγχός του, τόσο φυσιολογικός όσο και περιβαλλοντικός, περιλαμβάνει μια εξαιρετικά ρυθμιζόμενη διατεταγμένη σειρά γεγονότων, όπου περιλαμβάνονται η διακοπή της φωτοσύνθεσης, η αποδόμηση χλωροπλαστών, η διάσπαση των πρωτεϊνών των φύλλων, η απώλεια της χλωροφύλλης και η απομάκρυνση των αμινοξέων. Επακόλουθο της αποδόμησης των μακρομορίων είναι η κινητοποίησή τους προς άλλα μέρη του φυτού (Buchanan-Wollaston, 1997). Η αποδόμηση των χλωροπλαστών αποτελεί από τις σημαντικότερες υδρολυτικές διεργασίες αφού είναι η πιο σημαντική πηγή επανακινητοποίησης θρεπτικών συστατικών, με κύριο πρωταγωνιστή το άζωτο, αλλά και επειδή με την αποδόμησή τους προκαλείται μείωση του φωτοσυνθετικού δυναμικού των φύλλων (Krupinska, 2007). Ο ρυθμός αναπνοής μειώνεται σταδιακά ή είναι σταθερός κατά τη διάρκεια της πρώιμης γήρανσης και στη συνέχεια εμφανίζει μια κλιμακτική αύξηση που ακολουθείται από μια έντονη πτώση (Kozłowski & Pallardy, 1997). Επιπρόσθετα, εκτεταμένη περίοδος ξηρασίας συντελεί στη μείωση της περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη λόγω επιταχυνόμενης αποδόμησής της καθώς και σε βλάβες των μεμβρανών στα καταπονημένα φύλλα τα οποία εισέρχονται σε πρόωρο γηρασμό (Ma, Zhang, Burgess, Rossi, & Huang, 2018). Γίνεται εύκολα αντιληπτό, λοιπόν, ότι η έλλειψη αζώτου, ο περιορισμένος φωτισμός αλλά και η καταπόνηση λόγω ξηρασίας

αποτελούν εφελτήριο του γηρασμού των φύλλων διαταράσσοντας τον κύκλο ζωής των φυτών.

Σκοπός της εργασίας ήταν η παρακολούθηση της αποτελεσματικότητας της ορθολογικής λίπανσης και της μη άρδευσης μετασυλλεκτικά στη φυσιολογία καταπόνησης, στη λειτουργία των φύλλων και στην παραγωγή και ποιότητα καρπών σε ροδακινιές και αχλαδιές.

2. Υλικά και Μέθοδοι

2.1 Περιγραφή αγροτεμαχίων

Στα πλαίσια της παρούσας διατριβής διενεργήθηκαν πειράματα σε τρεις οπωρώνες της πεδινής περιοχής του Τυρνάβου.

Ο οπωρώνας 1 (ΟΠ1) αποτελείται από αχλαδιές ποικιλίας «Κρυστάλλι» εμβολιασμένες σε υποκείμενο EM A. Εκτείνεται σε 7 στρέμματα και τα δέντρα είναι 8 ετών, σε πλήρη παραγωγικότητα. Οι αποστάσεις φύτευσης είναι 3,8 m μεταξύ των γραμμών και 3 m επί της γραμμής σε ανοικτό σύστημα παλμέτας. Άρδευονται με χρήση ιδιόκτητης γεώτρησης παροχής $25 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ και σύστημα στάγδην άρδευσης με δύο σταγόνες ανά δέντρο που παρέχουν 8 L h^{-1} .

Στον οπωρώνα 2 (ΟΠ2) είναι φυτεμένες αχλαδιές ποικιλίας “Santa Maria” σε υποκείμενο BA29 και βρίσκονται στο τέταρτο έτος ανάπτυξής τους. Ο αγρός έχει έκταση 17 στρεμμάτων και τα δέντρα είναι διαμορφωμένα σε κεντρικό άξονα με αποστάσεις 1,5 m μεταξύ των δέντρων και 3,8 m μεταξύ των γραμμών. Εφαρμόζεται στάγδην άρδευση με παροχή 8 L h^{-1} και σε κάθε δέντρο υπάρχουν δύο σταλάκτες, ενώ η γεώτρηση είναι η ίδια με τον ΟΠ1.

Ο τρίτος οπωρώνας (ΟΠ3) 8 στρεμμάτων απαρτίζεται από δωδεκαετείς ροδακινιές ποικιλίας “Maria Bianca”, λευκόσαρκη ποικιλία με ιδιαίτερη ευαισθησία καρπών κατά τη συγκομιδή. Τα δέντρα απέχουν μεταξύ τους 5 m, ενώ οι σειρές 6 m και μιλάμε για κυπελλοειδή διαμόρφωση με τέσσερις κεντρικούς βραχίονες. Με το υπάρχον σύστημα στάγδην άρδευσης, σε κάθε δέντρο αντιστοιχούν οκτώ σταλακτήρες με παροχή 8 L h^{-1} και το σύστημα τροφοδοτεί γεώτρηση παροχής $45 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$.

Η διαχείριση του οπωρώνα έγινε σε πλαίσια συμβατικών μεταχειρίσεων, τόσο η φυτοπροστασία, όσο και η λίπανση, με ιδιαίτερη μνεία από τον παραγωγό στη διαφυλλική λίπανση κυρίως στους οπωρώνες ΟΠ1 και ΟΠ2. Στις συνήθεις πρακτικές του παραγωγού δεν συμπεριλαμβανόταν η προσθήκη αζώτου στη βασική λίπανση των οπωρώνων ΟΠ1 και ΟΠ2 παρά μόνο στον οπωρώνα ΟΠ3. Τα λιπάσματα χορηγούνταν με υδρολίπανση και στους τρεις οπωρώνες πέραν της βασικής του ΟΠ3. Σε όλους τους οπωρώνες εφαρμόζοταν τυπικό χειμερινό κλάδεμα αλλά και θερινό με στόχο την αποφυγή σκίασης. Οι βλαστοί που αφαιρούνταν, παρέμεναν στον αγρό και με τη χρήση στελεχοκόπτη θρυμματίζονταν με σκοπό την ελαχιστοποίηση των εκροών και συμβάλλοντας στην προσπάθεια ενίσχυσης της οργανικής ουσίας. Παρόμοια ήταν και η συμβολή της ζιζανιοκτονίας μεταξύ των γραμμών με τη χρήση στελεχοκόπτη πέντε ή έξι φορές ανά καλλιεργητική περίοδο, ενώ επί των γραμμών εφαρμόζοταν ζιζανιοκτόνα επαφής και διασυστηματικά κατά μέσο όρο τέσσερις φορές το έτος. Όσον αφορά την ωρίμανση των καρπών, πρώτα συγκομίζεται ο ΟΠ3 περί τις αρχές Ιουλίου και έπονται τέλος Ιουλίου ο ΟΠ2 και τις πρώτες μέρες του Αυγούστου ο ΟΠ1. Η συγκομιδή πραγματοποιείται και στους τρεις οπωρώνες με το χέρι με χρήση μηχανικών μέσων ανύψωσης των εργατών στους οπωρώνες ΟΠ1 και ΟΠ2.

2.2 Μεταχειρίσεις

2.2.1 Αχλάδια Κρυστάλλι ΟΠ1

Το πρόγραμμα λίπανσης του παραγωγού δε διέφερε μεταξύ του ΟΠ1 και του ΟΠ2. Οι καλλιεργούμενες ποικιλίες έχουν κοινά χαρακτηριστικά και περίοδο συγκομιδής και μεταχειρίζονται με τον ίδιο τρόπο. Αναλυτικότερα οι τύποι και ποσότητες λιπασμάτων κατά την καλλιεργητική περίοδο της μελέτης – πρόγραμμα παραγωγού:

Ιανουάριος: ο παραγωγός εφάρμοσε βασική λίπανση αποτελούμενη από θειικό Κ, 20 κιλά στο στρέμμα, δηλαδή 10 kg K στρ⁻¹ και 3,6 kg S στρ⁻¹ αλλά και οργανική ουσία με χουμικά οξέα επίσης 20 kg στρ⁻¹. Στη συνέχεια χορηγήθηκε υπερφωσφορικό περίπου 8 kg στρ⁻¹ δηλαδή 4 kg P στρ⁻¹.

Μάρτιος: γύρω από την περίοδο της άνθισης έγιναν τέσσερις ψεκασμοί με διαφυλλικά λιπάσματα Β, Ζη, υδρολυμένης πρωτεΐνης, χαρπίνης, Ν και αμινοξέων συνεισφέροντας 0,02 kg N στρ⁻¹, 3 g Β στρ⁻¹ και 5 g Ζη στρ⁻¹.

Απρίλιος: διαφυλλική εφαρμογή 2,5 L tn⁻¹ σκευάσματος Ca με σύνθεση 10% Ν και 14,7% Ca και υδρολίπανση με μικρές ποσότητες θειικό Mg, χλωριούχο Κ, φωσφοροκάλιο, νιτρικό ασβέστιο από μέσα Απριλίου έως και τέλη Μαΐου.

Μάιος: με υδρολίπανση χορηγήθηκαν 10-15 κιλά νιτροθειικής αμμωνίας που ισοδυναμεί σε 3,3 kg Ν στρ⁻¹ και 3,6 kg S στρ⁻¹, και διαφυλλικό σκεύασμα Κ με σύνθεση 0-31,5-52 σε ποσότητα 2,5 kg tn⁻¹ (0,1 kg Ρ στρ⁻¹, 0,16 kg Κ στρ⁻¹). Επίσης επαναλήφθηκε διαφυλλική εφαρμογή 2,5 L tn⁻¹ σκευάσματος Ca με σύνθεση 10 % Ν και 14,7 % Ca.

Ιούνιος: το τελευταίο δεκαήμερο έγινε ψεκασμός διαφυλλικού λιπάσματος σύνθεσης 9-0-6 +12 % CaO + 0,1 % Β σε δόση 2,5 L tn⁻¹ (που αναλογεί σε 0,03 kg Ν στρ⁻¹, 0,016 kg Ρ στρ⁻¹, 0,013 kg Κ στρ⁻¹).

Σεπτέμβριος: διαφυλλικός ψεκασμός με σκεύασμα Β και Ζη ενισχύοντας με 37,5 g Β στρ⁻¹ και 175 g Ζη στρ⁻¹.

Στα πλαίσια του πειράματος, εφαρμόστηκε επιπλέον ποσότητα Ν ίση με 5 μονάδες κατά το μήνα Μάρτιο με τη μορφή ασβεστούχου νιτρικής αμμωνίας (26-0-0) δηλαδή 19 kg στρ⁻¹.

Πίνακας 2.1 Συνολική ποσότητα χορήγησης των τριών μακροθρεπτικών στοιχείων Ν, Ρ, Κ και μεταβολή μεταξύ Μάρτυρα και Ορθολογικής λίπανσης σε αχλαδιές ποικ. Κρυστάλλι του οπωρώνα ΟΠ1.

Παράμετρος	Μάρτυρας	Ορθολογική	Μεταβολή (%)
Ν εφαρμόστηκε (kg/στρ)	8,35	3,35	-60
Ρ εφαρμόστηκε (kg/στρ)	3,8	3,8	0
Κ εφαρμόστηκε (kg/στρ)	10,39	10,39	0

2.2.2 Αχλάδια Santa Maria ΟΠ2

Ιανουάριος: ο παραγωγός εφάρμοσε βασική λίπανση αποτελούμενη από θειικό Κ, 20 κιλά στο στρέμμα, δηλαδή 10 kg Κ στρ⁻¹ και 3,6 kg S στρ⁻¹, αλλά και οργανική ουσία με χουμικά οξέα επίσης 20 kg στρ⁻¹. Στη συνέχεια χορηγήθηκε υπερφωσφορικό περίπου 8 kg στρ⁻¹ δηλαδή 4 kg Ρ στρ⁻¹.

Μάρτιος: γύρω από την περίοδο της άνθισης έγιναν τέσσερις ψεκασμοί με διαφυλλικά λιπάσματα Β, Ζη, υδρολυμένης πρωτεΐνης, χαρπίνης, Ν και αμινοξέων συνεισφέροντας 0,02 kg Ν στρ⁻¹, 3 g Β στρ⁻¹ και 5 g Ζη στρ⁻¹.

Απρίλιος: διαφυλλική εφαρμογή 2,5 L tn⁻¹ σκευάσματος Ca με σύνθεση 10% Ν και 14,7% Ca και υδρολίπανση με μικρές ποσότητες θειικό Mg, χλωριούχο Κ, φωσφοροκάλιο, νιτρικό ασβέστιο από μέσα Απριλίου έως και τέλη Μαΐου.

Μάιος: με υδρολίπανση χορηγήθηκαν 10-15 κιλά νιτροθειικής αμμωνίας που ισοδυναμεί σε 3,3 kg Ν στρ⁻¹ και 3,6 kg S στρ⁻¹, και διαφυλλικό σκεύασμα Κ με σύνθεση 0-31,5-52 σε ποσότητα 2,5 kg tn⁻¹ (0,1 kg Ρ στρ⁻¹, 0,16 kg Κ στρ⁻¹). Επίσης επαναλήφθηκε διαφυλλική εφαρμογή 2,5 L tn⁻¹ σκευάσματος Ca με σύνθεση 10% Ν και 14,7% Ca.

Ιούνιος: το τελευταίο δεκαήμερο έγινε ψεκασμός διαφυλλικού λιπάσματος σύνθεσης 9-0-6 +12 % CaO + 0,1 % Β σε δόση 2,5 L tn⁻¹ που αναλογεί σε 0,03 kg Ν στρ⁻¹, 0,016 kg Ρ στρ⁻¹, 0,013 kg Κ στρ⁻¹).

Σεπτέμβριος: διαφυλλικός ψεκασμός με σκεύασμα Β και Ζη ενισχύοντας με 37,5 g Β στρ⁻¹ και 175 g Ζη στρ⁻¹.

Στα πλαίσια του πειράματος, εφαρμόστηκε επιπλέον ποσότητα Ν ίση με 5 μονάδες κατά το μήνα Μάρτιο με τη μορφή ασβεστούχου νιτρικής αμμωνίας (26-0-0) δηλαδή 19 kg στρ⁻¹ και στις αρχές Σεπτεμβρίου έγινε διαφυλλικός ψεκασμός με 20 kg tn⁻¹ ουρία (46-0-0) και με 5 kg tn⁻¹ φωσφορικό μονοαμμώνιο (12-61-0). Η συνολική επιπρόσθετη ποσότητα Ν ανήλθε σε 3,77 kg στρ⁻¹, ενώ Ρ σε 0,4 kg στρ⁻¹.

Πίνακας 2.2 Συνολική ποσότητα χορήγησης των τριών μακροθρεπτικών στοιχείων Ν, Ρ, Κ και μεταβολή μεταξύ Μάρτυρα και Ορθολογικής λίπανσης σε αχλαδιές ποικ. Santa Maria του οπωρώνα ΟΠ2.

Παράμετρος	Μάρτυρας	Ορθολογική	Μεταβολή (%)
Ν εφαρμόστηκε (kg/στρ)	8,35	4,58	-45
Ρ εφαρμόστηκε (kg/στρ)	3,8	4,2	+10
Κ εφαρμόστηκε (kg/στρ)	10,4	10,4	0

2.2.3 Ροδάκινα Maria Bianca ΟΠ3

Το πρόγραμμα εφαρμογών που ακολούθησε ο παραγωγός διέφερε τόσο χρονικά όσο και ποιοτικά ως προς τις εφαρμογές λιπασμάτων. Στο χρονοδιάγραμμα παρουσιάζεται η προσέγγιση του παραγωγού:

Ιανουάριος: ο παραγωγός εφάρμοσε 50 kg βασικής λίπανσης τύπου 12-17-17 στο στρέμμα, δηλαδή 6 kg Ν στρ⁻¹, 8,5 kg Ρ στρ⁻¹ και 8,5 kg Κ στρ⁻¹.

Μάρτιος - Απρίλιος: γύρω από την περίοδο της άνθισης έγιναν τρεις ψεκασμοί με διαφυλλικά πλήρη λιπάσματα, σκευάσματα με Β και Ζη και αμινοξέων συνεισφέροντας 15 g Β στρ⁻¹ και 15 g Ζη στρ⁻¹.

Μάρτιος – Ιούνιος: από το στάδιο του καρπιδίου κι έπειτα έγιναν τέσσερις διαφυλλικές εφαρμογές με 2 L tn⁻¹ σκευάσματος Ca (14,7% Ca) και υδρολίπανση με ουρία και 20-20-20 προσθέτοντας συνολικά 4 kg N στρ⁻¹ και 2kg K στρ⁻¹.

Η λιπαντική αγωγή που ακολουθήθηκε στα πλαίσια του πειράματος αναλύεται ως εξής:

Ιανουάριος: εφαρμόστηκε βασική λίπανση αποτελούμενη από θειικό Κ, 12 κιλά στο στρέμμα, δηλαδή 6,24 kg K στρ⁻¹ και 5,4 kg S στρ⁻¹ αλλά και οργανική ουσία με χουμικά / φουλβικά 10 g tree⁻¹.

Μάρτιος: κατά το φούσκωμα των ανθέων έγιναν διαφυλλικοί ψεκασμοί στους οποίους είχαν προστεθεί 1,5 L tn⁻¹ B, 1,5 L tn⁻¹ Zn και 5 kg tn⁻¹ φωσφορικό μονοαμμώνιο (MAP) (12-61-0). Με την έναρξη της ανθοφορίας τα φυτά ψεκάστηκαν με 1,5 L tn⁻¹ B και 5 kg tn⁻¹ MAP, συνεισφέροντας 0,15 kg N στρ⁻¹, 0,76 kg P στρ⁻¹, 56 g B στρ⁻¹ και 131 g Zn στρ⁻¹.

Απρίλιος: στην πτώση των πετάλων έγινε υδρολίπανση με νιτρικό ασβέστιο (16,5-0-0 + 26,5 Ca) και 3,3 kg στρ⁻¹ MAP, έτσι προστέθηκαν 2,4 kg N στρ⁻¹, 2 kg P στρ⁻¹, και 3,4 kg Ca στρ⁻¹.

Απρίλιος – Ιούνιος: από το στάδιο του καρπιδίου κι έπειτα έγιναν τέσσερις διαφυλλικές εφαρμογές με 2 L tn⁻¹ σκευάσματος Ca (14,7% Ca), αλλά και υδρολίπανση με ουρία και 20-20-20 προσθέτοντας συνολικά 4 kg N στρ⁻¹ και 2 kg K στρ⁻¹.

Σεπτέμβριος: στις αρχές Σεπτεμβρίου έγινε διαφυλλικός ψεκασμός με 20 kg tn⁻¹ ουρία (46-0-0) και με 10 kg tn⁻¹ MAP. Η συνολική επιπρόσθετη ποσότητα N ανήλθε σε 2,06 kg στρ⁻¹, ενώ P σε 0,76 kg στρ⁻¹. Στο ψεκαστικό διάλυμα περιλαμβάνονταν επίσης 2 L tn⁻¹ σκευάσματος B και 2 L tn⁻¹ σκευάσματος Zn ενισχύοντας με 37,5 g B στρ⁻¹ και 175 g Zn στρ⁻¹.

Πίνακας 2.3 Συνολική ποσότητα χορήγησης των τριών μακροθρεπτικών στοιχείων N, P, K και μεταβολή μεταξύ Μάρτυρα και Ορθολογικής λίπανσης σε ροδακινιές ποικ. Maria Bianca του οπωρώνα ΟΠ3.

Παράμετρος	Παραγωγός	Ορθολογική	Μεταβολή (%)
N εφαρμόστηκε (kg/στρ)	10	7,84	-22
P εφαρμόστηκε (kg/στρ)	8,5	3,52	-58
K εφαρμόστηκε (kg/στρ)	10,5	8,24	-22

2.2.4 Φυλλοδιαγνωστική Ανάλυση

Κατά το μήνα Ιούλιο συλλέχθηκαν φύλλα από τις δύο μεταχειρίσεις σε καθέναν από του τρεις οπωρώνες. Από κάθε δένδρο συλλέχθηκαν 10 υγιή φύλλα από τις δύο πλευρές του και σε ύψος περίπου 1,5-2,0 m από το έδαφος. Η δειγματοληψία έγινε σε όλα τα δέντρα των μεταχειρίσεων και τα δείγματα στάλθηκαν για ανάλυση στο εργαστήριο της Agrolab-RDS με έδρα τη Θεσσαλονίκη.

2.3 Διαφορική άρδευση

Η εκτίμηση της καταπόνησης της διαφορικής άρδευσης στο μετασυλλεκτικό στάδιο βασίστηκε σε δύο μεταχειρίσεις έξι επαναλήψεων, την ξηρική και την αρδευόμενη. Στα ξηρικά, η άρδευση διακόπηκε από τις 2 Σεπτεμβρίου 2019, ενώ στην αρδευόμενη συνεχίστηκε σύμφωνα με το πρόγραμμα του παραγωγού.

2.3.1 Αχλάδια Κρυστάλλι ΟΠ1

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις πεδίου για την αξιολόγηση χαρακτηριστικών των φύλλων στις 9, 12 και 19 Σεπτεμβρίου 2019 για τον ΟΠ1. Πιο αναλυτικά, ο λόγος Fv/Fm μετρήθηκε στις 9 και 18 Σεπτεμβρίου. Τα T1-T3, CWSI και ΥΔΒ μετρήθηκαν στις 9, 12 και 18 Σεπτεμβρίου, συγκεκριμένα τα T1-T3 και CWSI μετρήθηκαν στο πάνω και κάτω μέρος της κόμης. Δες επεξηγήσεις κατωτέρω.

2.3.2 Αχλάδια Santa Maria ΟΠ2

Η διακοπή της άρδευσης στον ΟΠ2 έγινε από τις 3 Σεπτεμβρίου. Οι μετρήσεις αφορούν τους ίδιους δείκτες με αυτούς του ΟΠ1. Εξαιτίας βλάβης στο όργανο μετρήσεων, αποτελέσματα για το λόγο Fv/Fm θα παρουσιαστούν μόνο στις 10 Σεπτεμβρίου. Τα T1-T3, CWSI και ΥΔΒ μετρήθηκαν στις 10, 13 και 19 Σεπτεμβρίου. Οι μετρήσεις για τα T1-T3 και CWSI έλαβαν χώρα στο πάνω και κάτω μέρος της κόμης.

2.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΥΛΛΩΝ

2.4.1 Μετρήσεις στον αγρό

2.4.1.1 Μέτρηση της θερμοκρασίας κόμης (T_c) με θερμική κάμερα

Η μέτρηση της θερμοκρασίας της κόμης (T_c) των δένδρων έγινε με τη θερμική κάμερα FLIR TG167 με χαρακτηριστικά:

IR ανάλυση: 80 x 60 pixels

Εύρος φάσματος: 8 – 14 μm

ϵ : συντελεστής εκπομπής με εύρος τιμών ανάλογα με το υλικό

Ελάχιστη απόσταση εστίασης: 0,1 m

Ελάχιστη απόσταση μέτρησης: 26 cm

Χρωματικές παλέτες: Θερμό σίδηρο, ουράνιο τόξο και γκρι

Οι μετρήσεις θερμοκρασίας της κόμης (T_c) με τη θερμική κάμερα υλοποιούνταν στις 12:00 το μεσημέρι, ο συντελεστής εκπομπής, ϵ , ορίστηκε $\epsilon = 0,95$ και για τη λήψη των τιμών γινόταν τοποθέτηση της κάμερας κάθετα στην κόμη και σε απόσταση 2 m από τη φωτιζόμενη πλευρά. Η μέτρηση της T_c έγινε σε δύο επίπεδα της κόμης ανά δένδρο για κάθε μεταχείριση και πιο συγκεκριμένα στο επάνω μέρος της καρποφόρας ζώνης του δένδρου, $T_{c,επάνω}$, ύψος >1,5 m, και στο κάτω μέρος της καρποφόρας ζώνης, $T_{c,κάτω}$, ύψος <1,5 m. Σε κάθε επίπεδο γινόταν λήψη της θερμοκρασίας τριών φύλλων, T_1 , T_2 και T_3 και στη συνέχεια λαμβανόταν ο μέσος όρος των τριών φύλλων ($T1-T3$) ανά επίπεδο που αντιπροσώπευαν τις $T_{c,επάνω}$ και $T_{c,κάτω}$.

Έγιναν επίσης μετρήσεις θερμοκρασίας αρδευόμενου υγρού εδάφους κάτω από την κόμη και ξηρού εδάφους σε φωτιζόμενη και σε σκιαζόμενη περιοχή.

2.4.1.2 Μέτρηση του Δείκτη Υδατικής Καταπόνησης Καλλιέργειας (CWSI)

Ο CWSI συσχετίζεται με το υδατικό δυναμικό του φύλλου. Βασίζεται στις μεταβολές της θερμοκρασίας των φύλλων σε σχέση με την υδατική τους κατάσταση. Ο CWSI παίρνει τιμές από 0 έως 1, η τιμή 0 σημαίνει όχι υδατική καταπόνηση και η τιμή 1 μέγιστη υδατική καταπόνηση.

Ο δείκτη υδατικής καταπόνησης μίας καλλιέργειας εκφράζεται ως εξής (Jones, 1999):

$$CWSI = \frac{(T_{canopy} - T_{wet})}{(T_{dry} - T_{wet})}$$

Όπου:

T_c είναι η θερμοκρασία κόμης ($^{\circ}\text{C}$),

T_{wet} είναι η ελάχιστη θερμοκρασία όπου μπορεί να φτάσει η κόμη της καλλιέργειας ($^{\circ}\text{C}$), και

T_{dry} είναι η μέγιστη θερμοκρασία όπου μπορεί να φτάσει η κόμη της καλλιέργειας ($^{\circ}\text{C}$).

Οι μετρήσεις των T_c , T_{wet} και T_{dry} έγιναν με τη χρήση της θερμικής κάμερας. Οι θερμοκρασίες T_{wet} και T_{dry} είναι θερμοκρασίες αναφοράς και βρίσκονται στο ίδιο περιβάλλον με την T_c . Η T_{wet} αναφέρεται σε πλήρως διαπνέον φύλλο και η T_{dry} σε φύλλο με απόλυτα κλειστά στομάτια. Η T_{wet} λαμβάνεται μετά από πλήρη διαβροχή με νερό ενός φύλλου 15-20 sec πριν τη μέτρηση. Η T_{dry} λαμβάνεται μετά από πλήρη κάλυψη ενός φύλλου με βαζελίνη 20-30 min πριν τη μέτρηση, οπότε επιτυγχάνεται τεχνητά κλείσιμο των στοματιών. Για τον υπολογισμό του CWSI, στο πρώτο δένδρο και στο τελευταίο δένδρο της κάθε μεταχείρισης επιλεγόταν ένα φύλλο για τη μέτρηση της T_{dry} και ένα φύλλο για τη μέτρηση της T_{wet} και τελικά λαμβανόταν ο μέσος όρος των δύο δένδρων για τον υπολογισμό του CWSI. Οι T_c , επάνω και T_c , κάτω λαμβανόταν ανά δένδρο όπως αναφέρθηκε παραπάνω, και ακολουθούσε ο υπολογισμός του CWSI επάνω και CWSI κάτω. Όσο υψηλότερη είναι η τιμή του CWSI, τόσο πιο καταπονημένη είναι η κόμη.

2.4.1.3 Μετρήσεις υδατικού δυναμικού βλαστού το μεσημέρι (ΥΔΒ)

Οι μετρήσεις υδατικού δυναμικού βλαστού το μεσημέρι γίνονταν με το φορητό όργανο μέτρησης του υδατικού δυναμικού βλαστού, (Plant Moisture Measurements, Skye Instruments Ltd, Wells, Powys, UK). Το όργανο διαθέτει θάλαμο πίεσης (pressure bomb) και συνδέεται με μία φιάλη που περιέχει φυσικό αέρα σε πίεση. Για τη μέτρηση αυτή γινόταν μία προετοιμασία των προς μέτρηση φύλλων από τον αγρό που επιτρέπει να εξισωθεί το υδατικό δυναμικό του φύλλου με αυτό του βλαστού. Πιο συγκεκριμένα η μέτρηση αυτή γινόταν στις 12:00 με 14:00 σε δεκαέξι φύλλα (2 φύλλα ανά δέντρο/επανάληψη) ανά μεταχείριση. Η προετοιμασία που γινόταν αφορούσε την επιλογή αναπτυγμένων φύλλων κοντά σε κεντρικό βλαστό του δένδρου τα οποία καλύπτονταν με αλουμινόχαρτο για πλήρη σκίαση και παρέμεναν σε πλήρη σκίαση για δύο ώρες. Στη συνέχεια αποκόπτονταν τα φύλλα από το δένδρο και τοποθετούνταν σε πλαστικά σακουλάκια για να αποφευχθεί όποια απώλεια νερού. Ακολουθούσε μέτρηση του ΥΔΒ με τη χρήση του οργάνου. Σε κάθε φύλλο, πριν τη μέτρηση, κοβόταν ελάχιστα ο μίσχος και στη συνέχεια το φύλλο εισερχόταν στο θάλαμο πίεσης, ενώ μόνο ο μίσχος παρέμενε εκτός. Στη συνέχεια γινόταν εισαγωγή αέρα στο θάλαμο, με τη βοήθεια της φιάλης, με ταυτόχρονη παρακολούθηση του μίσχου του φύλλου με τη βοήθεια μεγεθυντικού φακού. Μόλις γινόταν διακριτή μία σταγόνα νερού στο μίσχο σταματούσε η εισαγωγή αέρα και καταγραφόταν η πίεση που αναπτύχθηκε στο θάλαμο πίεσης εκφρασμένη σε MPa. Όσο πιο αρνητική γίνεται η τιμή, τόσο πιο καταπονημένο είναι το φυτό.

2.4.1.4 Μετρήσεις φθορισμού χλωροφύλλης

Η μέτρηση φθορισμού χλωροφύλλης πραγματοποιήθηκε με το φορητό όργανο OS-30P (model OS-30p, Ortisciences Inc., Tyngsboro, MA). Η μέτρηση αυτή γινόταν για να εκτιμηθεί η καταπόνηση των φύλλων. Για τις μετρήσεις αυτές επιλέχθηκαν δέκα τυχαία φύλλα από κάθε μεταχείριση, πλήρως φωτιζόμενα. Η μέτρηση γινόταν σε δύο επαναλήψεις των πέντε φύλλων ανά μεταχείριση. Τα φύλλα που επιλέχθηκαν ήταν υγιή και καλά ανεπτυγμένα. Οι μετρήσεις φθορισμού πραγματοποιούνταν 11:00-12:00.

Η μέτρηση γίνονταν σε δύο επαναλήψεις των οκτώ φύλλων ανά μεταχείριση (ένα φύλλο/δέντρο * δύο φορές, ανά μισή ώρα. Κάθε φορά που γινόταν η μέτρηση φθορισμού χλωροφύλλης, τοποθετούνταν στα φύλλα ειδικά κλιπς, που διαθέτουν ειδική υποδοχή που ανοίγει και κλείνει για την τοποθέτηση του ανιχνευτή του οργάνου. Για να πραγματοποιηθεί η μέτρηση, τα κλιπς τοποθετούνταν με κλειστή την υποδοχή για 30 min στα φύλλα ώστε να είναι στο σκοτάδι η συγκεκριμένη περιοχή του φύλλου. Αμέσως μετά τα 30 min άνοιγε η υποδοχή του κλιπ και τοποθετούνταν αμέσως ο ειδικός ανιχνευτής του οργάνου, γινόταν έκθεση της σκοτεινής περιοχής σε κορεσμένο φως διέγερσης στα 660 nm, μετριόταν ο φθορισμός χλωροφύλλης σε μήκος κύματος >700 nm και καταγράφονταν οι παράμετροι F_o ,

Fm και Fv/Fm. Όσο απομακρύνεται η τιμή Fv/Fm από τη μονάδα, τόσο πιο καταπονημένο είναι το φυτό.

2.4.2 Μετρήσεις στο εργαστήριο

Μετά τις πιο πάνω μετρήσεις, έξι επαναλήψεις φύλλων (δέκα φύλλα ανά επανάληψη) ανά μεταχείριση συλλέχθηκαν από το μέσο των ετήσιων βλαστών περιμετρικά της κόμης του κάθε δένδρου, τοποθετήθηκαν σε πλαστικά σακουλάκια και μεταφέρθηκαν στο Εργαστήριο Δενδροκομίας. Ακολούθησαν οι εξής μετρήσεις:

2.4.2.1 Χαρακτηριστικά φύλλου

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις του ποσοστού % της ξηράς ουσίας του φύλλου (% ΞΟ), του ειδικού βάρους φύλλου (ΕΒΦ) και της περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη.

Για τη μέτρηση του ποσοστού % της ξηράς ουσίας του φύλλου (% ΞΟ), από τα έξι φύλλα της κάθε επανάληψης λαμβάνονταν δώδεκα δίσκοι ελάσματος φύλλου με διακορευτή διαμέτρου 9,3 mm, ζυγίζονταν σε ζυγό ακριβείας 4 δεκαδικών (model ALS 220-4, Kern & Sohn GMBH, Balingen, Germany), και λαμβανόταν το νωπό τους βάρος (NB), στη συνέχεια ξηραίνονταν σε φούρνο στους 80 °C μέχρι οι δίσκοι με απλή πίεση να θρυμματίζονται. Οι ξηροί δίσκοι ζυγίζονταν και λαμβανόταν το ξηρό βάρος (ΞΒ). Έπειτα γινόταν υπολογισμός του ποσοστού % ΞΟ του φύλλου με τον τύπο $\% \text{ ΞΟ} = [(ΞΒ)/(NB)] \times 100$. Το ΕΒΦ φύλλου υπολογίστηκε από τον τύπο $\text{ΕΒΦ} = (ΞΒ)/(\text{επιφάνεια } 12 \text{ δίσκων})$ και εκφράστηκε σε g m^{-2} . Για τον υπολογισμό της χλωροφύλλης εφαρμόστηκε η αναλυτική μέθοδος που περιγράφεται από τους Wintermans and Mots (1965). Από τα έξι φύλλα της κάθε επανάληψης αφαιρέθηκαν με τον ίδιο τρόπο όπως ανωτέρω, έξι δίσκοι ελάσματος φύλλου διαμέτρου 6 mm (μικρότερος διακορευτής), ζυγίστηκαν και τοποθετήθηκαν σε screw top δοκιμαστικό σωλήνα που περιείχε 15 mL αιθανόλης 95 %. Στη συνέχεια διατηρήθηκαν για μία ώρα στους 80 °C μέχρι τα ελάσματα να αποχρωματιστούν πλήρως. Μετά τον αποχρωματισμό οι σωλήνες παρέμειναν σε σκοτεινό χώρο για να ψυχθούν. Έπειτα ανακινήθηκαν σε vortex για καλύτερη 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. Ακολούθησε ο υπολογισμός της περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη a (χλωρ. a) και b (χλωρ. b) σε $\mu\text{g mL}^{-1}$ αιθανόλης σύμφωνα με τις εξισώσεις: $\text{χλωρ. a} = 13,7 \cdot A_{665} - 5,76 \cdot A_{649}$, $\text{χλωρ. b} = 25,8 \cdot A_{649} - 7,6 \cdot A_{665}$ και στη συνέχεια εκφράστηκαν σε mg m^{-2} φύλλου. Ακολούθησε ο υπολογισμός της ολικής χλωροφύλλης (Ολική χλωρ.) (Ολική χλωρ.=χλωρ. a+χλωρ. b) και του λόγου της χλωροφύλλης a προς τη χλωροφύλλη b (χλωρ. a/χλωρ. b) (Wintermans & Mots, 1965).

2.4.2.2 Μέτρηση της υδατικής κατάστασης των φύλλων

Για τη μέτρηση της υδατικής κατάστασης των φύλλων λαμβάνονταν από τα έξι φύλλα της κάθε επανάληψης δέκα δίσκοι ελάσματος φύλλου με διακορευτή διαμέτρου 9,3 mm, ζυγίζονταν σε ζυγό ακριβείας 4 δεκαδικών, καταγραφόταν το νωπό τους βάρος (NB) και στη συνέχεια γινόταν εμβάπτιση των δίσκων σε τριβλία με απιονισμένο νερό. Οι δίσκοι ζυγίζονταν ανά μισή ώρα (συνολικά περίπου 4 ώρες) και μετά από τη σταθεροποίηση του βάρους τους καταγραφόταν το κορεσμένο βάρος (KB). Στη συνέχεια, οι δίσκοι τοποθετήθηκαν σε φούρνο στους 80 °C για διάστημα περίπου 24 ωρών μέχρι θρυμματισμού των δίσκων με απλή πίεση προκειμένου να καταγραφεί το ξηρό βάρος τους (ΞΒ). Έπειτα γινόταν υπολογισμός της αρχικής περιεκτικότητας των φύλλων σε νερό ως ποσοστό % του νωπού βάρους (NB) (% ΠΕΡΝΕαρχ.), $\text{ΠΕΡΝΕαρχ.} = (NB - ΞΒ) \times 100 / (NB)$, της περιεκτικότητας των φύλλων σε νερό ως ποσοστό % του βάρους των φύλλων στον κορεσμό (KB), $\text{ΠΕΡΝΕκορ.} = (KB - ΞΒ) \times 100 / (KB)$, της σχετικής περιεκτικότητας των φύλλων σε νερό – (ΣΧΠΕΡΝΕ, relative water content RWC):

$$\Sigma\chi\pi\epsilon\rho\eta = \frac{NB - \Xi B}{KB - \Xi B} \times 100\%$$

Και του ελλείμματος κορεσμού νερού - (ΕΛΚΟΡ, water saturation deficit WSD):

$$ΕΛΚΟΡ = 100 - \Sigma\chi\pi\epsilon\rho\eta\%$$

Όσο μειώνεται το RWC και αυξάνεται το WSD, τόσο εντονότερη είναι η καταπόνηση των φυτών.

2.5 Μετρήσεις Ποιότητας Καρπών

Η μέτρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών έγινε σε οκτώ επαναλήψεις των έξι καρπών ανά μεταχείριση.

2.5.1 Βάρος καρπού

Το βάρος των καρπών προσδιορίστηκε με ζύγιση στην ηλεκτρονική ζυγαριά Kern με 2 δεκαδικά (model EW 600-ZM, Balingen, Germany).

2.5.2 Χρώμα φλοιού

Η μέτρηση του χρώματος του φλοιού των καρπών έγινε με το χρωματόμετρο Minolta (Model CR-400, Minolta Ltd, Osaka, Japan). Η μέτρηση του χρώματος έγινε σύμφωνα με το σύστημα μέτρησης CIELAB (CIE 1976, L*, a*, b*). Πραγματοποιήθηκαν και στις δύο περιπτώσεις δύο μετρήσεις, αντιδιαμετρικά, στον ισημερινό του κάθε καρπού του δείκτη φωτεινότητας L* και των παραμέτρων a* και b* και υπολογίστηκε ο μέσος όρος. Ακολούθησε υπολογισμός των παραμέτρων του χρώματος της καθαρότητας C* (Chroma) και της απόχρωσης Hue.

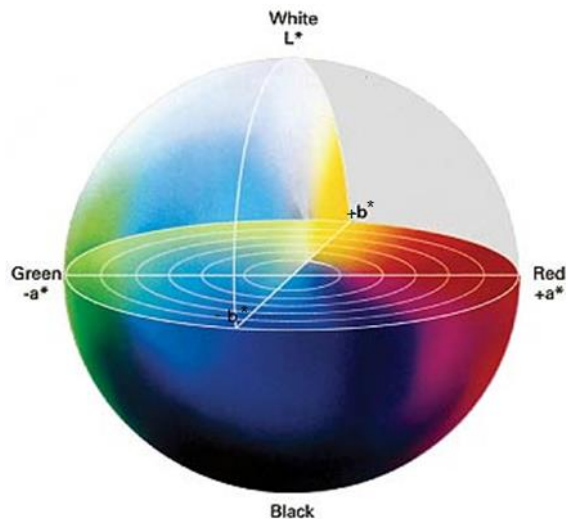
Οι παράμετροι χρώματος L*, a* και b* τοποθετούν το χρώμα σε ένα τρισδιάστατο ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων, όπου το L* είναι κάθετο στο επίπεδο που σχηματίζουν τα a* και b*. Η παράμετρος φωτεινότητας L* κυμαίνεται από μαύρο L*=0 έως λευκό L*=100. Το a* τοποθετείται στον οριζόντιο άξονα και το b* στον κατακόρυφο. Το χρώμα στο σημείο a*=0, b*=0 είναι άχρωμο (γκρι). Στον οριζόντιο άξονα, 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 (Εικ. 2.1). Σε συνδυασμό οι παράμετροι C* και Hue δίνουν το ακριβές, πραγματικό χρώμα στους έγχρωμους καρπούς. Ο υπολογισμός των παραμέτρων αυτών γίνεται από τις παρακάτω εξισώσεις

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

$$\text{Hue} = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

Το C* είναι μία παράμετρος ανάλογη με την ένταση του χρώματος από το γκρι μέχρι το έγχρωμο. Όσο πιο μεγάλο είναι το C*, τόσο πιο καθαρό χρώμα έχει ο καρπός.

Η γωνία Hue εκφράζει την απόχρωση (Hue=0° εκφράζει το κόκκινο-μωβ, Hue=90° εκφράζει το κίτρινο, Hue=180° το μπλε-πράσινο και Hue=270° το μπλε) (McGuire 1992).



Εικόνα 2.1. Ο τρισδιάστατος ομοιόμορφος χρωματικός χώρος CIELAB

2.5.3 Σκληρότητα σάρκας καρπού

Η μέτρηση της σκληρότητας σάρκας του καρπού πραγματοποιήθηκε με ηλεκτρονικό πενετρόμετρο Turoni (53205 Digital Fruit Pressure Tester, Forli, Italy) μετά από αφαίρεση του φλοιού και στις δύο πλευρές του καρπού. Για τα αχλάδια χρησιμοποιήθηκε έμβολο διαμέτρου 11 mm. Οι μετρήσεις που καταγράφηκαν από το όργανο αντιστοιχούσαν σε Kg.

2.5.4 Περιεκτικότητα σε διαλυτά στερεά συστατικά του χυμού, ΔΣΣ (%)

Λήφθηκαν δύο αντιδιαμετρικά τμήματα καρπού (σάρκα και φλοιός), από τον ποδίσκο ως τη βάση του καρπού, από κάθε καρπό της επανάληψης και μετά τη χυμοποίησή τους μετρήθηκε ανά επανάληψη η περιεκτικότητα των διαλυτών στερεών συστατικών, ΔΣΣ (%) με επιτραπέζιο ηλεκτρονικό διαθλασίμετρο ATAGO (Pocket Refractometer Pal-1, Tokyo, Japan).

2.5.5 pH του χυμού

Η μέτρηση του pH πραγματοποιήθηκε στον πιο πάνω χυμό με πεχάμετρο Hanna Instruments (HI 9024 pH meter, Woonsocket, RI, USA).

2.5.6 Οξύτητα χυμού

Η οξύτητα του χυμού μετρήθηκε με τιτλοδότηση αραιωμένου χυμού (1:10) με 0,1 N NaOH μέχρι pH=8,2 και εκφράστηκε, με χρήση κατάλληλου συντελεστή, σε ποσοστό (%) περιεκτικότητας μηλικού οξέος.

2.5.7 Λόγος της περιεκτικότητας σε διαλυτά στερεά συστατικά του χυμού προς οξύτητα, ΔΣΣ/οξύτητα

Ο λόγος της περιεκτικότητας σε διαλυτά στερεά συστατικά του χυμού προς οξύτητα, ΔΣΣ / οξύτητα, υπολογίστηκε αφού μετρήθηκαν τα ΔΣΣ (%) και η οξύτητα του χυμού των καρπών.

2.5.8 Ξηρά ουσία (%)

Για τη μέτρηση του ποσοστού % της ξηράς ουσίας, ζυγίστηκε το νωπό βάρος έξι τεμαχίων καρπών από τους έξι καρπούς της κάθε επανάληψης. Έπειτα τοποθετήθηκαν στο φούρνο στους 80 °C και, αφού ξηράνθηκαν, ζυγίστηκε το ξηρό βάρος. Στη συνέχεια υπολογίστηκε το ποσοστό % της ξηράς ουσίας.

2.5.9 Μετρήσεις της περιεκτικότητας σε ολικά φαινολικά συστατικά και της αντιοξειδωτικής ικανότητας των καρπών

2.5.9.1 Προετοιμασία εκχυλίσματος

Για τον ποσοτικό προσδιορισμό της περιεκτικότητας των καρπών σε ολικά φαινολικά συστατικά και της αντιοξειδωτικής τους ικανότητας, χρησιμοποιήθηκαν τέσσερις επαναλήψεις των έξι καρπών. Δείγμα 5 g σάρκας και φλοιού ομογενοποιήθηκαν με 25 mL μεθανόλης. Ακολούθησε φυγοκέντρηση στις 4000g for 10 min και στο υπερκείμενο έγινε ποσοτικός προσδιορισμός της περιεκτικότητας των καρπών σε ολικά φαινολικά συστατικά και της αντιοξειδωτικής τους ικανότητας.

2.5.9.2 Μέτρηση της περιεκτικότητας των καρπών σε ολικά φαινολικά συστατικά

Ο προσδιορισμός των ολικών φαινολικών των καρπών πραγματοποιήθηκε με κάποιες μετατροπές της μεθόδου που περιγράφηκε αρχικά από τους Swain and Hillis (1959) και στηρίζεται στο γεγονός ότι τα ολικά φαινολικά, κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες ανάλυσης, αντιδρούν με το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu και σχηματίζουν ένα έγχρωμο (κυανό) σύμπλοκο με μέγιστο απορρόφησης στα 760 nm. Ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης των ολικών φαινολικών έγινε σε 2 mL εκχυλίσματος (όπως αναφέρθηκε πιο πάνω). Σε δοκιμαστικό σωλήνα προστέθηκαν τα 2 mL του εκχυλίσματος, 2 mL απιονισμένου νερού και 10 mL από αραιωμένο με νερό (1:10) διάλυμα Folin-Ciocalteu συγκέντρωσης 2 N. Ακολούθησε ανακίνηση με Vortex για μερικά δευτερόλεπτα. Μετά από 30 δευτερόλεπτα έως 8 λεπτά προστέθηκαν 8 mL διαλύματος 1 N Na₂CO₃, έγινε ανακίνηση με το Vortex και τα δείγματα παρέμειναν για μία ώρα στους 30 °C στο σκοτάδι. Ακολούθησε η μέτρηση της απορρόφησης φωτός στα 760 nm σε φασματοφωτόμετρο OPTIZEN POP (UV/VIS Spectrophotometer, Mecasys Co., Ltd). Τα αποτελέσματα των μετρήσεων εκφράστηκαν σε mg γαλλικού οξέος ανά 100 g v.β. καρπού. Η πρότυπη καμπύλη αναφοράς έγινε με μέτρηση της απορρόφησης διαλυμάτων γνωστής συγκέντρωσης γαλλικού οξέος που προέκυψαν από αραιώσεις πυκνού διαλύματος γαλλικού οξέος (5 mg mL⁻¹).

2.5.9.3 Μέτρηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας των καρπών

Η μέτρηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας των καρπών (σάρκας και φλοιού) πραγματοποιήθηκε με δύο μεθοδολογίες α) με τη μέθοδο της ελεύθερης ρίζας DPPH και β) με τη δοκιμή FRAP.

2.5.9.4 Η μέθοδος της ελεύθερης ρίζας DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)

Η συνολική αντιοξειδωτική ικανότητα που προσδιορίζεται με τη μέθοδο της ελεύθερης ρίζας DPPH βασίζεται στην τροποποιημένη μέθοδο του Brand-Williams et al. (1995). Η μέθοδος βασίζεται στην ικανότητα αλληλεπίδρασης των αντιοξειδωτικών μορίων με τη ρίζα DPPH. Η ρίζα DPPH είναι μία σταθερή ρίζα, έχει μωβ χρώμα και απορροφά στα 517nm. Όταν προστεθεί μια ουσία με αντιοξειδωτική δράση τότε η ρίζα ανάγεται και η αναγωγή της ρίζας έχει ως αποτέλεσμα, την μεταβολή του χρώματος του διαλύματος, από μωβ σε κίτρινο, μεταβολή, που είναι ανάλογη της συγκέντρωσης της αντιοξειδωτικής ουσίας και την αντίστοιχη μείωση της οπτικής απορρόφησης στα 517nm. Η μεταβολή της απορρόφησης προσδιορίζεται φασματοφωτομετρικά. Για τη μέτρηση τοποθετήθηκαν σε δοκιμαστικό σωλήνα 100 μL από το μεθανολικό εκχύλισμα και 2900 μL DPPH συγκέντρωσης 100 μM. Κατόπιν ανακίνησης των δειγμάτων με vortex, τα δείγματα τοποθετήθηκαν στο σκοτάδι για 30 min ακριβώς και αμέσως μετά μετρήθηκε η απορρόφηση τους στα 517 nm με το φασματοφωτόμετρο OPTIZEN POP (UV/VIS Spectrophotometer, Mecasys Co., Ltd) έναντι μάρτυρα (100 μL μεθανόλη και 2900 μL DPPH). Η αντιοξειδωτική ικανότητα του εκχυλίσματος εκτιμήθηκε με βάση την πρότυπη καμπύλη αναφοράς του L-ασκορβικού οξέος και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν ως ισοδύναμα μmol L-ασκορβικού οξέος ανά g v.β. καρπού.

2.5.9.5 Δοκιμή αναγωγής του τρισθενούς σιδήρου (Ferric ion Reducing Antioxidant Power, FRAP)

Η αντιοξειδωτική ικανότητα (Ferric Reducing Antioxidant Power, FRAP) του εκχυλίσματος σάρκας και φλοιού των καρπών πραγματοποιήθηκε σύμφωνα τη μέθοδο αναγωγής του τρισθενούς σιδήρου (Benzie και Strain, 1996). Σε όξινες συνθήκες τα εκχυλίσματα έχουν την ικανότητα να ανάγουν τον Fe^{+3} σε Fe^{+2} παρουσία 2,4,6-Tris(2-pyridyl)-s-triazine (TPTZ), με αποτέλεσμα να σχηματίζεται το έγχρωμο σύμπλοκο Fe^{+2} -TPTZ μπλε χρώματος που απορροφά στα 593 nm. Για τη μέτρηση, 2950 μ L φρέσκου διαλύματος εργασίας FRAP (300 mM ρυθμιστικού διαλύματος οξικού οξέος pH=3,6, 10 mM 2,4,6-Tris(2-pyridyl)-s-triazine σε 40 mM HCl και 20 mM τριχλωριούχου σιδήρου σε αναλογία 10:1:1) αναμείχθηκαν με 50 μ L εκχυλίσματος, επωάστηκαν στους 37 °C για 4 min σε υδατόλουτρο και κατόπιν μετρήθηκε η απορρόφηση του μίγματος στα 593 nm με το φασματοφωτόμετρο OPTIZEN POP (UV/VIS Spectrophotometer, Mecasys Co., Ltd). Η αντιοξειδωτική ικανότητα του εκχυλίσματος εκτιμήθηκε με βάση την πρότυπη καμπύλη του L-ασκορβικού οξέος και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν ως ισοδύναμα μ mol L-ασκορβικού οξέος ανά g v.β. καρπού.

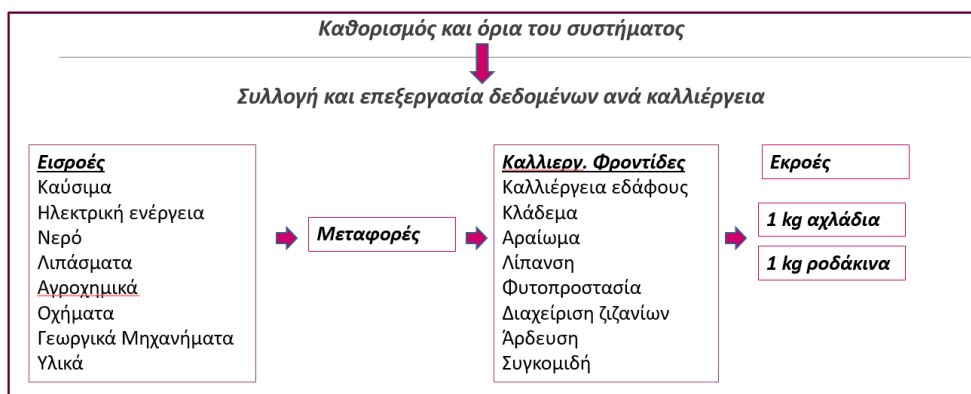
2.6 Στατιστική επεξεργασία

Η Ανάλυση της Παραλλακτικότητας των αποτελεσμάτων έγινε με το στατιστικό πακέτο SPSS (SPSS Statistics for Windows, Version 26.0, IBM Corp., Armonk, NY, USA). Για τις μετρήσεις ποιότητας, της περιεκτικότητας σε ολικά φαινολικά συστατικά και της αντιοξειδωτικής ικανότητας των καρπών ως παράγοντας χρησιμοποιήθηκε η ορθολογική λίπανση, για τις μετρήσεις των χαρακτηριστικών των φύλλων ως παράγοντες χρησιμοποιήθηκαν η ορθολογική λίπανση, η ελλειμματική άρδευση και ο χρόνος. Η σύγκριση των μέσων όρων έγινε με τα κριτήρια της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς και με τη δοκιμή πολλαπλού εύρους Duncan για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$. Για τη δημιουργία των πρότυπων καμπυλών αναφοράς χρησιμοποιήθηκε το Microsoft Excel 2007.

2.7 Αποτύπωμα Άνθρακα Παρόντος Τρόπου Καλλιέργειας

Πραγματοποιήθηκε ανάλυση σε εκπομπές ισοδυνάμων διοξειδίου του άνθρακα (CO_2e) όλων των εισροών που εφαρμόζει ο παραγωγός για τις καλλιέργειες αχλαδιάς και ροδακινιάς στην περιοχή του Τυρνάβου Λάρισας για να εκτιμηθεί το περιβαλλοντικό κόστος καλλιέργειας και να προταθούν μετρήσιμες βελτιώσεις στις καλλιεργητικές πρακτικές με σκοπό τη μείωση των εκπομπών CO_2e στην ατμόσφαιρα σε επίπεδο καλλιέργειας. Στην εικόνα 2.2 παρουσιάζεται συνοπτικά η μεθοδολογία υπολογισμού του αποτυπώματος άνθρακα ανά κιλό παραγόμενου προϊόντος για τις καλλιέργειες της αχλαδιάς και της ροδακινιάς. Για την ανάλυση των εκπομπών CO_2e χρησιμοποιήθηκε σχετική βιβλιογραφία. Για τον υπολογισμό των εκπομπών CO_2e για κάθε καλλιεργητική εργασία τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν, τα καύσιμα, τα μηχανήματα και τα βοηθητικά μέσα (σκάλες, κλούβες, κ.λπ.) για τις ώρες λειτουργίας τους μετατράπηκαν σε CO_2e με κατάλληλους συντελεστές μετατροπής από τη βιβλιογραφία (Πίνακες 2.4 και 2.5). Κατόπιν, υπολογίσθηκαν οι εκπομπές CO_2e ανά στρέμμα για κάθε καλλιεργητική εργασία και εκμετάλλευση. Τέλος, χρησιμοποιήθηκε η παραγωγή καρπών, για να υπολογιστεί η ένταση εκπομπών CO_2e , δηλαδή η ποσότητα CO_2e που εκπέμφθηκε ανά μονάδα προϊόντος (κιλό αχλαδιών και κιλό ροδάκινων).

Μεθοδολογία υπολογισμού του αποτυπώματος άνθρακα ανά κιλό παραγόμενου προϊόντος για τις καλλιέργειες αχλαδιά και ροδακινιά



Υπολογίστηκε η ένταση εκπομπών CO₂e, δηλ. η ποσότητα CO₂e που εκπέμφθηκε ανά μονάδα προϊόντος (kg CO₂e kg⁻¹)

Εικόνα 2.2 Μεθοδολογία υπολογισμού του αποτυπώματος άνθρακα ανά κιλό παραγόμενου προϊόντος για τις καλλιέργειες της αχλαδιάς και της ροδακινιάς

Πίνακας 2.4 Ισοδύναμα εκπομπών διοξειδίου (CO₂e) του άνθρακα από ενσωματωμένη ενέργεια στα μηχανήματα της παρούσας έρευνας (τα ισοδύναμα έχουν βρεθεί είτε ανά kg προϊόντος είτε ανά MJ ενέργειας για την παραγωγή κάποιου προϊόντος)

Μηχανήματα	Μονάδα	Βάρους	Διάρκεια χρήσιμης ζωής (h)	Πηγή	Συντελεστές (kg CO ₂ unit ⁻¹)	Πηγή
Γεωργικός ελκυστήρας 80 hp	h	3450	15 έτη και 1100 h/έτος	Alonso & Guzmán, 2010	2,11	
Καταστροφέας	kg	1100	2000	Alonso & Guzmán, 2010	7,2	Wells 2001
Υδραυλική σκάλα	kg	800	5000	Alonso & Guzmán, 2010	7,2	Wells 2001
Λιπασματοδιανομέας	kg	200	2000	Alonso & Guzmán, 2010	7,2	Wells 2001
Ψεκαστικό	kg	250	2000	Alonso & Guzmán, 2010	7,2	Wells 2001
Καταστροφέας για ζιζανιοκτονία	kg	500	2000	Alonso & Guzmán, 2010	7,2	Wells 2001
Ψαλίδι	h				0,05 * 0,08	Genitsariotis et al. 2000 (adapted), Wells 2001
Λάστιχο	hm				0,092 * 0,08	Pimentel et al. 1973, Fluck 1985, Wells 2001
Κομπρεσέρ	h				4,8 * 0,08	(Genitsariotis et al. 1996) (adapted)

Σκάλες	h				0,17 * 0,08	Fluck and Baird, 1982 (adapted)
Κουβάδες	h				0,085 * 0,08	Jarach 1985 (adapted)
Κλούβες	h				0,085 * 0,08	Jarach 1985 (adapted)

Πίνακας 2.5 Ισοδύναμα εκπομπών διοξειδίου (CO_{2e}) του άνθρακα των εισροών της παρούσας έρευνας

Αντικείμενο	Μονάδα	Συντελεστές (kg CO ₂ unit ⁻¹)	Πηγή
Λιπάσματα			
Άζωτο	kg	1,2	Lal 2004
Φώσφορος	kg	0,2	Lal 2004
Κάλιο	kg	0,15	Lal 2004
Ασβέστιο	kg	0,16	Lal 2004
Θείο	kg	0,3	Wells 2001
Ουρία ως N	kg	3,2	Snyder et al. 2009
Νιτρική αμμωνία ως N	kg	9,7	Snyder et al. 2010
Θειική αμμωνία	kg	0,25	
Παρασιτοκτόνα			
Ζιζανιοκτόνα	kg	6,3	Lal 2004
Roundup	kg	9,1	Lal 2004
Εντομοκτόνα	kg	5,1	Lal 2004
Μυκητοκτόνα	kg	3,9	Lal 2004
Διαφυλλικό	MJ	0,24	
11-15-15	kg	1,1	Lal 2004
Βιολογικά μυκητοκτόνα			
Βορδιγάλιος πολτός	kg	1,2	Wells 2001
Βιολογικά εντομοκτόνα			
Πετρέλαιο	MJ	0,08	IPCC, Wells 2001
Βενζίνη	MJ	0,076	IPCC, Wells 2001
Λιπαντικά	MJ	0,04	IPCC, Wells 2001
Μηχανήματα εργαλεία	/ MJ	0,08	Wells 2001
Ηλεκτρισμός	MJ	0,06	Wells 2001
1GJ		20,15	Boustead & Hancock, 1979, Lal 2004

2.7.1 Συλλογή δεδομένων

Οι καλλιεργητικές τεχνικές των καλλιεργειών αχλαδιά και ροδακινιά αποκτήθηκαν μέσω προσωπικής συνέντευξης και της συμπλήρωσης ερωτηματολογίων, προκειμένου να ληφθούν λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με τις τεχνικές διαχείρισης, τους τύπους μηχανημάτων και τις εισροές που χρησιμοποιήθηκαν.

2.7.1.1 Καλλιεργητικές πρακτικές που εφαρμόζει ο παραγωγός ανά καλλιέργεια και παραδοχές

2.7.1.1.1 Κλάδεμα

Για το κλάδεμα ο παραγωγός χρησιμοποιεί αεροψάλιδο με κομπρεσέρ το οποίο είναι είτε ενσωματωμένο στην πλατφόρμα είτε αυτόνομο. Αρχικά κλαδεύει από εδάφους έως τα 2 m ύψος και στη συνέχεια χρησιμοποιεί την πλατφόρμα στην καλλιέργεια της αχλαδιάς ή μόνο σκάλες για την καλλιέργεια της ροδακινιάς. Για τον υπολογισμό των εκπομπών CO₂e θεωρήθηκε ότι το κλάδεμα γίνεται με ψαλίδι, τις μισές ώρες κλαδέματος χρησιμοποιείται το κομπρεσέρ και για τις μισές ώρες χρήσης του κομπρεσέρ απαιτείται λειτουργία του γεωργικού ελκυστήρα στο ρελαντί.

2.7.1.1.2 Αραιώμα

Το αραιώμα στη ροδακινιά αρχικά γίνεται από εδάφους έως τα 2 m ύψος και στη συνέχεια χρησιμοποιούνται σκάλες κατά την υπόλοιπη διάρκεια του αραιώματος γιατί είναι διαμορφωμένες σε κύπελλο.

2.7.1.1.3 Θερινό κλάδεμα

Για την καλλιέργεια της αχλαδιάς θεωρήθηκε ότι το θερινό κλάδεμα γίνεται από εδάφους έως τα 2 m ύψος και στη συνέχεια χρησιμοποιείται η πλατφόρμα. Για την καλλιέργεια της ροδακινιάς που είναι διαμορφωμένη σε κύπελλο θεωρήθηκε ότι χρησιμοποιούνται σκάλες κατά το μισό χρόνο θερινού κλαδέματος. Επίσης θεωρήθηκε ότι κατά το μισό χρόνο του θερινού κλαδέματος χρησιμοποιείται ψαλίδι χειρός ενώ τον υπόλοιπο με τα χέρια.

2.7.1.1.4 Λίπανση

Η λίπανση γίνεται με βασικά λιπάσματα στο έδαφος με λιπασμοδιανομέα, και με υδατοδιαλυτά για υδρολίπανση και διαφυλλικά. Για τον υπολογισμό των εκπομπών CO₂e υπολογίστηκαν χωριστά οι μονάδες ανά θρεπτικό που εφαρμόζονται στο έδαφος και οι ποσότητες λιπασμάτων που εφαρμόζονται διαφυλλικά. Οι διαφυλλικές εφαρμογές θεωρήθηκε ότι γίνονται μαζί με τις εφαρμογές για τη φυτοπροστασία με εξαίρεση τις εφαρμογές Ca και ZnO που γίνονται ξεχωριστά. Για όσα λιπάσματα δεν ήταν γνωστό το ενεργειακό περιεχόμενο και είναι ορυκτά θεωρήθηκε ότι έχουν εκπομπές CO₂e ίδιες με το φώσφορο. Στην περίπτωση των οργανικών λιπασμάτων θεωρήθηκε ότι έχουν εκπομπές CO₂e ίδιες με την κοπριά. Επίσης το CaCl₂ εντάχθηκε στα φυτοπροστατευτικά προϊόντα και όχι στη λίπανση. Για την εφαρμογή του βασικού λιπάσματος προσμετρήθηκαν και τα δρομολόγια με το αγροτικό αυτοκίνητο για τη μεταφορά των λιπασμάτων. Επίσης οι διαδρομές που γίνονται για την υδρολίπανση θεωρήθηκε ότι συνδυάζονται με την άρδευση και δεν λήφθηκαν υπόψη.

2.7.1.1.5 Ζιζανιοκτονία

Για την αντιμετώπιση των ζιζανίων γίνεται χημική ζιζανιοκτονία επί της γραμμής και κοπή των ζιζανίων με καταστροφέα μεταξύ των γραμμών. Συνήθως χρησιμοποιούνται τα ζιζανιοκτόνα Basta 15 SL και RoundUp.

2.7.1.1.6 Άρδευση

Οι διαδρομές που γίνονται για την άρδευση θεωρήθηκε ότι συνδυάζονται με άλλες εργασίες του αγρού και προσμετρήθηκαν μόνο οι μισές διαδρομές.

2.7.1.1.7 Φυτοπροστασία

Από τα ημερολόγια φυτοπροστασίας των παραγωγών υπολογίστηκαν ο συνολικός αριθμός εφαρμογών που γίνονται και υπολογίστηκαν οι αποστάσεις που διανύει ο παραγωγός, και οι ποσότητες των φυτοπροστατευτικών που εφαρμόζονται στη μέγιστη επιτρεπόμενη δόση επί της συσκευασίας. Για τον υπολογισμό των εκπομπών CO₂e τα φυτοπροστατευτικά διαχωρίστηκαν σε εντομοκτόνα-ακαρεοκτόνα, μυκητοκτόνα, χαλκούχα μυκητοκτόνα, ενώ οι φυτορρυθμιστικές ουσίες που εφαρμόστηκαν προστέθηκαν στα εντομοκτόνα.

2.7.1.1.8 Συγκομιδή

Η συγκομιδή γίνεται από εδάφους έως τα 2 m ύψος και έπειτα χρησιμοποιείται πλατφόρμα. Στη ροδακινιά θεωρήθηκε ότι χρησιμοποιούνται σκάλες. Τα βοηθητικά μέσα (σκάλες, κλούβες, κ.λπ.) για τις ώρες λειτουργίας τους μετατράπηκαν σε CO₂e. Η χρήση των κλουβών θεωρήθηκε μόνο όση ήταν η διάρκεια συγκομιδής.

2.7.1.1.9 Κατανάλωση καυσίμου

Για τις μετακινήσεις του ο παραγωγός έχει αγροτικό αυτοκίνητο 151 hp.

Οι παραγωγός διαθέτει γεωργικό ελκυστήρα 80 hp.

Οι μεταφορές των συγκομιζόμενων φρούτων γίνονται με φορτηγό.

Σε όλες τις εργασίες προσμετράται και ο χρόνος που κάνει ο παραγωγός από την οικία ως τον αγρό με το αγροτικό αυτοκίνητο ή με το γεωργικό ελκυστήρα ή και με τα δύο.

Σύμφωνα με τη συνέντευξη του παραγωγού, ο γεωργικός ελκυστήρας διανύει περίπου 30 km h⁻¹ σε ασφαλτοστρωμένο δρόμο, ενώ κατά τις καλλιεργητικές εργασίες διανύει περίπου 8 km h⁻¹. Επίσης, το αγροτικό αυτοκίνητο διανύει περίπου 70 km h⁻¹ σε ασφαλτοστρωμένο δρόμο, ενώ σε αγροτικό διανύει περίπου 30 km h⁻¹, και θεωρούμε μέση ταχύτητα 50 km h⁻¹. Για τις εργασίες όπως είναι το κλάδεμα, το αραιώμα, η λίπανση με λιπασματοδιανομέα και η συγκομιδή, όταν απαιτείται γεωργικός ελκυστήρας, από την οικία έως τον αγρό μετακινείται και το αγροτικό αυτοκίνητο είτε για τη μεταφορά ανθρώπινου δυναμικού είτε για τη μεταφορά λιπασμάτων.

Θεωρούμε ότι το φορτηγό που μεταφέρει τα φρούτα στον χώρο παραλαβής διανύει 40 km h⁻¹.

Για την κατανάλωση καυσίμου θεωρήθηκε ότι το αγροτικό αυτοκίνητο και το φορτηγό καταναλώνουν 7,8 L ανά 100 km. Ο γεωργικός ελκυστήρας θεωρήθηκε ότι καταναλώνει 6,5 L h⁻¹ καλλιεργητικής εργασίας, ενώ κατά τις διαδρομές από και προς τον αγρό υπολογίστηκε ότι καταναλώνει 12,527 L h⁻¹ διαδρομής. Η κατανάλωση καυσίμων για μηχανές πετρελαίου είναι περίπου 0,35 L h⁻¹ για κάθε kW PTO (μηχάνημα που μεταβιβάζει τη δύναμη της μηχανής του τρακτέρ στα προσαρτημένα στο τρακτέρ μηχανήματα). Για τη μετατροπή της υποδύναμης (hp) σε PTO (kW), η υποδύναμη πολλαπλασιάζεται με 0,7457. Οι μηχανές πετρελαίου δεν χρησιμοποιούν στο μέγιστο την υποδύναμη (π.χ. το τρακτέρ χρησιμοποιεί περίπου 60% της υποδύναμης σε ετήσια βάση) (Παναγιωτίδη 2010).

Συνεπώς: Ντίζελ (L h⁻¹) = kW × 0,35 (L hr⁻¹) × 0,60.

Η κατανάλωση καυσίμων σε άλλες δραστηριότητες, όπως η εφαρμογή λιπασμάτων, η συγκομιδή, η μεταφορά, εκτιμάται από τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται και το χρόνο που καταναλώνουν. Στην παρούσα εργασία η κατανάλωση καυσίμων από το τρακτέρ υπολογίστηκε (Παναγιωτίδη 2010):

$$80 \text{ hp} \times 0,7457 = 59,656 \text{ και } 59,656 \times 0,35 \times 0,60 = 12,528 \text{ L hr}^{-1}$$

2.7.1.1.10 Ισοδύναμα εκπομπών διοξειδίου (CO₂e) για την άρδευση

Για την πομόνα 1 hr = 19 kWh και 1 kWh = 12,1 MJ. Οι εκπομπές CO₂e για την ενσωματωμένη ενέργεια στον ηλεκτρισμό για την άρδευση εκτιμήθηκε πολλαπλασιάζοντας τα MJ επί τον συντελεστή (1 GJ = 20,15 άρα 1 MJ = 0,02 kg CO₂).

3. Αποτελέσματα

3.1 Εισροές – Εκροές – Ορθολογική λίπανση

3.1.1 Εισροές με τα λιπάσματα

3.1.1.1 Αχλάδια Κρυστάλλι – ΟΠ1

Πίνακας 3.1 Εισροές των κύριων μακροστοιχείων στη λίπανση μάρτυρα και ορθολογικής λίπανσης το 2019 στον οπωρώνα ΟΠ1 με αχλαδιές ποικ. Κρυστάλλι.

Παράμετρος	Παραγωγός	Ορθολογική	Μεταβολή (%)
N εφαρμόστηκε (kg/στρ)	8,35	3,35	-60
P εφαρμόστηκε (kg/στρ)	3,8	3,8	0
K εφαρμόστηκε (kg/στρ)	10,39	10,39	0

Στον ΟΠ1, διαφορά στη λίπανση που εφαρμόστηκε υπήρχε μόνο στην ποσότητα N και αφορούσε μείωση κατά 60% της ποσότητας που εφαρμόστηκε στον μάρτυρα (Πίν. 3.1).

3.1.1.2 Αχλάδια Santa Maria – ΟΠ2

Πίνακας 3.2 Εισροές των κύριων μακροστοιχείων στη λίπανση μάρτυρα και ορθολογικής λίπανσης το 2019 στον οπωρώνα ΟΠ2 με αχλαδιές ποικ. Santa Maria.

Παράμετρος	Παραγωγός	Ορθολογική	Μεταβολή (%)
N εφαρμόστηκε (kg/στρ)	8,35	4,58	-45
P εφαρμόστηκε (kg/στρ)	3,8	4,2	+10
K εφαρμόστηκε (kg/στρ)	10,4	10,4	0

Στα δέντρα του πειράματος στον ΟΠ2 εφαρμόστηκαν 10% περισσότερος P και 45% λιγότερο N. Η ποσότητα K ήταν ίδια και στις δύο μεταχειρίσεις (Πίν. 3.2).

3.1.1.3 Ροδάκινα Maria Bianca – ΟΠ3

Πίνακας 3.3 Εισροές των κύριων μακροστοιχείων στη λίπανση μάρτυρα και ορθολογικής λίπανσης το 2019 στον οπωρώνα ΟΠ3 με ροδακινιές ποικ. Maria Bianca.

Παράμετρος	Παραγωγός	Ορθολογική	Μεταβολή (%)
N εφαρμόστηκε (kg/στρ)	10	7,84	-22
P εφαρμόστηκε (kg/στρ)	8,5	3,52	-58
K εφαρμόστηκε (kg/στρ)	10,5	8,24	-22

Η ορθολογική λίπανση στον ΟΠ3 αφορούσε μεταβολή και στα τρία στοιχεία N, P, K. Συγκεκριμένα, N και K εφαρμόστηκαν κατά 22% λιγότερο, ενώ όσον αφορά τον P η μείωση της χορηγούμενης ποσότητας άγγιξε το 58% (Πίν. 3.3).

3.1.2 Εισροές με το αρδευτικό νερό

3.1.2.1 Αχλάδια Κρυστάλλι – ΟΠ1

Η ποσότητα νερού που χορηγήθηκε στον οπωρώνα μέσω της άρδευσης ήταν 541 m³ στρ⁻¹.

Το αρδευτικό νερό περιείχε 49,5 ppm NO₃, 96,2 ppm Ca, 20 ppm Mg, άρα, με αναγωγή στο στρέμμα, ετησίως προστίθενται: 96 g Ca m⁻³ ή 51,9 kg Ca στρ⁻¹ έτος⁻¹, 20 g Mg m⁻³ ή 10,82 kg Mg στρ⁻¹ έτος⁻¹, και 6148 g N στρ⁻¹ έτος⁻¹ ή 6,1 kg N στρ⁻¹ έτος⁻¹ (1 ppm NO₃ σε 100 m³= 23 g N, οπότε 23 * 49.5 * 5.4 = 6148 g N στρ⁻¹ έτος⁻¹).

3.1.2.2 Ροδάκινα Maria Bianca – ΟΠ3

Στον ΟΠ3 η ποσότητα του αρδευτικού νερού ήταν 338 m³ στρ⁻¹ και περιείχε 28 ppm NO₃, 72,6 ppm Ca και 16,7 ppm Mg. Έτσι, με το αρδευτικό νερό προστίθενται ετησίως στο στρέμμα: 72,6 g Ca m⁻³ ή 24,5 kg Ca στρ⁻¹ έτος⁻¹, 16,7 g Mg m⁻³ ή 5,6 kg Mg στρ⁻¹ έτος⁻¹, και 2177 g N στρ⁻¹ έτος⁻¹ ή 2,17 kg N στρ⁻¹ έτος⁻¹ (αφού, 1 ppm NO₃ σε 100 m³= 23 g N άρα 23 * 28 * 3,38 = 2177 g N στρ⁻¹ έτος⁻¹).

3.1.3 Εκροές με τους καρπούς

3.1.3.1 Αχλάδια Κρυστάλλι – ΟΠ1

Με 3500 κιλά στρ⁻¹ Κρυστάλλι έφυγαν 3,00 kg N στρ⁻¹, 5,16 kg K στρ⁻¹, 0,5 kg Ca στρ⁻¹, 0,45 kg Mg στρ⁻¹, 0,5 kg P στρ⁻¹. Εκροές ιχνοστοιχείων από 2-11 g ανά στοιχείο στο στρέμμα και έτος.

Τα κλαδιά κομποστοποιούνται εντός του αγρού και τα φύλλα παραμένουν εντός. Άρα από τα ανόργανα στοιχεία εκροές έχουμε μόνο το N που τουλάχιστον το 50% του N των φύλλων και των κλαδευτικών χάνεται στην ατμόσφαιρα.

3.1.3.2 Αποτελεσματικότητα χρήσης νερού

Βάσει της παραγωγής καρπών και του αρδευτικού νερού το αποτύπωμα νερού για τα Κρυστάλλι βρέθηκε στα 6,47 kg καρπών m⁻³ αρδευτικό νερό.

3.2 ΦΥΛΛΟΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΗ

Λόγω μη διαθεσιμότητας εδαφολογικής ανάλυσης, τα ευρήματα της φυλλοδιαγνωστικής ήταν ο οδηγός για την αξιολόγηση της θρέψης των οπωρώνων.

3.2.1 Αχλάδια Κρυστάλλι – ΟΠ1

Πίνακας 3.4 Αποτελέσματα περιεκτικότητας μακροστοιχείων και ιχνοστοιχείων μετά από φυλλοδιαγνωστική ανάλυση στη μεταχείριση του παραγωγού και στην ορθολογική λίπανση στον ΟΠ1 με αχλαδιές ποικ. Κρυστάλλι.

	Μακροστοιχεία (%)					Ιχνοστοιχεία (mg/kg)				
	N	P	Ca	Mg	K	Cu	Zn	Mn	Fe	B
Μάρτυρας	2,37	0,12	1,70	0,46	0,83	8,9	12,6	42,6	114	25,3

Ορθλίπ	2,80	0,11	1,42	0,40	1,01	12,0	12,6	56,5	115	26,7
--------	------	------	------	------	------	------	------	------	-----	------

Τα αποτελέσματα της φυλλοδιαγνωστικής ανάλυσης για τον ΟΠ1 παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.4. Τα επίπεδα των στοιχείων N, Ca, Mg, Cu, Mn, Fe και B δηλώνουν επάρκεια της καλλιέργειας. Αλλά τα στοιχεία P και K βρέθηκαν σε μερική επάρκεια. Σε ανεπαρκή επίπεδα εμφανίστηκε ο Zn για τον οποίο πέραν των ανοιξιάτικων και μετασυλλεκτικών ψεκασμών, μάλλον είναι απαιτούμενοι και ψεκασμοί θειικού ψευδαργύρου ανά διαιτία, το χειμώνα, επί του ξύλου.

Η λίπανση που εφαρμόζεται κρίνεται ικανοποιητική. Βέβαια, καλό θα ήταν να μειωθεί η αζωτούχος αφού ακόμα και με 3,5 μονάδες λίπανση (αλλά εισέρχονται και 6,1 kg N με την άρδευση!) η θρέψη N της αχλαδιάς ήταν ικανοποιητική και να προστεθεί μεγαλύτερη ποσότητα K, πέραν των 10 μονάδων.

3.2.2 Αχλάδια Santa Maria ΟΠ2

Πίνακας 3.5 Αποτελέσματα περιεκτικότητας μικροστοιχείων και ιχνοστοιχείων μετά από φυλλοδιαγνωστική ανάλυση στη μεταχείριση του παραγωγού και στην ορθολογική λίπανση στον ΟΠ2 με αχλαδιές ποικ. Santa Maria.

	Μακροστοιχεία (%)					Ιχνοστοιχεία (mg kg ⁻¹)				
	N	P	Ca	Mg	K	Cu	Zn	Mn	Fe	B
Παραγ	1,93	0,12	1,57	0,40	0,83	9,0	10,6	42,8	102	22,7
Ορθλίπ	2,08	0,13	1,36	0,38	1,03	9,9	11,5	45,0	103	22,0

Τα αποτελέσματα της φυλλοδιαγνωστικής ανάλυσης για τον ΟΠ1 παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.5. Η θρεπτική κατάσταση ήταν ελαφρά χειρότερη από αυτή του ΟΠ1 με αχλαδιές ποικιλίας Κρυστάλι με παρόμοια θέματα. Τα επίπεδα των στοιχείων N, Ca, Mg, Cu, Mn, Fe και B δηλώνουν επάρκεια της καλλιέργειας, όμως τα στοιχεία P και K βρέθηκαν σε μερική επάρκεια. Σε ανεπαρκή επίπεδα εμφανίστηκε ο Zn για τον οποίο πέραν των ανοιξιάτικων και μετασυλλεκτικών ψεκασμών, μάλλον είναι απαιτούμενοι και ψεκασμοί θειικού ψευδαργύρου ανά διαιτία, το χειμώνα, επί του ξύλου.

Η λίπανση που εφαρμόζεται κρίνεται ικανοποιητική. Βέβαια, καλό θα ήταν να μειωθεί η αζωτούχος αφού ακόμα και με 3,5 μονάδες η θρέψη N της αχλαδιάς ήταν ικανοποιητική και να προστεθεί μεγαλύτερη ποσότητα K, πέραν των 10 μονάδων.

3.2.3 Ροδάκινα Maria Bianca ΟΠ3

Πίνακας 3.6 Αποτελέσματα περιεκτικότητας μακροστοιχείων και ιχνοστοιχείων μετά από φυλλοδιαγνωστική ανάλυση στη μεταχείριση του παραγωγού και στην ορθολογική λίπανση στον ΟΠ3 με ροδακινιές ποικ. Maria Bianca.

	Μακροστοιχεία (%)					Ιχνοστοιχεία (mg/kg)				
	N	P	Ca	Mg	K	Cu	Zn	Mn	Fe	B

Παραγ	3,29	0,18	2,58	0,57	1,92	10,0	21,6	86,4	84,3	33,2
Ορθλίπ	3,26	0,17	2,80	0,63	1,84	9,0	12,1	81,2	68,0	35,3

Αναφορικά με τον ΟΠ3, τα στοιχεία που βρέθηκαν σε επάρκεια ήταν τα: N, P, Ca, Mg, Cu, Mn, B (Πίν. 3.6). Ο Zn βρέθηκε σε επάρκεια μόνο στον μάρτυρα, σε αντίθεση με το Fe που το επίπεδό του κρίθηκε ανεπαρκές, ενώ του K μερικώς ανεπαρκές. Συνεπώς, η εφαρμογή τουλάχιστον 10 μονάδων K και διαφυλλικών ψεκασμών Fe την άνοιξη κρίνονται απαραίτητες πρακτικές για την καλύτερη θρέψη των δέντρων. Επίσης τη θρεπτική κατάσταση θα βελτίωνε η μείωση των επιπέδων N, δίνοντας στον παραγωγό τη δυνατότητα να εφαρμόζει λιγότερες από 6 μονάδες.

3.3 ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗ ΔΙΑΦΟΡΙΚΗ ΛΙΠΑΝΣΗ

3.3.1 Χαρακτηριστικά Φύλλων

3.3.1.1 Εργαστηριακές Μετρήσεις

3.3.1.1.1 Αχλάδια Κρυστάλλι – ΟΠ1

Πίνακας 3.7 Επίδραση της ορθολογικής λίπανσης στα χαρακτηριστικά φύλλων αχλαδιάς ποικ. Κρυστάλλι στον οπωρώνα ΟΠ1. pcDM ποσοστό % ξηράς ουσίας, SLW ειδικό βάρος φύλλου σε mg ξηράς ουσίας ανά cm² επιφάνειας φύλλου, RWC σχετική περιεκτικότητα σε νερό, WSD έλλειμα κορεσμού νερού.

Ημερομηνία	Μεταχείριση	pcDM %	SLW mg cm ⁻²	RWC %	WSD %
Ιούλιος	Μάρτυρας	45,1 b	10,9 b	88,7 b	11,3 c
	Ορθολ. Λίπ.	46,2 b	11,3 ab	90,6 a	9,4 d
Σεπτέμβριος	Μάρτυρας	49,6 a	11,7 a	79,2 d	20,8a
	Ορθολ. Λίπ.	49,7 a	11,5 a	81,7 c	18,2b
Σημαντικότητα ημερομηνίας μετρήσεων		***	**	***	***
Σημαντικότητα μεταχείρισης		NS	NS	***	***

Μέσοι όροι σε κάθε στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Duncan σε επίπεδο 5%. NS: μη σημαντική διαφορά, ***: σημαντικότητα P=0,001, **: σημαντικότητα P=0,01

Πίνακας 3.8 Επίδραση της ορθολογικής λίπανσης στα χαρακτηριστικά φύλλων αχλαδιάς ποικ. Κρυστάλλι στον οπωρώνα ΟΠ1. Chl a, Chl b. Tchl συγκέντρωση χλωροφύλλης a, b και συνολικής ανά μονάδα ξηράς ουσίας (mg/g ΞΟ), Chla/Chlb λόγος συγκεντρώσεων χλωροφύλλης a, b.

Ημερομηνία	Μεταχείριση	Chla mg g ⁻¹ ΞΟ	Chlb mg g ⁻¹ ΞΟ	Chla/Chlb	TChl mg g ⁻¹ ΞΟ	TChlm2 mg m ⁻²
Ιούλιος	Μάρτυρας	4,48 b	1,17 ab	3,82 b	5,65 b	593 b
	Ορθολ. Λίπ.	3,77 c	0,96 b	3,93 ab	4,73 c	508 c
Σεπτέμβριος	Μάρτυρας	4,68 ab	1,20 a	3,89 b	5,88 ab	639 a
	Ορθολ. Λίπ.	4,89 a	1,21 a	4,01 a	6,11 a	651 a
Σημαντικότητα ημερομηνίας μετρήσεων		***	***	*	***	***

Σημαντικότητα μεταχείρισης	*	**	**	**	**
-----------------------------------	---	----	----	----	----

Μέσοι όροι σε κάθε στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Duncan σε επίπεδο 5%. ***: σημαντικότητα P=0,001, **: σημαντικότητα P =0,01, *: σημαντικότητα P=0,05

Οι μετρήσεις για τον προσδιορισμό και σύγκριση των χαρακτηριστικών των φύλλων μεταξύ συμβατικής και διαφορικής λίπανσης έγιναν σε δύο ημερομηνίες, στις 18 Ιουλίου και 9 Σεπτεμβρίου (Πίν. 3.7, 3.8). Σύμφωνα με τις εργαστηριακές μετρήσεις, τον Σεπτέμβριο, στα φύλλα διαπιστώθηκαν υψηλότερες τιμές στο ποσοστό % ξηράς ουσίας (% ΞΟ), στο ειδικό βάρος τους (ΕΒΦ), στη συγκέντρωση χλωροφυλλών ανά μονάδα ΞΟ και ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου. Η σχέση χλωρα/χλωrb [χλωροφύλλη a/ χλωροφύλλη b] κατά τις δύο ημερομηνίες ήταν παρόμοια, ενώ τον Σεπτέμβριο, εν συγκρίσει με τον Ιούλιο, τα φύλλα απορρόφησαν περισσότερο νερό, έχοντας χαμηλότερη σχετική περιεκτικότητα σε νερό (RWC) και υψηλότερο υδατικό έλλειμμα (WSD), επομένως ήταν πιο καταπονημένα τον Σεπτέμβριο.

Συγκρίνοντας την ορθολογική λίπανση με τον μάρτυρα, τα φύλλα παρουσίασαν παρόμοιο ποσοστό % ΞΟ και ΕΒΦ. Οι μεταχειρίσεις με ορθολογική λίπανση εμφάνισαν μικρότερη συγκέντρωση χλωροφύλλης ανά μονάδα ΞΟ και ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου, αλλά υψηλότερο λόγο χλωρα/χλωrb. Επίσης, τα φύλλα των δέντρων που εφαρμόστηκε ορθολογική λίπανση, απορρόφησαν λιγότερο νερό, είχαν υψηλότερο RWC και χαμηλότερο WSD από το μάρτυρα, επομένως ήταν λιγότερο καταπονημένα.

3.3.1.1.2 Αχλάδια Santa Maria – ΟΠ2

Πίνακας 3.9 Επίδραση της ορθολογικής λίπανσης στα χαρακτηριστικά φύλλων αχλαδιάς ποικ. Santa Maria στον οπωρώνα ΟΠ2 ρcDM ποσοστό % ξηράς ουσίας, SLW ειδικό βάρος φύλλου σε mg ξηράς ουσίας ανά cm² επιφάνειας φύλλου, RWC σχετική περιεκτικότητα σε νερό, WSD έλλειμμα κορεσμού νερού.

Ημερομηνία	Μεταχείριση	ρcDM %	SLW mg cm ⁻²	RWC %	WSD %
6-Αυγ	Μάρτυρας	50,3 a	13,8 a	79,7 a	20,3 b
	Ορθολ. Λίπ.	51,0 a	13,5 a	75,9 b	24,1 a
Σημαντικότητα μεταχείρισης		NS	NS	***	***

Μέσοι όροι σε κάθε στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Duncan σε επίπεδο 5%. NS: μη σημαντική διαφορά, ***: σημαντικότητα P=0,001

Πίνακας 3.10 Επίδραση της ορθολογικής λίπανσης στα χαρακτηριστικά φύλλων αχλαδιάς ποικ. Santa Maria στον οπωρώνα ΟΠ2. Chl a, Chl b. Chla/Chlb λόγος συγκεντρώσεων χλωροφύλλης a, b, Tchl συγκέντρωση χλωροφύλλης a, b, συνολικής ανά μονάδα ξηράς ουσίας (mg/g ΞΟ) και συνολικής ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (mg/m²).

Ημερομηνία	Μεταχείριση	Chla mg g ⁻¹ ΞΟ	Chlb mg g ⁻¹ ΞΟ	Chla/Chlb	Tchl mg g ⁻¹ ΞΟ	Tchl m2 mg m ⁻²
6-Αυγ	Μάρτυρας	2,70 b	0,69 b	3,95 a	3,38 b	448 b
	Ορθολ. Λίπ.	3,37 a	0,83 a	4,06 a	4,20 a	500 a
Σημαντικότητα μεταχείρισης		**	**	NS	***	*

Μέσοι όροι σε κάθε στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Duncan σε επίπεδο 5%. NS: μη σημαντική διαφορά, ***: σημαντικότητα P=0,001, **: σημαντικότητα P =0,01, *: σημαντικότητα P=0,05

Στον ΟΠ2 δεδομένα υπάρχουν μόνο από μια μέτρηση που πραγματοποιήθηκε μετασυσλλεκτικά στις 6 Αυγούστου, οπότε και προέκυψε πως η ορθολογική λίπανση έδωσε φύλλα με παρόμοιο ποσοστό % ΞΟ και ΕΒΦ, υψηλότερη συγκέντρωση χλωροφύλλης ανά μονάδα ΞΟ και ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου και παρόμοια σχέση χλωρα/χλωrb με τον μάρτυρα (Πίν. 3.9, 3.10). Επίσης, στην ορθολογική λίπανση τα φύλλα απορρόφησαν περισσότερο νερό, είχαν χαμηλότερο RWC και υψηλότερο WSD από το μάρτυρα, επομένως ήταν πιο καταπονημένα.

3.3.1.1.3 Ροδάκινα Maria Bianca – ΟΠ3

Πίνακας 3.11 Επίδραση της ορθολογικής λίπανσης στα χαρακτηριστικά φύλλων ροδακινιάς ποικ. Maria Bianca στον οπωρώνα ΟΠ3. rcDM ποσοστό % ξηράς ουσίας, SLW ειδικό βάρος φύλλου σε mg ξηράς ουσίας ανά cm² επιφάνειας φύλλου, RWC σχετική περιεκτικότητα σε νερό, WSD έλλειμα κορεσμού νερού.

Ημερομηνία	Μεταχείριση	rcDM %	SLW mg cm ⁻²	RWC %	WSD %
10-Ιουλ	Μάρτυρας	35,7	5,64	83,6	16,4
	Ορθολ. Λίπ.	36,6	5,9	82,2	17,8
Σημαντικότητα μεταχείρισης		NS	NS	NS	NS

NS: μη σημαντική διαφορά

Πίνακας 3.12 Επίδραση της ορθολογικής λίπανσης στα χαρακτηριστικά φύλλων ροδακινιάς ποικ. Maria Bianca στον οπωρώνα ΟΠ2. Chl a, Chl b. Chla/Chlb λόγος συγκεντρώσεων χλωροφύλλης a, b, Tchl συγκέντρωση χλωροφύλλης a, b, συνολικής ανά μονάδα ξηράς ουσίας (mg/g ΞΟ) και συνολικής ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (mg/m²).

Ημερομηνία	Μεταχείριση	Chla mg g ⁻¹ ΞΟ	Chlb mg g ⁻¹ ΞΟ	Chla/Chlb	Tchl mg g ⁻¹ ΞΟ	Tchl m ² mg m ⁻²
10-Ιουλ	Μάρτυρας	7,31 a	2,02 a	3,64 b	9,34 a	517 a
	Ορθολ. Λίπ.	6,11 b	1,60 b	3,83 a	7,71 b	424 b
Σημαντικότητα μεταχείρισης		**	**	*	***	***

Μέσοι όροι σε κάθε στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Duncan σε επίπεδο 5%. ***: σημαντικότητα P=0,001, **: σημαντικότητα P =0,01, *: σημαντικότητα P=0,05

Από τις μετρήσεις της 10^{ης} Ιουλίου, παρατηρήθηκαν μη σημαντικές διαφορές στο ποσοστό % ΞΟ και ΕΒΦ, στο RWC και WSD μεταξύ των φύλλων της ορθολογικής λίπανσης και του μάρτυρα (Πίν. 3.11, 3.12). Μπορεί στον μάρτυρα η συγκέντρωση χλωροφύλλης ανά μονάδα ΞΟ και ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου να ήταν υψηλότερη, η σχέση χλωρα/χλωrb, όμως, ήταν χαμηλότερη.

3.3.1.2 Μετρήσεις Πεδίου

3.3.1.2.1 Αχλάδια Κρυστάλλι – ΟΠ1

Πίνακας 3.13 Επίδραση της ορθολογικής λίπανσης στο φθορισμό χλωροφύλλης (Fv/Fm) και στο υδατικό δυναμικό βλαστού (SWP) στις 18 Ιουλίου και 9 Σεπτεμβρίου 2019 σε φύλλα αχλαδιάς ποικ. Κρυστάλλι του οπωρώνα ΟΠ1.

Ημερομηνία	Μεταχείριση	Fv / Fm	SWP
------------	-------------	---------	-----

18-Ιουλ	Μάρτυρας	0,78	-2,90 b
	Ορθολ. Λίπ.	0,79	-3,18 a
9-Σεπ	Μάρτυρας	0,78	-3,04 b
	Ορθολ. Λίπ.	0,79	-3,20 a
Σημαντικότητα ημερομηνίας μετρήσεων		NS	***
Σημαντικότητα μεταχείρισης		*	**

Μέσοι όροι σε κάθε στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Duncan σε επίπεδο 5%. NS: μη σημαντική διαφορά, ***: σημαντικότητα P=0,001, **: σημαντικότητα P=0,01, *: σημαντικότητα P=0,05

Πίνακας 3.14 Επίδραση της ορθολογικής λίπανσης στη θερμοκρασία φύλλου (T1-T3) και στον δείκτη υδατικής καταπόνησης (CWSI) στις 18 Ιουλίου και 9 Σεπτεμβρίου 2019 σε φύλλα αχλαδιάς ποικ. Κρυστάλλι του οπωρώνα ΟΠ1, ψηλά (πάνω) ή χαμηλά (κάτω) στην κόμη των δέντρων.

Ημερομηνία	Μεταχείριση	Θέση	T1-T3	CWSI
18-Ιουλ	Μάρτυρας	Πάνω	29,0 d	0,38 c
		Κάτω	29,6 cd	0,41 c
	Ορθολ. Λίπ.	Πάνω	29,9 c	0,38 c
		Κάτω	30,3 c	0,40 c
9-Σεπ	Μάρτυρας	Πάνω	32,9 b	0,55 b
		Κάτω	32,9 b	0,59 a
	Ορθολ. Λίπ.	Πάνω	32,7 b	0,53 b
		Κάτω	34,6 a	0,63 a
Σημαντικότητα ημερομηνίας μετρήσεων			***	***
Σημαντικότητα μεταχείρισης			***	NS
Σημαντικότητα Θέσης			***	***

Μέσοι όροι σε κάθε στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Duncan σε επίπεδο 5%. NS: μη σημαντική διαφορά, ***: σημαντικότητα P=0,001

Αναφορικά με τις μετρήσεις πεδίου, στον ΟΠ1 έλαβαν χώρα σε δύο μεταχειρίσεις και δύο εποχές, συγκεκριμένα στις 18 Ιουλίου και 9 Σεπτεμβρίου (Πίν. 3.13, 3.14). Η θερμοκρασία φύλλου μετρήθηκε σε δυο θέσεις, πάνω και κάτω στην κόμη του δέντρου (T1-T3: μέση θερμοκρασία φύλλου). Σε δύο θέσεις προσδιορίστηκε και ο δείκτης υδατικής καταπόνησης (CWSI), για τον οποίο ισχύει πως όσο αυξάνεται από το 0 έως το 1, τόσο αυξάνεται και η καταπόνηση.

Όπως φαίνεται από τον πίνακα 3.14, τον Σεπτέμβριο, η θερμοκρασία των φύλλων και ο δείκτης υδατικής καταπόνησης του βλαστού παρουσίασαν υψηλότερες τιμές από τις αντίστοιχες του Ιουλίου, σε αντίθεση με το υδατικό δυναμικό βλαστού (ΥΔΒ ή SWP) όπου παρουσίασε χαμηλότερες τιμές αλλά όχι σε σημαντικό βαθμό (Πίν. 3.13). Όσον αφορά τον φθορισμό χλωροφύλλης (Fv/Fm) δεν υπήρχε σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ημερομηνιών.

Συγκρίνοντας τις μεταχειρίσεις με ορθολογική λίπανση με αυτές του μάρτυρα, στην ορθολογική αυξήθηκε το Fv/Fm, καθιστώντας πιο λειτουργικά τα φύλλα της ορθολογικής, αλλά είχαν υψηλότερη T1-T3, υψηλότερο CWSI (μόνο τον Σεπτέμβριο) και μειωμένο ΥΔΒ σε σχέση με τον μάρτυρα.

Στο πάνω μέρος της κόμης ο δείκτης T1-T3 ήταν παρόμοιος, ενώ τον Σεπτέμβριο, ο CWSI ήταν μικρότερος από το κάτω μέρος της κόμης.

3.3.1.2.2 Αχλάδια Santa Maria – ΟΠ2

Πίνακας 3.15 Επίδραση της ορθολογικής λίπανσης στο φθορισμό χλωροφύλλης (Fv/Fm) και στο υδατικό δυναμικό βλαστού (SWP) στις 6 Αυγούστου και 10 Σεπτεμβρίου 2019 σε φύλλα αχλαδιάς ποικ. Santa Maria του οπωρώνα ΟΠ2.

Ημερομηνία	Μεταχείριση	Fv / Fm	SWP
6-Αυγ	Μάρτυρας	0,75	-2,79 ab
	Ορθολ. Λίπ.	0,77	-2,74 a
10-Σεπ	Μάρτυρας		-2,67 a
	Ορθολ. Λίπ.		-2,93 b
Σημαντικότητα ημερομηνίας μετρήσεων			NS
Σημαντικότητα μεταχείρισης		NS	*

Μέσοι όροι σε κάθε στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Duncan σε επίπεδο 5%. NS: μη σημαντική διαφορά, *: σημαντικότητα P=0,05

Πίνακας 3.16 Επίδραση της ορθολογικής λίπανσης στη θερμοκρασία φύλλου (T1-T3) και στο δείκτη υδατική καταπόνηση (CWSI) στις 6 Αυγούστου και 10 Σεπτεμβρίου 2019 σε φύλλα αχλαδιάς ποικ. Santa Maria του οπωρώνα ΟΠ2, ψηλά (πάνω) ή χαμηλά (κάτω) στην κόμη των δέντρων.

Ημερομηνία	Μεταχείριση	Θέση	T1-T3	CWSI
6-Αυγ	Μάρτυρας	Πάνω	30,7 e	0,62 b
		Κάτω	32,2 d	0,72 a
10-Σεπ	Ορθολ. Λίπ.	Πάνω	32,4 cd	0,57 c
		Κάτω	33,0 c	0,59 bc
	Μάρτυρας	Πάνω	33,6 bc	0,57 c
		Κάτω	35,8 a	0,69 a
	Ορθολ. Λίπ.	Πάνω	33,7 b	0,58 c
		Κάτω	33,6 bc	0,57 c
Σημαντικότητα ημερομηνίας μετρήσεων			***	***
Σημαντικότητα μεταχείρισης			NS	***
Σημαντικότητα Θέσης			***	***

Μέσοι όροι σε κάθε στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Duncan σε επίπεδο 5%. NS: μη σημαντική διαφορά, ***: σημαντικότητα P=0,001

Στην ποικιλία Santa Maria, κατά τον μήνα Σεπτέμβριο ο δείκτης T1-T3 ήταν υψηλότερος, αλλά οι CWSI (στο μάρτυρα ήταν χαμηλότερο) και SWP ήταν παρόμοιοι με του Αυγούστου (Πίν. 3.15, 3.16).

Αναφορικά με τη χορηγούμενη λίπανση, η ορθολογική δεν άλλαξε το Fv/Fm, είχε υψηλότερη όμως T1-T3 τον Αύγουστο και χαμηλότερη τον Σεπτέμβριο από τον μάρτυρα. Πτώση

παρατηρήθηκε τόσο στον CWSI (και τις δύο ημερομηνίες μετρήσεων), όσο και στο ΥΔΒ (μόνο τον Σεπτέμβριο) σε σχέση με τον μάρτυρα.

Στο πάνω μέρος της κόμης η T1-T3 και ο CWSI κυμάνθηκαν σε χαμηλότερο επίπεδο από το κάτω μέρος, μόνο στον μάρτυρα.

3.3.2 Ποιότητα καρπού

3.3.2.1 Αχλάδια Κρυστάλλι ΟΠ1

Πίνακας 3.19 Επίδραση της ορθολογικής λίπανσης στα χαρακτηριστικά ποιότητας των αχλαδιών ποικ. Κρυστάλλι (οπωρώνας ΟΠ1) στην εμπορική συγκομιδή.

Παράμετρος	Μάρτυρας	Ορθολ. Λίπ.	Σημαντικότητα
Χρώμα φλοιού, παράμετρος L*	65,4 a	65,8 a	NS
Χρώμα φλοιού, παράμετρος a*	-15,4 a	-15,3 a	NS
Χρώμα φλοιού, παράμετρος b*	35,0 a	34,9 a	NS
Σκληρότητα σάρκας (kg F)	5,48 b	5,94 a	**
Διαλυτά στερεά συστατικά (%)	12,9 b	13,2 a	*
Οξύτητα (%)	0,39 a	0,39 a	NS
Διαλυτά στερεά συστατικά / Οξύτητα	33,8 a	34,3 a	NS
Βάρος (Μάζα) καρπού (g)	162 a	142 b	***
Ποσοστό % ξηρού βάρους εδώδιμου (%)	19,1 a	19,7 a	NS

Μέσοι όροι σε κάθε γραμμή που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Duncan σε επίπεδο 5%. NS: μη σημαντική διαφορά, ***: σημαντικότητα P=0,001, **: σημαντικότητα P=0,01, *: σημαντικότητα P=0,05

Όπως παρουσιάζεται και στον Πίνακα 3.19, οι διαφοροποιήσεις μεταξύ μάρτυρα και ορθολογικής λίπανσης δεν ήταν έντονες για τα περισσότερα χαρακτηριστικά ποιότητας καρπού. Συγκεκριμένα οι καρποί των δέντρων αχλαδιάς που δέχτηκαν ορθολογική λίπανση είχαν παρόμοιο έντονο πράσινο χρώμα φλοιού καθώς και παρόμοια οργανοληπτική ποιότητα, δηλαδή παρόμοια διαλυτά στερεά συστατικά, οξύτητα και σχέση ΔΣΣ/Οξύτητα με τους καρπούς του μάρτυρα. Επιπλέον, καρποί προερχόμενοι από δέντρα που εφαρμόστηκε ορθολογική λίπανση είχαν μικρότερη μάζα και υψηλότερη σκληρότητα της σάρκας από τους καρπούς του μάρτυρα. Ελαφρώς αυξημένο φάνηκε στην ορθολογική λίπανση και το ποσοστό ξηράς ουσίας σε σχέση με το μάρτυρα αλλά όχι σε σημαντικό βαθμό.

3.3.2.2 Ροδάκινα Maria Bianca ΟΠ3

Πίνακας 3.20 Επίδραση της ορθολογικής λίπανσης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά και στη διατροφική ποιότητα των ροδάκινων ποικ. Maria Bianca (οπωρώνα ΟΠ3) στην εμπορική συγκομιδή.

Παράμετρος	Μάρτυρας	Ορθολ. Λίπ.	Σημαντικότητα
Χρώμα φλοιού, παράμετρος L*	67,0 a	67,7 a	NS
Χρώμα φλοιού, παράμετρος a*	8,43 a	5,55 b	***
Χρώμα φλοιού, παράμετρος Chroma	32,5 a	33,0 a	NS

Χρώμα φλοιού, παράμετρος hue (°)	74,9 b	80,2 a	***
Σκληρότητα σάρκας (kgF)	4,04 b	4,51 a	*
Διαλυτά στερεά συστατικά (%)	12,7 a	12,0 b	***
Οξύτητα (%)	1,04 a	1,06 a	NS
Διαλυτά στερεά συστατικά / Οξύτητα	12,3 a	11,4 b	*
Βάρος (Μάζα) καρπού (g)	207 a	201 a	NS
Ποσοστό % ξηρού βάρους εδώδιμου	14,7 a	14,2 b	*
Μάζα πυρήνα (g)	9,88 a	9,72 a	NS
Ποσοστό % εδώδιμου	95,2 a	95,1 a	NS
Ολικά φαινολικά συστατικά (mg gallic acid/g νωπού)	0,28 a	0,28 a	NS
Αντιοξειδωτική ικανότητα – DPPH (μmol ασκορβικού οξέως/g νωπού)	3,04 b	3,16 a	*
Αντιοξειδωτική ικανότητα – FRAP (μmol ασκορβικού οξέως/g νωπού)	2,67 b	2,97 a	*

Μέσοι όροι σε κάθε στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Duncan σε επίπεδο 5%. NS: μη σημαντική διαφορά, ***: σημαντικότητα P=0,001, *: σημαντικότητα P=0,05

Οι καρποί των δέντρων ποικιλίας Maria Bianca που δέχτηκαν ορθολογική λίπανση εμφάνισαν λιγότερο κόκκινο επίχρωμα, διατηρώντας λιγότερο κίτρινο φλοιό και υψηλότερη σκληρότητα σάρκας σε σχέση με τους καρπούς του μάρτυρα (Πίν. 3.20). Στην ορθολογική λίπανση αναφορικά με την οξύτητα, κυμάνθηκε στα ίδια επίπεδα, ενώ τα διαλυτά στερεά συστατικά και η σχέση ΔΣΣ/Οξύτητα παρουσιάστηκαν ελαφρώς μειωμένα σε σχέση με τον μάρτυρα. Επίσης, η μάζα, το ποσοστό % ξηράς ουσίας και το ποσοστό % εδώδιμου μέρους των καρπών των δέντρων όπου εφαρμόστηκε ορθολογική λίπανση δεν παρουσίασαν σημαντική διαφορά συγκριτικά με τον μάρτυρα. Μεταξύ των καρπών των δύο μεταχειρίσεων δεν παρατηρήθηκε μεταβολή στη διατροφική αξία τους, αλλά συνδυάζοντας τα παραπάνω αποτελέσματα φαίνεται πως η ορθολογική ίσως να επηρέασε την ωρίμανση, οψιμίζοντας την ωρίμανση των καρπών.

3.3.3 Αντίδραση στη διαφορική άρδευση

3.3.3.1 Κλιματικές συνθήκες κατά τις μετρήσεις Σεπτεμβρίου

3.3.3.1.1 Αχλάδια Κρυστάλλι – ΟΠ1

Πίνακας 3.21 Συνοπτικά μετεωρολογικά δεδομένα για την επικρατούσα θερμοκρασία από παρακαείμενο μετεωρολογικό σταθμό (λιγότερο από 2 km μακριά) για τις ημέρες που έγιναν οι μετρήσεις αγρού.

Ημέρα	Tmin (°C)	Tmean (°C)	Tmax (°C)
9/9	12,6	21,4	30,9
12/9	12,2	20,4	30,5
18/9	11,8	21,7	31,6

Πίνακας 3.22 Συνοπτικά μετεωρολογικά δεδομένα για την επικρατούσα σχετική υγρασία, από παρακαίμενο μετεωρολογικό σταθμό (λιγότερο από 2 km μακριά) για τις ημέρες που έγιναν οι μετρήσεις αγρού.

Ημέρα	RHmin (%)	RHmean (%)	RHmax (%)
9/9	45	72	94
12/9	39	70	92
18/9	36	75	93

Στα Κρυστάλλι φαίνεται ότι οι καιρικές συνθήκες τις τρεις ημέρες μετρήσεων αγρού ήταν σταθερές (Πίν. 3.21, 3.22). Καθημερινά η ελάχιστη θερμοκρασία και μέγιστη σχετική υγρασία βρέθηκαν στις 05:00-07:00, ενώ η μέγιστη θερμοκρασία και ελάχιστη σχετική υγρασία στις 17:00. Φαίνεται λοιπόν ότι οι αλλαγές που βρέθηκαν και περιγράφονται παρακάτω σχετίζονται με τη διαθεσιμότητα νερού και δεν οφείλονται στην τυχόν αλλαγή των κλιματικών συνθηκών.

3.3.3.1.2 Αχλάδια Santa Maria – ΟΠ2

Πίνακας 3.23 Συνοπτικά μετεωρολογικά δεδομένα για την επικρατούσα θερμοκρασία από παρακαίμενο μετεωρολογικό σταθμό (λιγότερο από 2 km μακριά) για τις ημέρες που έγιναν οι μετρήσεις αγρού.

Ημέρα	Tmin (°C)	Tmean (°C)	Tmax (°C)
10/9	12,6	21,3	31,4
13/9	14,4	23,1	33,3
19/9	19,0	24,3	29,6

Πίνακας 3.24 Συνοπτικά μετεωρολογικά δεδομένα για την επικρατούσα σχετική υγρασία, από παρακαίμενο μετεωρολογικό σταθμό (λιγότερο από 2 km μακριά) για τις ημέρες που έγιναν οι μετρήσεις αγρού.

Ημέρα	RHmin (%)	RHmean (%)	RHmax (%)
10/9	37	74	93
13/9	24	57	86
19/9	49	64	90

Στα Santa Maria οι κλιματικές συνθήκες άλλαξαν σημαντικά στις τρεις ημερομηνίες μετρήσεων με αύξηση της θερμοκρασίας και σημαντική μείωση της σχετικής υγρασίας στις 13 Σεπτεμβρίου σε σχέση με τις 10 Σεπτεμβρίου (Πίν. 3.23, 3.24). Στις 19 Σεπτεμβρίου η μέση θερμοκρασία αυξήθηκε περαιτέρω με σημαντική αύξηση της ελάχιστης και μείωση της μέγιστης συρρικνώνοντας το θερμοκρασιακό εύρος, ενώ η μέση σχετική υγρασία μειώθηκε και η ελάχιστη σχετική υγρασία αυξήθηκε σε σχέση με τις 10 Σεπτεμβρίου. Συνοπτικά στις 19 Σεπτεμβρίου βρέθηκε μικρότερο εύρος των κλιματικών συνθηκών από πολύ αργά το βράδυ (23:00, ελάχιστη θερμοκρασία, μέγιστη σχετική υγρασία) προς το απόγευμα (17:00, μέγιστη θερμοκρασία, ελάχιστη σχετική υγρασία).

3.3.3.2 Χαρακτηριστικά φύλλων

Στον αγρό ΟΠ1 λοιπόν είχαμε 2 μεταχειρίσεις, αρδευόμενα και ξηρικά, όπου σταμάτησε η άρδευση από τις 2 Σεπτεμβρίου. Μετρήσεις έγιναν στις 9, 12 και 18 Σεπτεμβρίου. Αντίστοιχα, στον ΟΠ2 είχαμε τις ίδιες μεταχειρίσεις και μετρήσεις έγιναν στις 10, 13 και 19 Σεπτεμβρίου.

3.3.3.2.1 Αχλάδια Κρυστάλλι – ΟΠ1

Πίνακας 3.25 Επίδραση της άρδευσης ή μη χορήγησης αρδευτικού νερού (ξηρικό) στα χαρακτηριστικά φύλλων αχλαδιάς ποικ. Κρυστάλλι στον οπωρώνα ΟΠ1. pcDM ποσοστό % ξηράς ουσίας, SLW ειδικό βάρος φύλλου σε mg ξηράς ουσίας ανά cm² επιφάνειας φύλλου.

Χρόνος	Μεταχείριση	pcDM %	SLW mg cm ⁻²
9/9/2019	Μάρτυρας	49,6 c	11,7 a
	Ξηρικό	50,0 c	11,4 a
12/9/2019	Μάρτυρας	51,2 b	11,4 a
	Ξηρικό	50,5 bc	11,5 a
18/9/2019	Μάρτυρας	53,2 a	11,5 a
	Ξηρικό	52,3 a	11,9 a
Σημαντικότητα ημερομηνίας μετρήσεων		***	NS
Σημαντικότητα μεταχείρισης		NS	NS

Μέσοι όροι σε κάθε στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Duncan σε επίπεδο 5%. NS: μη σημαντική διαφορά, ***: σημαντικότητα P=0,001

Τα φύλλα των δέντρων που δέχτηκαν μηδενική άρδευση δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές ως προς το ποσοστό ξηράς ουσίας και το ειδικό βάρος τους σε σχέση με τα φύλλα των δέντρων που αρδεύτηκαν κανονικά (Πίν. 3.25). Μετά από αξιολόγηση των αποτελεσμάτων για τις τρεις ημερομηνίες μετρήσεων, βρέθηκε πως το ποσοστό % ΞΟ αυξήθηκε σημαντικά με το χρόνο, ενώ το ειδικό βάρος φύλλου παρέμεινε σταθερό.

Πίνακας 3.26 Επίδραση της άρδευσης ή μη χορήγησης αρδευτικού νερού (ξηρικό) στα χαρακτηριστικά φύλλων αχλαδιάς ποικ. Κρυστάλλι στον οπωρώνα ΟΠ1. Chl a, Chl b, Chla/Chlb λόγος συγκεντρώσεων χλωροφύλλης a, b, Tchl συγκέντρωση χλωροφύλλης a, b και συνολικής ανά μονάδα ξηράς ουσίας (mg/g ΞΟ).

Χρόνος	Μεταχείριση	Chla mg g ⁻¹ ΞΟ	Chlb mg g ⁻¹ ΞΟ	Chla/Chlb	Tchl mg g ⁻¹ ΞΟ
9/9/2019	Μάρτυρας	4,68 a	1,20 a	3,89 b	5,88 a
	Ξηρικό	4,58 ab	1,11 ab	4,14 a	5,69 ab
12/9/2019	Μάρτυρας	4,26 ab	1,02 b	4,16 a	5,28 b
	Ξηρικό	4,02 b	1,00 b	4,04 ab	5,02 b
18/9/2019	Μάρτυρας	4,28 ab	1,05 b	4,05 a	5,33 b
	Ξηρικό	4,22 a	1,06 b	3,99 b	5,28 b
Σημαντικότητα ημερομηνίας μετρήσεων		*	*	NS	**
Σημαντικότητα μεταχείρισης		NS	NS	NS	NS

Μέσοι όροι σε κάθε στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Duncan σε επίπεδο 5%. NS: μη σημαντική διαφορά, **: σημαντικότητα P =0,01, *: σημαντικότητα P=0,05

Πίνακας 3.27 Επίδραση της άρδευσης ή μη χορήγησης αρδευτικού νερού (ξηρικό) στα χαρακτηριστικά φύλλων αχλαδιάς ποικ. Κρυστάλλι στον οπωρώνα ΟΠ1. Chlam², Chlbm², TChlm² συγκέντρωση χλωροφύλλης a, b και συνολικής ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (mg/m²).

Χρόνος	Μεταχείριση	Chlam ² mg m ⁻²	Chlbm ² mg m ⁻²	TChlm ² mg m ⁻²
9/9/2019	Μάρτυρας	508 a	131 a	639 a
	Ξηρικό	484 ab	117 b	601 b
12/9/2019	Μάρτυρας	456 b	110 b	567 b
	Ξηρικό	455 b	118 b	568 b
18/9/2019	Μάρτυρας	459 b	112 b	571 b
	Ξηρικό	472 b	119 b	591 b
Σημαντικότητα ημερομηνίας μετρήσεων		*	*	*
Σημαντικότητα μεταχείρισης		NS	NS	NS

Μέσοι όροι σε κάθε στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Duncan σε επίπεδο 5%. NS: μη σημαντική διαφορά, ***: σημαντικότητα P=0,001, **: σημαντικότητα P=0,01, *: σημαντικότητα P=0,05

Σύμφωνα με τις μετρήσεις που έγιναν και αφορούσαν τις χλωροφύλλες a και b, παρουσιάστηκε μείωση της συγκέντρωσης χλωροφύλλης ανά μονάδα ξηράς ουσίας από τις 9 στις 12 Σεπτεμβρίου, αλλά παρέμεινε σταθερή από τις 12 στις 19 Σεπτεμβρίου (Πίν. 3.26, 3.27). Η σχέση χλωρα/χλωrb διατηρήθηκε στα ίδια επίπεδα και στις τρεις μετρήσεις.

Τα φύλλα των ξηρικών δέντρων δεν παρουσίασαν σημαντική διαφορά συγκριτικά με τα αρδευόμενα, όσον αφορά το ποσοστό ξηράς ουσίας, το ειδικά βάρος, τη συγκέντρωση χλωροφύλλης και στις δύο εκφράσεις της, καθώς και τη σχέση χλωρα/χλωrb.

Πίνακας 3.28 Επίδραση της άρδευσης ή μη χορήγησης αρδευτικού νερού (ξηρικό) στην ενυδάτωση των φύλλων αχλαδιάς ποικ. Κρυστάλλι στον οπωρώνα ΟΠ1. RWC σχετική περιεκτικότητα σε νερό, WSD έλλειμα κορεσμού νερού.

Χρόνος	Μεταχείριση	RWC %	WSD %
9/9/2019	Μάρτυρας	79,2 c	20,8 a
	Ξηρικό	80,0 bc	20,0 ab
12/9/2019	Μάρτυρας	82,9 a	16,9 b
	Ξηρικό	82,5 a	17,5 b
19/9/2019	Μάρτυρας	79,9 bc	20,1 ab
	Ξηρικό	80,9 b	18,4 b
Σημαντικότητα ημερομηνίας μετρήσεων		***	***
Σημαντικότητα μεταχείρισης		NS	NS

Μέσοι όροι σε κάθε στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Duncan σε επίπεδο 5%. NS: μη σημαντική διαφορά, ***: σημαντικότητα P=0,001, *: σημαντικότητα P=0,05

Με την πάροδο του χρόνου τα φύλλα είχαν υψηλότερη σχετική περιεκτικότητα σε νερό και ιδιαίτερα στις 12 Σεπτεμβρίου, και μειώθηκε αντίστοιχα το έλλειμα κορεσμού του νερού, κυρίως στις 12 Σεπτεμβρίου (Πίν. 3.28). Ακόμη, η απορρόφηση νερού από τα φύλλα των ξηρικών δέντρων κυμάνθηκε στα ίδια επίπεδα με τα αρδευόμενα, συνεπώς τόσο η σχετική περιεκτικότητα σε νερό και όσο και το έλλειμα κορεσμού νερού ήταν παρόμοια και για τις δύο μεταχειρίσεις.

3.3.3.2.2 Αχλάδια Santa Maria – ΟΠ2

Πίνακας 3.29 Επίδραση της άρδευσης ή μη χορήγησης αρδευτικού νερού (ξηρικό) στα χαρακτηριστικά φύλλων αχλαδιάς ποικ. Santa Maria στον οπωρώνα ΟΠ2. pcDM ποσοστό % ξηράς ουσίας, SLW ειδικό βάρος φύλλου σε mg ξηράς ουσίας ανά cm² επιφάνειας φύλλου.

Χρόνος	Μεταχείριση	pcDM %	SLW mg cm ⁻²
10/9/2019	Μάρτυρας	53,0 bc	15,4 a
	Ξηρικό	51,1 cd	14,6 b
13/9/2019	Μάρτυρας	52,0 c	14,2 b
	Ξηρικό	49,8 d	14,3 b
19/9/2019	Μάρτυρας	55,5 a	15,9 a
	Ξηρικό	53,9 b	15,4 a
Σημαντικότητα ημερομηνίας		***	***
Σημαντικότητα μεταχείρισης		***	*

Μέσοι όροι σε κάθε στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Duncan σε επίπεδο 5%. NS: μη σημαντική διαφορά, ***: σημαντικότητα P=0,001, *: σημαντικότητα P=0,05

Αρχής γενομένης από τις 10 Σεπτεμβρίου, με το πέρας των μετρήσεων αυξήθηκαν το ποσοστό % ΞΟ (pcDM) και το ΕΒΦ από τις 10 στις 19 Σεπτεμβρίου μετά από σημαντική μείωση που παρατηρήθηκε στις 13/9 (Πίν. 3.29). Συγκρίνοντας τα φύλλα των δέντρων που διακόπηκε η άρδευση με τα αρδευόμενα, διαπιστώθηκε πως το ποσοστό % pcDM ήταν συνεχώς χαμηλότερο όπως και το ΕΒΦ ελαφρώς χαμηλότερο στα ξηρικά δέντρα, εκτός από την τελευταία μέτρηση που το ΕΒΦ δε διέφερε σημαντικά μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων.

Πίνακας 3.30 Επίδραση της άρδευσης ή μη χορήγησης αρδευτικού νερού (ξηρικό) στα χαρακτηριστικά φύλλων αχλαδιάς ποικ. Santa Maria στον οπωρώνα ΟΠ2. Chl a, Chl b. Tchl συγκέντρωση χλωροφύλλης a, b και συνολικής ανά μονάδα ξηράς ουσίας (mg/g ΞΟ), Chla/Chlb λόγος συγκεντρώσεων χλωροφύλλης a, b.

Χρόνος	Μεταχείριση	Chla mg g ⁻¹ ΞΟ	Chlb mg g ⁻¹ ΞΟ	Chla/Chlb	Tchl mg g ⁻¹ ΞΟ
9/9/2019	Μάρτυρας	2,30 a	0,52 a	4,46 a	2,82 a
	Ξηρικό	2,26 a	0,51 a	4,43 a	2,77 a
12/9/2019	Μάρτυρας	2,07 a	0,50 a	4,14 b	2,56 a
	Ξηρικό	2,22 a	0,50 a	4,42 a	2,71 a
19/9/2019	Μάρτυρας	1,44 b	0,34 b	4,24 b	1,79 b
	Ξηρικό	1,58 b	0,37 b	4,32 ab	1,95 b
Σημαντικότητα ημερομηνίας		***	***	**	***
μετρήσεων					

Σημαντικότητα μεταχείρισης	NS	NS	*	NS
-----------------------------------	----	----	---	----

Μέσοι όροι σε κάθε στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Duncan σε επίπεδο 5%. NS: μη σημαντική διαφορά, ***: σημαντικότητα P=0,001, **: σημαντικότητα P=0,01, *: σημαντικότητα P=0,05

Πίνακας 3.31 Επίδραση της άρδευσης ή μη χορήγησης αρδευτικού νερού (ξηρικό) στα χαρακτηριστικά φύλλων αχλαδιάς ποικ. Κρυστάλλι στον οπωρώνα ΟΠ1. Συγκέντρωση χλωροφύλλης a, b και συνολικής ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (mg/m²)

Χρόνος	Μεταχείριση	Chlam2 mg m ²	Chlbm2 mg m ²	TChlm2 mg m ²
10/9/2019	Μάρτυρας	334 a	75,2 a	409 a
	Ξηρικό	311 ab	71,0 a	382 ab
13/9/2019	Μάρτυρας	285 b	68,9 a	354 b
	Ξηρικό	309 ab	69,3 a	378 ab
19/9/2019	Μάρτυρας	215 c	50,8 b	266 c
	Ξηρικό	231 c	53,6 b	284 c
Σημαντικότητα ημερομηνίας μετρήσεων		***	***	***
Σημαντικότητα μεταχείρισης		NS	NS	NS

Μέσοι όροι σε κάθε στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Duncan σε επίπεδο 5%. NS: μη σημαντική διαφορά, ***: σημαντικότητα P=0,001, **: σημαντικότητα P=0,01, *: σημαντικότητα P=0,05

Στα φύλλα και των δύο μεταχειρίσεων, βρέθηκε μειωμένη η συγκέντρωση χλωροφύλλης ανά μονάδα ΞΟ μόνο από τις 13 στις 19 Σεπτεμβρίου, ενώ η χλωροφύλλη ανά μονάδα επιφάνειας εμφάνισε πτώση κυρίως στις 19/9 (Πίν. 3.30, 3.31). Κατά το διάστημα αυτό η σχέση Chla/Chlb παρουσίασε μικρή πτώση τόσο στις 13/9 όσο και στις 19/9.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των δέντρων που δε δέχτηκαν άρδευση διαπιστώθηκε πως η συγκέντρωση χλωροφύλλης σε όλες τις εκφράσεις της κυμάνθηκε στα ίδια επίπεδα με τα αρδευόμενα δέντρα, με τη σχέση χλωρα/χλωrb να παρουσιάζεται ελαφρώς υψηλότερη στα ξηρικά δέντρα.

Πίνακας 3.32 Επίδραση της άρδευσης ή μη χορήγησης αρδευτικού νερού (ξηρικό) στην ενυδάτωση των φύλλων αχλαδιάς ποικ. Santa Maria στον οπωρώνα ΟΠ2. RWC σχετική περιεκτικότητα σε νερό, WSD έλλειμα κορεσμού νερού.

Χρόνος	Μεταχείριση	RWC %	WSD %
10/9/2019	Μάρτυρας	77,5 c	22,5 b
	Ξηρικό	74,9 d	24,8 a
13/9/2019	Μάρτυρας	82,9 a	17,1e
	Ξηρικό	79,8 b	20,1 d
19/9/2019	Μάρτυρας	79,0 b	21,0 cd
	Ξηρικό	79,0 b	21,2 c
Σημαντικότητα ημερομηνίας μετρήσεων		***	***

Σημαντικότητα μεταχείρισης	***	***
-----------------------------------	------------	------------

Μέσοι όροι σε κάθε στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Duncan σε επίπεδο 5%. ***: σημαντικότητα P=0,001

Με το χρόνο τα φύλλα απορρόφησαν λιγότερο νερό ιδιαίτερα στις 13 Σεπτεμβρίου και λιγότερο στις 19 Σεπτεμβρίου. Το RWC παρουσίασε αύξηση στις 13 και 19 Σεπτεμβρίου, αλλά ιδιαίτερα στις 13/9, και μειώθηκε αντίστοιχα το WSD στις 13/9 και 19/9, αλλά ιδιαίτερα έντονα στις 13 Σεπτεμβρίου σε σχέση με την πρώτη μέτρηση που πραγματοποιήθηκε στις 10/9.

Συγκρίνοντας τα φύλλα των δέντρων που διακόπηκε η άρδευση με τα αρδευόμενα, διαπιστώθηκε πως τα ξηρικά δέντρα είχαν χαμηλότερο RWC και υψηλότερο WSD από τα φύλλα στα αρδευόμενα. Βέβαια, οι διαφορές αυτές ήταν έντονες μόνο στις 10 και 13 Σεπτεμβρίου, ενώ στις 19 Σεπτεμβρίου οι δύο μεταχειρίσεις είχαν παρόμοιες τιμές.

3.3.3.3 Μετρήσεις Πεδίου

3.3.3.3.1 Αχλάδια Κρυστάλλι – ΟΠ1

Οι μετρήσεις πεδίου αφορούσαν δύο μεταχειρίσεις, τα αρδευόμενα δέντρα που αποτέλεσαν το μάρτυρα και τα ξηρικά δέντρα που ήταν το πειραματικό μέρος και στα οποία διακόπηκε η άρδευση από τις 3 Σεπτεμβρίου. Ο δείκτης Fv/Fm μετρήθηκε στις 9 και 18 Σεπτεμβρίου, ενώ τα T1-T3, CWSI μετρήθηκαν στις 9, 12 και 18 Σεπτεμβρίου στο πάνω και κάτω μέρος της κόμης. Στις τρεις αυτές ημερομηνίες προσδιορίσθηκε και το ΥΔΒ (SWP). Καθώς το CWSI αυξάνεται, αυξάνεται και η υδατική καταπόνηση (είναι μια έκφραση του υδατικού δυναμικού φύλλου).

Πίνακας 3.33 Φθορισμός χλωροφύλλης (Fv/Fm) και υδατικό δυναμικό βλαστού (SWP) στις 9, 12 και 19 Σεπτεμβρίου 2019 σε φύλλα αχλαδιάς ποικ. Κρυστάλλι αρδευόμενων ή μη αρδευόμενων δέντρων του σπρωώνα ΟΠ1.

Ημερομηνία	Μεταχείριση	Fv / Fm	SWP
9/9/19	Μάρτυρας	0,78 a	-3,33 b
	Ξηρικό	0,77 a	-3,68 c
12/9/19	Μάρτυρας	-	-3,55 c
	Ξηρικό	-	-3,65 c
18/9/19	Μάρτυρας	0,77 a	-3,04 a
	Ξηρικό	0,77 a	-3,19 ab
Σημαντικότητα ημερομηνίας μετρήσεων		NS	***
Σημαντικότητα μεταχείρισης		NS	***

Μέσοι όροι σε κάθε στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Duncan σε επίπεδο 5%. NS: μη σημαντική διαφορά, ***: σημαντικότητα P=0,001

Πίνακας 3.34 Θερμοκρασίας φύλλου (T1-T3) και δείκτης υδατικής καταπόνησης (CWSI) στις 9, 12 και 19 Σεπτεμβρίου 2019 σε φύλλα αχλαδιάς ποικ. Κρυστάλλι αρδευόμενων ή μη αρδευόμενων δέντρων και ψηλά (πάνω) ή χαμηλά (κάτω) στην κόμη του σπρωώνα ΟΠ1.

Ημερομηνία	Μεταχείριση	Θέση	T1-T3	CWSI
9/9/19	Μάρτυρας	Πάνω	32,9 e	0,55 e

		Κάτω	32,9 e	0,59 de
	Ξηρικό	Πάνω	33,2 e	0,46 f
		Κάτω	30,2 g	0,64 cd
12/9/19	Μάρτυρας	Πάνω	34,1 d	0,60 de
		Κάτω	32,8 e	0,68 c
	Ξηρικό	Πάνω	31,8 f	0,50 ef
		Κάτω	31,8 f	0,44 f
18/9/19	Μάρτυρας	Πάνω	34,6 d	0,54 e
		Κάτω	35,3 b	0,76 b
	Ξηρικό	Πάνω	37,4 a	0,87 a
		Κάτω	35,5 c	0,61 d
Σημαντικότητα ημερομηνίας μετρήσεων			***	***
Σημαντικότητα μεταχείρισης			***	**
Σημαντικότητα Θέσης			***	***

Μέσοι όροι σε κάθε στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Duncan σε επίπεδο 5%. ***: σημαντικότητα P=0,001, **: σημαντικότητα P =0,01

Από τις 9 στις 18 Σεπτεμβρίου το Fv/Fm παρέμεινε αμετάβλητο, αλλά η θερμοκρασία των φύλλων και ο δείκτης CWSI αυξήθηκαν σε αντίθεση με το ΥΔΒ που μειώθηκε (Πίν. 3.33, 3.34).

Στις 12 Σεπτεμβρίου δεν παρατηρήθηκε μεταβολή κάποιας παραμέτρου πλην του ΥΔΒ που σε σχέση με τις 9 Σεπτεμβρίου μειώθηκε χωρίς όμως περαιτέρω μείωση από τις 12 στις 18 Σεπτεμβρίου (Πίν. 3.33, 3.34). Υπήρξε κάποια αντίδραση με το χρόνο χωρίς να αλλάζουν ουσιαστικά οι καιρικές συνθήκες, επομένως η αντίδραση οφείλονταν στην έλλειψη νερού αφού μόνο στα ξηρικά έγινε εμφανής η αντίδραση στην υδατική καταπόνηση με αύξηση του CWSI και μείωση του ΥΔΒ.

Συγκρίνοντας τις τιμές που έλαβαν οι δείκτες Fv/Fm, T1-T3 και CWSI στις 9 και 18 Σεπτεμβρίου μεταξύ ξηρικών και αρδευόμενων δέντρων, δεν υπήρξε σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων (Πίν. 3.33, 3.34). Όταν, όμως, ελήφθησαν υπόψιν οι μετρήσεις και των τριών ημερομηνιών, τότε τα ξηρικά είχαν μικρότερο T1-T3, CWSI και ΥΔΒ από τα αρδευόμενα.

Η μείωση των T1-T3 και CWSI στα ξηρικά παρατηρήθηκε μόνο στις 12 Σεπτεμβρίου, αν και η υδατική του κατάσταση ήταν καλή, ενώ στις 18 Σεπτεμβρίου στα ξηρικά οι τιμές των T1-T3 και CWSI ήταν υψηλότερες από τα αρδευόμενα. Καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων, τα ξηρικά δέντρα είχαν χαμηλότερο ΥΔΒ από τον μάρτυρα. Έτσι φαίνεται ότι το ΥΔΒ είναι το πρώτο που αντιδρά στην έλλειψη νερού αλλά μόνο στις 18 Σεπτεμβρίου καταγράφηκε αυτή η κατάσταση από τους δείκτες θερμοκρασίας της κόμης. Από τις τιμές του δείκτη Fv/Fm δεν έγινε αντιληπτή η καταπόνηση των ξηρικών δέντρων.

Αναφορικά με τις μετρήσεις για τη θερμοκρασία της κόμης και της υδατικής καταπόνησης, τα φύλλα που βρισκόταν πιο ψηλά στο δέντρο παρουσίασαν χαμηλότερες τιμές από αυτά που βρισκόταν στο κάτω μέρος της κόμης παρόλο που λάμβαναν περισσότερο φως και ίσως μεγαλύτερη θερμική καταπόνηση σε σχέση με τα κατώτερα φύλλα που σκιάζονται περισσότερο (Πίν. 3.34).

3.3.3.3.2 Αχλάδια Santa Maria – ΟΠ2

Όπως και στον ΟΠ1, μεταχειρίσεις ήταν τα αρδευόμενα και ξηρικά δέντρα, αρχής γενομένης από τις 3 Σεπτεμβρίου με τη διακοπή της άρδευσης. Μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε τρεις ημερομηνίες, συγκεκριμένα, στις 10, 13 και 19 Σεπτεμβρίου και αφορούσαν τους δείκτες T1-T3, CWSI και ΥΔΒ, διαφοροποιώντας στους δύο πρώτους και τη θέση των φύλλων που μελετήθηκαν ανάμεσα σε άνω και κάτω μέρος της κόμης.

Πίνακας 3.35 Φθορισμός χλωροφύλλης (Fv/Fm) και υδατικό δυναμικό βλαστού (SWP) στις 10, 13 και 19 Σεπτεμβρίου 2019 σε φύλλα αχλαδιάς ποικ. Santa Maria αρδευόμενων ή μη αρδευόμενων δέντρων του οπωρώνα ΟΠ2.

Ημερομηνία	Μεταχείριση	SWP
10-Σεπ	Μάρτυρας	-2,70 a
	Ξηρικό	-2,99 ab
13-Σεπ	Μάρτυρας	-2,84 a
	Ξηρικό	-3,69 c
19-Σεπ	Μάρτυρας	-2,90 ab
	Ξηρικό	-3,15 b
Σημαντικότητα ημερομηνίας μετρήσεων		**
Σημαντικότητα μεταχείρισης		***

Μέσοι όροι σε κάθε στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Duncan σε επίπεδο 5%. ***: σημαντικότητα P=0,001, **: σημαντικότητα P =0,01

Πίνακας 3.36 Θερμοκρασίας φύλλου (T1-T3) και δείκτης υδατικής καταπόνησης (CWSI) στις 10, 13 και 19 Σεπτεμβρίου 2019 σε φύλλα αχλαδιάς ποικ. Santa Maria αρδευόμενων ή μη αρδευόμενων δέντρων και ψηλά (πάνω) ή χαμηλά (κάτω) στην κόμη του οπωρώνα ΟΠ2.

Ημερομηνία	Μεταχείριση	Θέση	T1-T3	CWSI
10-Σεπ	Μάρτυρας	Πάνω	33,6 bc	0,57 de
		Κάτω	35,8 a	0,69 c
	Ξηρικό	Πάνω	33,0 c	0,54 e
		Κάτω	34,3 b	0,62 d
13-Σεπ	Μάρτυρας	Πάνω	28,3 e	0,85 b
		Κάτω	30,6 d	0,98 a
	Ξηρικό	Πάνω	29,2 e	0,68 c
		Κάτω	31,5 d	0,84 b
19-Σεπ	Μάρτυρας	Πάνω	32,3 cd	0,57 de
		Κάτω	34,5 b	0,74 c
	Ξηρικό	Πάνω	32,8 c	0,68 cd
		Κάτω	35,1 ab	0,79 bc
Σημαντικότητα ημερομηνίας μετρήσεων			***	***
Σημαντικότητα μεταχείρισης			NS	**
Σημαντικότητα Θέσης			***	***

Μέσοι όροι σε κάθε στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Duncan σε επίπεδο 5%. NS: μη σημαντική διαφορά, ***: σημαντικότητα P=0,001, **: σημαντικότητα P =0,01

Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων στις 13 Σεπτεμβρίου, οι δείκτες T1-T3 και YΔB κυμάνθηκαν χαμηλότερα, ενώ ο δείκτης CWSI υψηλότερα σε σχέση με τις άλλες δύο μετρήσεις, οι οποίες δε διέφεραν μεταξύ τους (Πίν. 3.35, 3.36). Τελικά, στις 13 Σεπτεμβρίου πρέπει να συνέβη μια θερμική εισβολή σχετικά ξηρού αέρα, καθώς στις 13 σε σχέση με τις 10 Σεπτεμβρίου αυξήθηκε σημαντικά η θερμοκρασία αέρα (χωρίς όμως να αυξηθεί η θερμοκρασία φύλλου T1-T3), αλλά κυρίως μειώθηκε σημαντικά η σχετική υγρασία.

Φαίνεται ότι η σχετική υγρασία επηρεάζει περισσότερο τους δείκτες καταπόνησης, καθώς στις 19 Σεπτεμβρίου με πιο μικρό εύρος θερμοκρασίας, καταγράφοντας πολύ μεγαλύτερη ελάχιστη και μικρότερη μέγιστη θερμοκρασία, αλλά υψηλότερη σχετική υγρασία (ιδιαίτερα η ελάχιστή της τις μεσημβρινές ώρες που μετρούσαμε τους δείκτες) βοήθησαν στη διατήρηση των δεικτών σε επίπεδα όπως στις 10 Σεπτεμβρίου, ημέρα όπου η ελάχιστη και μέση θερμοκρασία ήταν μικρότερες, αλλά η σχετική υγρασία ήταν παρόμοια με τις 19 Σεπτεμβρίου (Πίν. 3.24).

Από τη σύγκριση των δύο μεταχειρίσεων, προέκυψε πως τα φύλλα των δέντρων στα οποία είχε διακοπεί η άρδευση είχαν παρόμοια θερμοκρασία, ενώ είχαν μικρότερες τιμές CWSI και YΔB από τα φύλλα των αρδευόμενων δέντρων (Πίν. 3.35, 3.36).

Όσον αφορά τους δείκτες T1-T3 και CWSI, οι τιμές στο πάνω μέρος της κόμης ήταν χαμηλότερες από τις αντίστοιχες στο κάτω μέρος της κόμης (Πίν. 3.36).

3.3.4 Αποτύπωμα άνθρακα

3.3.4.1 Αχλάδια Κρυστάλλι – ΟΠ1

Πίνακας 3.37 Υπολογισμός αποτυπώματος άνθρακα βάσει των καλλιεργητικών πρακτικών που εφάρμοσε ο παραγωγός στον οπωρώνα ΟΠ1 με την ποικ. αχλαδιών Κρυστάλλι. CE είναι kg CO₂ που εκπέμφθηκαν στην ατμόσφαιρα.

Καλλιεργητική εργασία	CE ha ⁻¹	% ανά εργασία
Χειμερινό κλάδεμα	849,25	12,4
Θερινό κλάδεμα	148,33	2,2
Άρδευση	1261,36	18,4
Λίπανση	584,83	8,5
Ζιζάνια	748,25	10,9
Φυτοπροστασία	3103,28	45,3
Συγκομιδή	162,54	2,4
Λοιπά-Νέα φύτευση	0,00	0,0
Σύνολο Κρυστάλλι	6857,8	100

Εφόσον η παραγωγή του ΟΠ1 ανήλθε σε 35000 kg ha⁻¹, το αποτύπωμα άνθρακα υπολογίζεται σε 196 g CO₂e kg⁻¹ καρπών. Το μεγαλύτερο μέρος εκπομπών CE οφείλεται στη φυτοπροστασία, που συνδυαστικά με τη ζιζανιοκτονία καταλαμβάνουν ποσοστό άνω του 55% (Πίν. 3.37).

3.3.4.2 Αχλάδια Santa Maria – ΟΠ2

Πίνακας 3.38 Υπολογισμός αποτυπώματος άνθρακα βάσει των καλλιεργητικών πρακτικών που εφάρμοσε ο παραγωγός στον οπωρώνα ΟΠ2 με την ποικ. αχλαδιών Santa Maria. CE είναι kg CO₂ που εκπέμφθηκαν στην ατμόσφαιρα.

Καλλιεργητική εργασία	CE ha ⁻¹	% ανά εργασία
Χειμερινό κλάδεμα	717,26	16,3
Θερινό κλάδεμα	105,62	2,4
Άρδευση	497,86	11,3
Λίπανση	465,75	10,6
Ζιζάνια	628,55	14,3
Φυτοπροστασία	1850,56	42,1
Συγκομιδή	127,35	2,9
Λοιπά-Νέα φύτευση	0,00	0,0
Σύνολο Santa Maria	4392,9	100

Όμοια με τον ΟΠ1, η φυτοπροστασία και η ζιζανιοκτονία συνδυαστικά, καταλαμβάνουν ποσοστό μεγαλύτερο του 55% (Πίν. 3.38). Η παραγωγή του ΟΠ2 άγγιξε τα 20000 kg ha⁻¹ οπότε το αποτύπωμα άνθρακα εκτιμάται στα 219 g CO₂e kg⁻¹.

3.3.4.3 Ροδάκινα Maria Bianca – ΟΠ3

Πίνακας 3.39 Υπολογισμός αποτυπώματος άνθρακα βάσει των καλλιεργητικών πρακτικών που εφάρμοσε ο παραγωγός στον οπωρώνα ΟΠ2 με την ποικ. ροδάκινων Maria Bianca. CE είναι kg CO₂ που εκπέμφθηκαν στην ατμόσφαιρα.

Καλλιεργητική εργασία	CE ha ⁻¹	% ανά εργασία
Χειμερινό κλάδεμα	119,83	3,4
Θερινό κλάδεμα	21,33	0,6
Άρδευση	919,84	26,4
Λίπανση	977,91	28,0
Ζιζάνια	640,73	18,4
Φυτοπροστασία	753,04	21,6
Συγκομιδή	57,29	1,6
Λοιπά-Νέα φύτευση	0,00	0,0
Σύνολο Maria Bianca	3490,0	100

Τα αποτελέσματα του υπολογισμού του αποτυπώματος άνθρακα για τα Maria Bianca καταδεικνύουν πως η λίπανση και η άρδευση ευθύνονται για το ήμισυ του ποσοστού, αν και στη φυτοπροστασία αθροιστικά με τη ζιζανιοκτονία αποδίδεται ποσοστό περίπου 40% (Πίν. 3.39). Με την ετήσια παραγωγή να έχει ανέλθει σε 25000 kg ha⁻¹, για κάθε κιλό καρπών απαιτήθηκαν 140 g CO₂e.

4. Συζήτηση

4.1 ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗ ΔΙΑΦΟΡΙΚΗ ΛΙΠΑΝΣΗ

4.1.1 Χαρακτηριστικά φύλλων

4.1.1.1 Αχλάδια Κρυστάλλι ΟΠ1

Αναλύοντας τα αποτελέσματα των πειραμάτων που διεξήχθησαν για τη μελέτη της επίδρασης του χρόνου αλλά και της εφαρμοσμένης αγωγής λίπανσης διαπιστώνεται πως τα φύλλα κατά τον Σεπτέμβριο λειτούργησαν υπό συνθήκες θερμικής καταπόνησης εν συγκρίσει με την κατάσταση τον Ιούλιο, όπως καταδεικνύεται από τους δείκτες RWC και WSD. Αυτό, επίσης γίνεται αντιληπτό από το ποσοστό ΞΟ αλλά και το ΕΒΦ που παρουσίασαν αυξημένες τιμές εφόσον τα φύλλα είχαν χάσει νερό. Η καταπόνηση που παρατηρείται συνάδει με την υψηλότερη θερμοκρασία των φύλλων τον Σεπτέμβριο και τον υψηλότερο CWSI. Παράλληλα, αυξήθηκε η ποσότητα χλωροφυλλών a και b, καθιστώντας τα φύλλα πιο παραγωγικά σε σχέση με την περίοδο του Ιουλίου που οι ανάγκες των καρπών ήταν μεγαλύτερες και όπως έχει αποδειχθεί υπάρχει μια μετατόπιση των θρεπτικών συστατικών στους καρπούς κυρίως λίγο πριν την ωρίμανση (Neilsen et al, 2006), περίοδος που συμπίπτει με τη 18^η Ιουλίου.

Η παρουσία των καρπών δε φαίνεται να έχει επηρεάσει τη λειτουργικότητα των φύλλων κατά τον Ιούλιο, αφού και μετασυλλεκτικά ο δείκτης Fv/Fm στα δέντρα που εφαρμόστηκε ορθολογική λίπανση εμφανίστηκε υψηλότερος. Ο συγκεκριμένος δείκτης αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά και ευρέως χρησιμοποιούμενα εργαλεία με σκοπό της απόκτηση πληροφοριών για την κατάσταση και λειτουργία του φωτοσυστήματος 2 (Wang, et al., 2012). Η αυξημένη λειτουργικότητα των φύλλων της ορθολογικής λίπανσης ενδεχομένως οφείλεται στη μεγαλύτερη περιεκτικότητα N (2,8 έναντι 2,37 του μάρτυρα) σύμφωνα με τα αποτελέσματα της φυλλοδιαγνωστικής.

4.1.1.2 Αχλάδια Santa Maria ΟΠ2

Στη μετασυλλεκτική μέτρηση που έλαβε χώρα στον ΟΠ2, συγκρίνοντας τα αποτελέσματα, η συγκέντρωση χλωροφυλλών ήταν υψηλότερη στα φύλλα των δέντρων που δέχτηκαν ορθολογική λίπανση. Σε αυτό πιθανόν, να έχει συνεισφέρει η καλύτερη θρεπτική κατάσταση των δέντρων του πειράματος αφού βρέθηκαν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις N και K επιτρέποντας την καλύτερη λειτουργία των φύλλων. Σύμφωνα με τον Cakmak (Cakmak, 2000), το κάλιο ενισχύει τη φωτοσυνθετική ικανότητα και παραγωγικότητα των φύλλων και σε συνδυασμό με την υψηλότερη συγκέντρωση N, πιθανόν συνετέλεσαν στην αυξημένη ποσότητα χλωροφυλλών.

Βέβαια, τα δέντρα του πειράματος εμφάνισαν χαμηλότερη RWC και υδατικό έλλειμμα. Την κατάσταση αυτή συμπληρώνει η υψηλότερη θερμοκρασία των φύλλων στον αγρό. Η μέτρηση της θερμοκρασίας αποτελεί δείκτη καταπόνησης (Wang & Gartung, 2010) κάτι που επιβεβαιώνεται κι εδώ, αλλά από τα ευρήματα της παρούσας έρευνας δε γίνεται ξεκάθαρη η αιτία.

Αντιπαραβάλλοντας τα αποτελέσματα των μετρήσεων Αυγούστου και Σεπτεμβρίου σημαντική είναι η διαφορά που παρατηρείται στη θερμοκρασία της κόμης που πιθανόν να δικαιολογείται λόγω των διαφορετικών καιρικών συνθηκών. Όμοια, οι δείκτες CWSI και SWP υποδηλώνουν πως δεν υπήρχε έντονη υδατική καταπόνηση αφού εμφανίστηκαν μειωμένοι. Ο παράγοντας που φαίνεται να έχει επηρεάσει αυτή την εξέλιξη είναι ίσως οι καιρικές

συνθήκες ή η απόσταση από την τελευταία άρδευση. Μακρά περίοδος ξηρασίας σε συνδυασμό με υψηλές θερμοκρασίες εντείνει την αύξηση του CWSI και τη μείωση του SWP, ως αποτέλεσμα της έντονης απαίτησης για διαπνοή και επακόλουθα του κλεισίματος των στοματιών. Η μέτρηση του Αυγούστου έγινε αμέσως μετά τη συγκομιδή, οπότε μεγάλη ποσότητα του συσσωρευμένου Κ έχει χαθεί με τους καρπούς με αποτέλεσμα το φυτό να μην το έχει αναπληρώσει σε τόσο σύντομο χρονικό διάστημα. Η μειωμένη παρουσία νερού στα φύλλα έχει βρεθεί να σχετίζεται με τη μειωμένη διαθεσιμότητα Κ στο φυτό (Römheld & Kirkby, 2010) και η προσρόφηση του στοιχείου από το έδαφος δύναται να επηρεάσει θετικά αυτή την κατάσταση αλλά με την παρέλευση του χρόνου και όχι άμεσα.

4.1.1.3 Ροδάκινα *Maria Bianca* ΟΠ3

Η ορθολογική λίπανση στον ΟΠ3 δε φάνηκε να έχει επηρεάσει τη συγκέντρωση των μακροστοιχείων Ν, Ρ, Κ σύμφωνα με τα αποτελέσματα της φυλλοδιαγνωστικής ανάλυσης, παρότι η μείωση των χορηγούμενων ποσοτήτων για το καθένα μειώθηκε σημαντικά.

Όμοια δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χαρακτηριστικών των φύλλων ανάμεσα στις δύο μεταχειρίσεις. Φάνηκε πως τα φύλλα του μάρτυρα περιείχαν χλωροφύλλες α και β σε υψηλότερες συγκεντρώσεις. Σε συνδυασμό όμως με τη μικρότερη παραγωγικότητα των δέντρων που δέχτηκαν την ορθολογική λίπανση, είναι εύλογο να συμπεράνουμε πως τα φύλλα του μάρτυρα λειτούργησαν πιο παραγωγικά ώστε να καλύψουν τις ανάγκες της ηρητημένης παραγωγής. Προς αυτή την κατεύθυνση κινείται και η παρατήρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του καρπού, αφού φάνηκε πως η ορθολογική λίπανση επέφερε καθυστέρηση της ωρίμανσης. Μειώνοντας την ποσότητα Ν και Κ που χορηγούνται στην καλλιέργεια έχει βρεθεί να μειώνει τόσο τη φωτοσυνθετική ικανότητα και την περιεκτικότητα φωτοσυνθετικών προϊόντων όχι μόνο των φύλλων αλλά και του δέντρου ολόκληρου, καθώς και την παραγωγικότητά του (Neilsen, et al, 2006) (Xia, et al, 2009).

4.1.2 Ποιότητα καρπών

4.1.2.1 Αχλάδια *Κρυστάλλι* ΟΠ1

Σύμφωνα με τα δείγματα καρπών που ελήφθησαν από τον αγρό και εξετάστηκαν στο εργαστήριο για διάφορες ποιοτικές παραμέτρους, οι σημαντικές διαφορές που παρατηρήθηκαν αφορούσαν κυρίως τη σκληρότητα της σάρκας και το βάρος των καρπών, ενώ όχι τόσο σημαντική διαφορά είχαν τα ΔΣΣ των καρπών. Η λίπανση με Ν και Κ έχει αποδειχθεί πως έχει άμεση επίδραση στις συγκεκριμένες παραμέτρους. Υψηλή ποσότητα Ν ενισχύει την υδρόλυση του αμύλου σε σάκχαρα επισπεύδοντας την ωρίμανση (Neilsen, Neilsen, Herbert, Guak, & Millard, 2006), βελτιώνει το μέγεθος των καρπών σε συνδυασμό με το Κ (Daoud, Pawelzik, & Naumann, 2020) και κατά συνέπεια επηρεάζει και τη σκληρότητα της σάρκας.

Στις μεταχειρίσεις με ορθολογική λίπανση η σκληρότητα της σάρκας εμφανίστηκε σημαντικά αυξημένη παρόλο που τα ΔΣΣ ήταν επίσης αυξημένα. Στα ΔΣΣ περιλαμβάνεται και το Κ που είναι διαθέσιμο στα χυμοτόπια των κυττάρων. Υψηλότερη συγκέντρωση Κ πιθανόν προκάλεσε και τη μεταβολή στη συγκέντρωση των ΔΣΣ.

4.1.2.2 Ροδάκινα *Maria Bianca* ΟΠ3

Στους καρπούς ροδακινιάς που συλλέχθηκαν για αξιολόγηση η χρωματική παράμετρος a^* εμφάνισε σημαντική διαφορά. Το χρώμα των καρπών που προήλθαν από την ορθολογική

λίπανση ήταν εμφανώς πιο πράσινο και επιβεβαιώθηκε με τη μέτρηση της παραμέτρου a^* . Τα αποτελέσματα αυτής της μέτρησης επηρεάζουν σημαντικά και την τιμή της μεταβλητής hue.

Αξιοποιώντας και συνδυάζοντας τα ευρήματα των μετρήσεων της διατροφικής αξίας των καρπών (φαινολικά και αντιοξειδωτικές ουσίες), δικαιολογείται ο χρωματισμός των ροδάκινων της ορθολογικής λίπανσης. Υπήρχε αρκετά σημαντική διαφορά όσον αφορά τα ΔΣΣ, τα οποία αποτελούν δείκτες ποιότητας και ωριμότητας σε συνδυασμό με το χρώμα των καρπών (Tiwari, 2005) (Nielsen, Nielsen, Herbert, Guak, & Millard, 2006). Είναι ασφαλές να συμπεράνουμε, όπως και αναφέρθηκε παραπάνω, πως η ωρίμανση είχε καθυστερήσει και κατά τη στιγμή της δειγματοληψίας οι καρποί των δέντρων που δέχτηκαν ορθολογική λίπανση ήταν ακατάλληλοι για συγκομιδή συγκριτικά με το μάρτυρα. Παρόλα αυτά είχαν ήδη καλύτερη οργανοληπτική ποιότητα.

4.2 ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗ ΔΙΑΦΟΡΙΚΗ ΑΡΔΕΥΣΗ

4.2.1 Χαρακτηριστικά φύλλων

4.2.1.1 Αχλάδια Κρυστάλλι – ΟΠ1

Κατά τη διάρκεια των τριών ημερών που έλαβαν χώρα οι μετρήσεις πεδίου και ελήφθησαν τα δείγματα των φύλλων για ανάλυση στο εργαστήριο, τα εύρη τιμών των κλιματικών παραγόντων ήταν όμοια μεταξύ τους.

Αναφορικά με τα χαρακτηριστικά των φύλλων, η διαφορετική προσέγγιση άρδευσης δεν επηρέασε σημαντικά κανένα από τα χαρακτηριστικά τους. Σύμφωνα με ευρήματα ερευνητών η ελλειμματική άρδευση μετασυσλεκτικά προκάλεσε μείωση της βλάστησης (Ningbo, et al., 2008). Σε συνθήκες ξηρασίας, η ανοχή των δέντρων διατηρείται μέχρι και στο 60% της υδατοχωρητικότητας του εδάφους (Li & Zhang, 2004), οπότε σε περίπτωση που διατηρήθηκε σε αυτά τα επίπεδα κατά την περίοδο των μετρήσεων, η ξηρική μεταχείριση δεν εμφάνισε συμπτώματα.

Επιπλέον, οδεύοντας προς το γηρασμό τους, μειώνεται η διαπνοή των φύλλων με αποτέλεσμα να αναστέλλονται οι φωτοσυνθετικές λειτουργίες που θα επηρέαζαν τα χαρακτηριστικά των φύλλων (Krupinska, 2007). Έτσι και διαπιστώθηκε, ότι η συνολική χλωροφύλλη ανά μονάδα ξηρού βάρους (TChI) μειώθηκε όπως και η συνολική χλωροφύλλη ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (TChI_{m2}). Σαν μηχανισμός άμυνας των φυτών στην ξηρασία, μπορεί να προκληθεί μείωση της συγκέντρωσης των χλωροφυλλών, επιβεβαιώνοντάς το και με την απώλεια χλωροφυλλών που παρατηρήθηκε στη δεύτερη μέτρηση. Ο γηρασμός των φύλλων, που επισπεύδεται από φαινόμενα ξηρασίας, προκαλεί την αποδόμηση των χλωροφυλλών (Buchanan-Wollaston, 1997). Για την αντοχή στην ξηρασία είναι αξιοσημείωτη η συνεισφορά της αποδοτικότητας χρήσης νερού (WUE). Όσο η φωτοσυνθετική λειτουργία διατηρείται ενώ ταυτόχρονα μειώνεται η διαπνοή λόγω γηρασμού των φύλλων, τόσο αυξάνεται η WUE καθιστώντας τα φυτά πιο ανθεκτικά στην ξηρασία (Himes, et al., 2020).

Με την πάροδο του χρόνου επηρεάστηκαν περισσότερο οι δείκτες προσδιορισμού της υδατικής κατάστασης των φύλλων και η ξηρά ουσία. Η σχετική περιεκτικότητα σε νερό των φύλλων παρουσίασε έντονη διακύμανση μεταξύ των μετρήσεων. Στη μέτρηση της 12^{ης} Σεπτεμβρίου παρατηρήθηκε αύξηση της τιμής του δείκτη ενώ στην επόμενη μέτρηση

εμφανίστηκε μειωμένος. Οι καιρικές συνθήκες δεν ευνοούν αυτή τη μεταβολή, επομένως ίσως να οφείλεται σε άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως η μειωμένη ηλιακή ακτινοβολία ή θερμοκρασία των φύλλων κατά την ημέρα των μετρήσεων που δεν επέφεραν έντονη διαπνοή και απώλεια νερού. Αναμενόμενο ήταν το γεγονός ότι το έλλειμα κορεσμού του νερού των φύλλων παρουσίασε ίδια πορεία με το δείκτη RWC.

4.2.1.1 *Αχλάδια Santa Maria – ΟΠ2*

Τα περισσότερα χαρακτηριστικά των φύλλων δε φάνηκε να επηρεάστηκαν από τη διαφορετική προσέγγιση άρδευσης. Όπως και με τα φύλλα του ΟΠ1, το ποσοστό ΞΟ παρουσιάστηκε μειωμένο στα φύλλα των δέντρων του πειράματος, αφού επηρεάζεται από το ΕΒΦ και από τους υδατικούς δείκτες RWC που WSD, που επίσης διέφεραν σημαντικά μεταξύ ξηρικών και αρδευόμενων μεταχειρίσεων. Χαμηλότερες τιμές στις ξηρικές μεταχειρίσεις καταδεικνύει την επίδραση της έλλειψης νερού αλλά όχι σε βαθμό ικανό να επηρεάσει σημαντικά τη φωτοσυνθετική ικανότητα των φύλλων, αφού οι ανάλογοι δείκτες δεν παρουσίασαν σημαντική διακύμανση.

Ενδιαφέρον έχουν τα ευρήματα μεταξύ των διαφορετικών ημερομηνιών μέτρησης. Η μεταβολή των καιρικών συνθηκών και ιδιαίτερα η μειωμένη σχετική υγρασία προκάλεσαν την αντίδραση των μελετώμενων δεικτών.

Οι δείκτες της υδατικής κατάστασης των φύλλων παρουσίασαν εντονότερη διαφοροποίηση μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης. Φαίνεται πως η πτώση της σχετικής υγρασίας συνετέλεσε στην απώλεια μεγαλύτερης ποσότητας νερού στις 12/9, επηρεάζοντας ταυτόχρονα και το ποσοστό ξηράς ουσίας με ανάλογη διακύμανση. Η ξηρασία επιδρά άμεσα στην υδατική κατάσταση των φύλλων προκαλώντας αφυδάτωση και έναρξη της διαδικασίας γηρασμού των φύλλων (Ma, Zhang, Burgess, Rossi, & Huang, 2018), εφόσον αυτό έχει μειωθεί σημαντικά στο έδαφος (δεν μετρήθηκε η υγρασία εδάφους). Τα μεγαλύτερης ηλικίας φύλλα εμφανίζουν υψηλότερο ποσοστό ξηράς ουσίας, πόσω μάλλον υπό την επίδραση της απώλειας νερού, αφού μειώθηκε και το ειδικό βάρος του φύλλου.

Η αφυδάτωση και ο γηρασμός των φύλλων είχαν έντονη επίδραση στη συνολική χλωροφύλλη ανά μονάδα ξηρού βάρους, αφού μειώθηκε αισθητά αλλά σημαντικότερη ήταν η μείωση που υπέστη η συνολική χλωροφύλλη ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου. Τα φύλλα επηρεάστηκαν από την ξηρασία καθώς ο λόγος συγκέντρωσης των χλωροφυλλών μειώθηκε. Αυτό αποδίδεται στην έντονη πτώση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης *a* με μικρότερη πτώση των επιπέδων της χλωροφύλλης *b*. Η αποδόμηση των χλωροφυλλών επηρέασε περισσότερο τις τιμές της πρώτης, την ώρα που και οι τιμές του ποσοστού ξηράς ουσίας παρουσίασαν άνοδο, και οι ανάγκες ή και η δυνατότητα φωτοσυνθετικής λειτουργίας μειώθηκαν. Ο γηρασμός των φύλλων προκαλεί την αποδόμηση των χλωροφυλλών και τα φαινόμενα ξηρασίας επισπεύδουν τη διαδικασία αυτή (Buchanan-Wollaston, 1997), εξ ου και τα αποτελέσματα.

4.2.2 Μετρήσεις πεδίου

4.2.2.1 *Αχλάδια Κρυστάλλι – ΟΠ1*

Εφόσον οι μετρήσεις που έγιναν για τον προσδιορισμό του φθορισμού της χλωροφύλλης δεν εμφάνισαν διαφορά τόσο μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων (ξηρικά – αρδευόμενα) όσο και μεταξύ των ημερομηνιών, δε μπορούμε να χαρακτηρίσουμε τα φυτά καταπονημένα σε

βαθμό που να μην αξιοποιείται το ηλιακό φως. Ενδιαφέρον θα είχε η μέτρηση της 12^{ης} Σεπτεμβρίου, αλλά λόγω βλάβης του οργάνου μέτρησης, δεν έχει μετρηθεί. Η όποια καταπόνηση λόγω ξηρασίας που παρατηρήθηκε στα φύλλα του πειράματος δεν αντικατοπτρίζεται στη διαφορά των τιμών του δείκτη F_v / F_m .

Η διαφορά μεταξύ ξηρικών και αρδευόμενων έγινε έκδηλη, όταν μετρήθηκε το υδατικό δυναμικό των βλαστών. Οι διακυμάνσεις που εμφανίζονται είναι σημαντικές μεταξύ αρδευόμενων και ξηρικών δέντρων αλλά και μεταξύ των ημερομηνιών μέτρησης. Το ΥΔΒ αποτελεί την πιο αξιόπιστη μέθοδο για την ανίχνευση υδατικών καταπονήσεων αφού όπως έχει μελετηθεί, αντανακλά άμεσα τόσο την ποσότητα νερού που εφαρμόζεται όσο και την υδατική κατάσταση του βλαστού (Qassim, Goodwin, & Bruce, 2013). Η παρόμοια τιμή του δείκτη στις 12/9 προκαλεί έντονο ενδιαφέρον αφού από τις καιρικές συνθήκες δε δικαιολογείται τέτοια μεταβολή η οποία ανατρέπεται στην επόμενη μέτρηση όπου το ΥΔΒ εμφανίζεται μειωμένο, δηλαδή η υδατική κατάσταση των βλαστών ήταν καλύτερη στις 12/9. Η παρατήρηση αυτή εναρμονίζεται με τις τιμές της θερμοκρασίας της κόμης και με τις τιμές του δείκτη υδατικής καταπόνησης που παρουσίασαν την ίδια πορεία.

Η θερμοκρασία της κόμης παρουσίασε την ίδια διακύμανση με το ΥΔΒ. Τόσο μεταξύ μάρτυρα και πειράματος όσο και μεταξύ ημερομηνιών. Η μειωμένη άρδευση πιθανόν προκάλεσε μείωση της διαπνοής των φύλλων με κλείσιμο των στοματίων με αποτέλεσμα η θερμοκρασία να ακολουθεί ανοδική πορεία. Αυτό όμως δε διαπιστώνεται από τα αποτελέσματα της τρίτης μέτρησης, όπου η θερμοκρασία εμφανίζεται μειωμένη παρότι επικρατούν παρόμοιες καιρικές συνθήκες. Ακόμα και η θέση των φύλλων επηρέασε τις τιμές των μετρήσεων, με τα φύλλα που φύονταν στο κάτω μέρος της κόμης να έχουν υψηλότερη θερμοκρασία σε αντίθεση με αυτά του πάνω μέρους. Φαίνεται πως η εκτεταμένη έκθεση των φύλλων στην ηλιακή ακτινοβολία δεν επηρέασε τη θερμοκρασία τους. Αντ' αυτού, η θερμοκρασία των φύλλων του κατώτερου μέρους της κόμης φαίνεται να επηρεάζεται από τις ιδιαίτερα υψηλές τιμές θερμοκρασίας του εδάφους και από την ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας που αντανακλάται στην ατμόσφαιρα από αυτό.

4.2.2.2 *Αχλάδια Santa Maria – ΟΠ2*

Το σκηνικό των αποτελεσμάτων στην ποικιλία Santa Maria διαφέρει από αυτό της ποικιλίας Κρυστάλλι.

Καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων το ΥΔΒ διέφερε σημαντικά μεταξύ των δύο τακτικών άρδευσης. Οι τιμές που έλαβε, φανέρωσαν τη δεινότερη υδατική κατάσταση των ξηρικών δέντρων σε σύγκριση με τα αρδευόμενα. Το ΥΔΒ του μάρτυρα δεν επηρεάστηκε σημαντικά, πέρα από την τελευταία μέτρηση της 19^{ης} Σεπτεμβρίου, σε αντίθεση με το ΥΔΒ των ξηρικών μεταχειρίσεων που ήταν σαφώς πιο μειωμένο κατά τη δεύτερη μέτρηση. Φαίνεται πως η σημαντική πτώση της σχετικής υγρασίας την ημέρα των μετρήσεων επέφερε μεγαλύτερη ανάγκη για αύξηση της διαπνοής από την οποία επηρεάστηκαν περισσότερο τα ξηρικά δέντρα.

Ο δείκτης υδατικής καταπόνησης επηρεάστηκε εξίσου από τις καιρικές συνθήκες. Ενώ η υδατική καταπόνηση του μάρτυρα ήταν σταθερά χαμηλότερη από αυτή του πειράματος, κατά την τρίτη μέτρηση αυτό ανατράπηκε. Παρόμοια, η καταπόνηση των φύλλων που βρισκόταν σε χαμηλότερη θέση της κόμης εμφάνισαν χαμηλότερη καταπόνηση. Δε φαίνεται να έχουν επηρεαστεί από την αντανακλούσα ηλιακή ακτινοβολία όπως συνέβη στον ΟΠ1.

Η μειωμένη άρδευση δε φάνηκε να επηρεάζει τη θερμοκρασία των φύλλων. Η κύρια παράμετρος που έπαιξε ρόλο στη διακύμανση των τιμών της φαίνεται να ήταν οι καιρικές συνθήκες. Η υψηλότερη μέγιστη θερμοκρασία αέρα μεταξύ των τριών ημερών παρατηρήθηκε στις 13/9, κάτι που αντικατοπτρίζεται και στην αύξηση της θερμοκρασίας των φύλλων την ίδια ημέρα. Σημαντική ήταν, ακόμη, η διαφορά που παρατηρήθηκε μεταξύ των φύλλων του άνω και κάτω μέρους της κόμης. Εκτενέστερη έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία των ανώτερων φύλλων προκάλεσε και αύξηση της θερμοκρασίας με σημαντική διαφορά συγκριτικά με τα κατώτερα φύλλα.

4.3 ΛΙΠΑΝΣΗ, ΑΡΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ

Η μείωση της αζωτούχου λίπανσης δεν έφερε κάποιο αποτέλεσμα στη συγκέντρωση N στα φύλλα. Βρέθηκε όμως ότι οι εισροές N με το αρδευτικό νερό ήταν πολύ υψηλές, πολύ υψηλότερες κατά πάσα πιθανότητα από τις εκροές με τους καρπούς και τη βλάστηση. Έτσι, υπάρχει η δυνατότητα περαιτέρω μείωσης του N που εφαρμόζεται με τη χημική λίπανση.

Από την άλλη μεριά, το αρδευτικό νερό περιείχε σημαντικές ποσότητες Ca και Mg, τα οποία μπορεί να δρουν ανταγωνιστικά με το K στο έδαφος για την πρόσληψή του από τις ρίζες του φυτού. Αυτός ίσως είναι και ο λόγος της μειωμένης συγκέντρωσης K στα φύλλα. Βέβαια, είναι γνωστό ότι το K είναι ευκίνητο και οι ανάγκες των αναπτυσσόμενων καρπών είναι μεγάλες, που είναι πιθανόν να καλύπτονται μερικώς από το K των φύλλων. Θα πρέπει να δοκιμαστεί και η εντονότερη υδρολίπανση με K ή ίσως να είναι ακόμα πιο αποτελεσματική η διαφυλλική λίπανση με K σε συνδυασμό με περιορισμένη μείωση του αρδευτικού νερού, ώστε να μειωθεί σε κάποιο βαθμό και η προσθήκη με το αρδευτικό νερό N, Ca και Mg. Μείωση του αρδευτικού νερού θα μειώσει το αποτύπωμα της καλλιέργειας και μπορεί να δοκιμαστεί στα τέλη της άνοιξης – αρχές Ιουνίου (και για μείωση της βλαστικής ανάπτυξης) και μετασυλλεκτικά.

4.4 ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΑΝΘΡΑΚΑ

Η ανάγνωση των αποτελεσμάτων υπολογισμού του αποτυπώματος άνθρακα, παρέχουν τη δυνατότητα για εξαγωγή ποικίλων συμπερασμάτων που θα προωθήσουν πιο λιτή διαχείριση της καλλιέργειας που θα προσεγγίζει την αειφορία. Αποδείχτηκε πως η λίπανση με μεγαλύτερη ποσότητα αζώτου δεν επηρέασε την παραγωγή και την αντίδραση των ΟΠ1 και ΟΠ2. Ιδανικά, η ορθολογική λίπανση επιτυγχάνεται με τη διεξαγωγή έρευνας για την αντίδραση των φυτών σε περισσότερες δόσεις λιπασμάτων ώστε να επιτυγχάνεται μείωση των εισροών, ισορροπία βλάστησης-καρποφορία και υψηλή ποιότητα προϊόντων. Η λίπανση με K είναι ιδιαίτερα σημαντική και στις τρεις παραπάνω παραμέτρους (Awasthi, Bhutani, Mankotia, Kaith, & Dev, 1998) και η εφαρμογή του θα πρέπει να γίνεται με γνώμονα τη βελτίωση της διαθεσιμότητάς του (Römheld & Kirkby, 2010). Αρωγός σε αυτή την προσπάθεια είναι το σύστημα άρδευσης. Με τη στάγδην άρδευση επιτυγχάνεται βελτίωση της αποδοτικότητας χρήσης νερού από 17% έως και 46,1% (Yang, Zhang, Li, & Liu, 2013), όταν δε χρησιμοποιηθεί σύστημα υπόγειας στάγδην άρδευσης, είναι δυνατή η επίτευξη μείωσης της ποσότητας άρδευσης κατά 27-37%, όπως έχει βρεθεί σε οπωρώνες μηλιάς (Seung, Pyoung, Seong, & Selvakumar, 2018). Μειώνοντας την άρδευση κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου και την χορήγηση λιπασμάτων, κυρίως N και K, τις εποχές που εντοπίζονται οι ανάγκες των φυτών, περιορίζεται και η ανάπτυξη των ζιζανίων. Λαμβάνοντας υπόψιν αυτούς τους παράγοντες που αποτελούν το 80% των εκπομπών διοξειδίου του

άνθρακα, γίνεται αντιληπτό πως η πρόθεση για προϊόντα φιλικότερα προς το περιβάλλον μπορεί να υλοποιηθεί αρκεί να εφαρμοστούν οι κατάλληλες τεχνικές. Ήδη τα αποτελέσματα για το αποτύπωμα άνθρακα των συγκεκριμένων οπωρώνων είναι ενθαρρυντικά, αφού σύμφωνα και με άλλα ευρήματα συμβατικής καλλιέργειας έχει υπολογιστεί πως οι εκπομπές κυμαίνονταν μεταξύ 192-229 g CO₂e kg⁻¹ καρπών (Figueiredo, et al., 2013). Βέβαια, η φυτοπροστασία είναι σημαντικότατος παράγοντας αύξησης του αποτυπώματος άνθρακα στην παρούσα μελέτη. Η μείωση της χρήσης φυτοπροστατευτικών φαίνεται ότι είναι επιβεβλημένη για τη μείωση του αποτυπώματος, αλλά και του οικονομικού αποτελέσματος της καλλιέργειας και της ανάγκης για προϊόντα με λιγότερα υπολείμματα και πιο ασφαλή για τον αγρότη και τον καταναλωτή. Η ενσωμάτωση τεχνολογιών γεωργίας ακριβείας και η δυνατότητα άμεσης παρακολούθησης και επεξεργασίας δεδομένων των δεικτών ανάπτυξης της καλλιέργειας και των εχθρών και ασθενειών, είναι μονόδρομος στο να συναινέσουν σε πιο οικολογική προσέγγιση καλλιέργειας που υπό προϋποθέσεις θα καταστεί και πιο οικονομική.

5 Συμπεράσματα

Αρχικά, η μείωση της αζωτούχου λίπανσης δεν επέφερε σημαντικές και αξιόλογες διαφορές στην ποιότητα καρπών της αχλαδιάς αλλά επηρέασε τη ροδακινιά. Συνεπώς, με επαληθευμένο τις δόσεις N που εφαρμόστηκαν στους τρεις οπωρώνες και συνδυαστικά με τα αποτελέσματα των αναλύσεων θα συνταχθεί η λιπαντική αγωγή της επόμενης περιόδου ώστε να αποτιμηθεί κατά προσέγγιση, με περισσότερες μετρήσεις, η κατάλληλη ποσότητα λίπανσης που θα εφαρμοστεί στον οπωρώνα με γνώμονα την αειφορία. Σε αυτή την κατεύθυνση συμβαδίζει και η τακτική της μειωμένης - ακόμα και μηδενικής - ποσότητας άρδευσης που εφαρμόστηκε μετασυσληκτικά δίχως να επηρεάσει σημαντικά την κατάσταση του φυτού. Οι συμβατικές πρακτικές διαχείρισης των οπωρώνων επιδέχονται αλλαγών, τείνοντας προς την αειφορία, σε τέτοιο βαθμό που δεν επηρεάζεται η ποιότητα των παραγόμενων παραγόντων. Η παρούσα διατριβή αφορά το πρώτο έτος πραγματοποίησης του πειράματος, το οποίο θα συνεχιστεί την επόμενη διετία αφού οι παράγοντες που μετρήθηκαν και αναλύθηκαν συνεχίζουν να προσελκύουν ερευνητικό ενδιαφέρον.

Βιβλιογραφία

- Abbasi, K., Majid, M., & Nasir, R. (2013, March). Effect of N fertilizer source and timing on yield and N use efficiency of rainfed maize (*Zea mays* L.) in Kashmir–Pakistan. *Geoderma*, 195-196, pp. 87-93.
- Abbott, J. (1999, November). Quality measurement of fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 15, pp. 207-225.
- Alonso, A., & Guzmán, G. (2010). Comparison of the Efficiency and Use of energy in organic and conventional farming in Spanish agricultural systems. *Journal of Sustainable Agriculture*, 34, pp. 312-338.
- Awasthi, R., Bhutani, v., Mankotia, M., Kaith, N., & Dev, G. (1998, May). Potash improves the yield and quality of July Elberta peach. *Better Crops International*, 12, pp. 30-31.
- Boustead, I., & Hancock, G. (1979). *Handbook of industrial Energy Analysis*. Horwood. Chichester: Horwood.
- Brunetto, G., Bastos de Melo, G., Toselli, M., Quartieri, M., & Tagliavini, M. (2015, October). The role of mineral nutrition on yields and fruit quality in grapevine, pear and apple. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 37, pp. 1089-1104.
- Buchanan-Wollaston, V. (1997, February). The molecular biology of leaf senescence. *Journal of Experimental Botany*, 48, σσ. 181-199.
- Buwalda, J., & Meekings, J. (1990, January). Seasonal accumulation of mineral nutrients in leaves and fruit of Japanese pear (*Pyrus serotina* Rehd.). *Scientia Horticulturae*, 41, pp. 209-222.
- Cakmak, I. (2000, May). Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. *New Phytologist*, 146, pp. 185-205.
- Choné, X., Van Leeuwen, C., Dubourdieu, D., & Gaudillère, J. (2001). Stem water potential is a sensitive indicator of grapevine water status. *Annals of Botany*, 87, pp. 477-483.
- Daoud, B., Pawelzik, E., & Naumann, M. (2020, October). Different potassium fertilization levels influence water-use efficiency, yield, and fruit quality attributes of cocktail tomato—A comparative study of deficient-to-excessive supply. *Scientia Horticulturae*, 272.
- Diacono, M., & Montermuro, F. (2011, January). Long-term effects of organic amendments on soil fertility. *Sustainable Agriculture*, 2, pp. 761-786.
- Engels, C., Kirkby, E., & White, P. (2012). Chapter 5 - Mineral nutrition, yield and source–sink relationships. Στο P. Marschner (Επιμ.), *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants (Third Edition)* (σσ. 85-133). Academic Press.
- Figueiredo, F., Castanheira, E., Feliciano, M., Rodrigues, M., Peres, A., Maia, F., . . . Freire, F. (2013). Carbon footprint of apple and pear: orchards, storage and distribution. Coimbra.
- Fluck, R. (1992). *Energy in Farm Production*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V.
- Fluck, R., & Baird, C. (1982). *Agricultural Energetic*. Westport,CT: AVI Publications.

- Genitsariotis, M., Stougioti, O., Tsarouhas, B., & Chiloumis, G. (1996). *Alternative Farming Practices in Integrated Olive Groves*. Thessaloniki, Greece: Aristotele University of Thessaloniki.
- Gifford, R. (1984). Energy in different agricultural systems: Renewable and nonrenewable sources. Στο *Advanced Series in Agricultural Sciences* (Τόμ. 14, σσ. 84-112). Berlin: Springer.
- Goh, K., & Haynes, R. (1983). Nutrient inputs and outputs in a commercial orchard and their practical implications. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture*, 11, pp. 59-62.
- Goldhamer, D., Fereres, E., Mata, M., Girona, J., & Cohen, M. (1999). Sensitivity of continuous and discrete plant and soil water status monitoring in peach trees subjected to deficit irrigation. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 124, pp. 437-444.
- Günthera, C., Marsch, K., Winz, R., Harker, R., Wohlers, M., White, A., & Goddard, M. (2014, August). The impact of cold storage and ethylene on volatile ester production and aroma perception in 'Hort16A' kiwifruit. *Food Chemistry*, σσ. 5-12.
- Halford, N. (2009, November). New insights on the effects of heat stress on crops. *Journal of Experimental Botany*, 60, pp. 4215-4216.
- Himes, A., Emerson, P., McClung, R., Renninger, H., Rosentiel, T., & Stanton, B. (2020, December). Leaf traits indicative of drought resistance in hybrid poplar. *Agricultural Water Management*, 246.
- Idso, S., Jackson, R., Pinter jr, P., Reginato, R., & Hatfield, J. (1981). Normalizing the stress-degree-day parameter for environmental variability. *Agricultural Meteorology*, 24, pp. 45-55.
- Infante, R., Contador, L., Rubio, P., Mesa, K., & Meneses, C. (2011, January). Non-destructive monitoring of flesh softening in the black-skinned Japanese plums 'Angeleno' and 'Autumn beaut' on-tree and postharvest. *Postharvest Biology and Technology*(61), pp. 35-40.
- IPI. (2020). *Institute, International Potash*. Ανάκτηση από <https://www.ipipotash.org/>
- Jákli, B., Hauer-Jákli, M., Böttcher, F., & Meyer zur Müdehorst, J. (2017, November). Leaf, canopy and agronomic water-use efficiency of field-grown sugar beet in response to potassium fertilization. *Agronomy and Crop Science*, 204, σσ. 99-110.
- Jarach, M. (1985). Sui valori di equivalenza per analisi e il bilancio energetico in agrocoltura. *Riv. De Ingegneria Agraria*, 2, σσ. 102-114.
- Kader, A. (1999). Fruit maturity, ripening, and quality relationships. *Acta Horticulturae* (485), pp. 203-208.
- Kozłowski, T., & Pallardy, S. (1997). Physiological regulation of vegetative growth. In *Growth Control in Woody Plants* (pp. 73-165). Academic Press.
- Krupinska, K. (2007). Fate and activities of plastids during leaf senescence. In *The Structure and Function of Plastids* (Vol. 23, pp. 433-449). Springer, Dordrecht.

- Lal, R. (2004, September). Carbon emission from farm operations. *Environment International*, 30, pp. 981-990.
- Lewallen, K., & Marini, R. (2003, March). Relationship between flesh firmness and ground color in peach as influenced by light and canopy position. *Journal of the American Society for Horticultural Science*(128), pp. 163-170.
- Li, F., & Zhang, J. (2004, July). Interactive effects of elevated CO₂, nitrogen and drought on leaf area, stomatal conductance, and evapotranspiration of wheat. *Agricultural Water Management*, 67, pp. 221-233.
- Liu, T., Song, S., Yuan, Y., Wu, D., Chen, M., Sun, Q., . . . Xu, C. (2015, March). Improved peach peel color development by fruit bagging. Enhanced expression of anthocyanin biosynthetic and regulatory genes using white non-woven polypropylene as replacement for yellow paper. *Scientia Horticulturae*, 184, pp. 142-148.
- Ma, X., Zhang, J., Burgess, P., Rossi, S., & Huang, B. (2018, January). Interactive effects of melatonin and cytokinin on alleviating drought-induced leaf senescence in creeping bentgrass (*Agrostis stolonifera*). *Environmental and Experimental Botany*, 145, pp. 1-11.
- Marland, G., West, T., Schlamadinger, B., & Canella, L. (2003, December). Managing soil organic carbon in agriculture: the net effect on greenhouse gas emissions. *Tellus B: Chemical and Physical Meteorology*, 55, pp. 613-621.
- Marsal, J., Mata, M., Arbones, A., Rufat, J., & Girona, J. (2002, September). Regulated deficit irrigation and rectification of irrigation scheduling in young pear trees: an evaluation based on vegetative and productive response. *European Journal of Agronomy*(17), pp. 111-122.
- Moran, M., Clarke, T., Inoue, Y., & Vidal, A. (1994, September). Estimating crop water deficit using the relation between surface-air temperature and spectral vegetation index. *Remote Sensing of Environment*, 49, pp. 246-263.
- Murphy, W. (2015). Impact of soil organic matter on soil properties—a review with emphasis on Australian soils. *Soil Research*, 53, pp. 605-635.
- Neilsen, D., Herbert, L., Guak, S., & Millard, P. (2006, October). Allocation of dry matter and N to fruit and shoots in dwarf apple in response to sink size and N availability. *Acta Horticulturae*, 721, pp. 33-40.
- Niederholzer, F., Dejong, T., Saenz, J.-L., Muraoka, T., & Weinbaum, S. (2001, May). Effectiveness of Fall versus Spring soil fertilization of field-grown peach trees. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 125, pp. 644-648.
- Ningbo, C., Taisheng, D., Shaozong, K., Fusheng, L., Jianhua, Z., Mixia, W., & LI, Z. (2008, April). Regulated deficit irrigation improved fruit quality and water use efficiency of pear-jujube trees. *Agricultural Water Management*, 95, pp. 489-497.
- O'Shaughnessy, S., & Rush, C. (2014). Precision Agriculture: Irrigation. In *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems* (pp. 521-535). Texas: Elsevier Inc.
- Pimentel, D. (1980). *Handbook of Energy Utilization in Agriculture*. Boca Raton, FL: CRC Press.

- Pimentel, D., Hurd, E., Belloti, A., Forster, M., Oka, J., Sholes, O., & Whitman, R. (1973). Food production and the energy crisis. *Science*, *182*, pp. 443-449.
- Qassim, A., Goodwin, I., & Bruce, R. (2013, January). Postharvest deficit irrigation in 'Tatura 204' peach: Subsequent productivity and water saving. *Agricultural Water Management*, *117*, pp. 145-152.
- Robles, J., Botia, P., & Perez-perez, J. (2016, February). Subsurface drip irrigation affects trunk diameter fluctuations in lemon trees, in comparison with surface drip irrigation. *Agricultural Water Management*, *165*, pp. 11-21.
- Rocha, A., Zielinski, A., Avila, S., Nogueira, A., & Wosiacki, G. (2012, September). Influence of processing on the quality of pomaceas juice *Pyrus communis* and *Malus domestica*. *Acta Scientiarum Agronomy*, *35*, pp. 107-107.
- Römheld, V., & Kirkby, E. (2010, October). Research on potassium in agriculture: needs and prospects. *Plant Soil*, *335*, pp. 155-180.
- Sedberry, J. (1987). Plant-tissue analysis as a diagnostic aid in crop production. *LSU Agricultural Experiment Station Reports* (867).
- Sete, P., Comin, J., Ciota, M., Salume, J., Thewes, F., Brackmann, A., . . . Brunetto, G. (2019, December). Nitrogen fertilization affects yield and fruit quality in pear. *Scientia Horticulturae*, *258*.
- Seung, H., Pyoung, Y., Seong, L., & Selvakumar, G. (2018, November). Effect of sprinkler, surface drip and subsurface drip irrigation methods on 'Fuji'/M9 and 'Fuji'/M26 apple orchards growth, soil properties, and water consumption. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, *51*, pp. 608-615.
- Snyder, C., Bruulsema, T., Jensen, T., & Fixen, P. (2009). Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *133*, pp. 247-266.
- Technical Committee on Standardization of Reference Evapotranspiration (2018). *The ASCE Standardized Reference Evapotranspiration Equation*. American Society of Civil Engineers.
- Tiwari, K. (2005, January). Diagnosing potassium deficiency and maximizing fruit crop productivity. *Better crop*, *89*.
- Upchurch, D., Wanjura, F., Burke, J., & Mahan, J. (1996). *United States of America Ευρεσιτεχνία Αρ. 5 539 637*.
- Usenik, V., Stampar, F., Mikulic Petkovsek, M., & Kastelec, D. (2015, March). The effect of fruit size and fruit colour on chemical composition in 'Kordia' sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*, *38*, pp. 121-130.
- Wang, D., & Gartung, J. (2010, November). Infrared canopy temperature of early-ripening peach trees under postharvest deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, *97*, pp. 1787-1794.

- Wang, P., Sun, X., Li, C., Wei, Z., Liang, D., & Ma, F. (2012, October). Long-term exogenous application of melatonin delays drought-induced leaf senescence in apple. *Journal of Pineal Research*, *54*, pp. 292-302.
- Wells, C. (2001). Total energy indicators of agricultural sustainability: Dairy farming case study. *Report to M AF Policy, Dept, of Physics, University of Otago*.
- Wintermans, I., & Mots, A. (1965, November). Spectrophotometric characteristics of chlorophylls a and b and their pheophytins in ethanol. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)*, *109*, pp. 448-453.
- Wu, C., Gao, Q.-H., Kjelgren, R., Guo, X.-D., & Wang, M. (2013, October). Yields, phenolic profiles and antioxidant activities of *Ziziphus jujube* Mill. in response to different fertilization treatments. *Molecules*, *18*, pp. 12029-12040.
- Wu, Y., Mingebe, S., Jun, L., Wenjuan, W., & Songzhong, L. (2019, June). Fertilizer and soil nitrogen utilization of pear trees as affected by the timing of split fertilizer application in rain-fed orchard. *Scientia Horticulturae*, *252*, pp. 363-369.
- Xia, G., Cheng, L., Lakso, A., & Goffinet, M. (2009, January). Effects of nitrogen supply on source-sink balance and fruit size of 'Gala' apple trees. *Journal of American Society for Horticultural Science*, *134*, pp. 126-133.
- Yang, Q., Zhang, F., Li, F., & Liu, X. (2013, March). Hydraulic conductivity and water-use efficiency of young pear tree under alternate drip irrigation. *Agricultural Water Management*, *119*, pp. 80-88.
- Zerbini, E., Spada, G., & Liverani, C. (1994, February). Selection and experimental use of colour charts as a maturity index for peach and nectarine harvesting. *Advances in horticultural science*, pp. 107-114.
- Zhang, B., Xi, W.-p., Wei, W.-w., Shen, J.-y., Ferguson, I., & Chen, K.-s. (2011, April). Changes in aroma-related volatiles and gene expression during low temperature storage and subsequent shelf-life of peach fruit. *Postharvest Biology and Technology*, pp. 7-16.
- Zhou, X., Dong, L., Li, R., Zhou, Q., Wang, J.-W., & Ji, S.-j. (2014, October). Low temperature conditioning prevents loss of aroma-related esters from 'Nanguo' pears during ripening at room temperature. *Postharvest Biology and Technology*, *σσ. 23-32*.
- Zhou, X., Luo, M., Sun, H., Zhou, Q., Ji, S.-j., Hao, Y., & Sun, Y. (2020, February 15). Methyl jasmonate pretreatment improves aroma quality of cold-stored 'Nanguo' pears by promoting ester biosynthesis. *Food Chemistry*, *338*.
- Δρογούδη, Π., Παντελίδης, Γ., & Μαγγανάρης, Α. (2013). Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά καρπών διαφορετικών ποικιλιών ροδακινιάς και νεκταρινιάς. 26ο Συνέδριο ΕΕΕΟ πρακτικά
- Θεριός, Ι. (2005). *Ανόργανη Θρέψη και Λιπάσματα*. Θεσσαλονίκη: Γαρταγάνης.
- Μήτσιος, Ι. (2004). *Γονιμότητα Εδαφών* (1η έκδοση εκδ.). Αθήνα: ΖΥΜΕΛ.
- Παναγιωτίδη, Α. (2010). Ενεργειακή ανάλυση και εκροές CO₂ στη βιολογική και συμβατική καλλιέργεια ελιάς και μηλιάς στο Νομό Μαγνησίας. *Μεταπτυχιακή διατριβή. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Τμήμα Χημείας, ΤΕΙ Ηπείρου, Ιωάννινα*.

- Παπαμιχαήλ, Δ., & Μπαμπατζιμόπουλος, Χ. (2014). *Εφαρμοσμένη Γεωργική Υδραυλική*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζήτη.
- Στυλιανίδης, Δ., Σιμώνης, Α., & Συργιαννίδης, Γ. (2002). *Θρέψη - Λίπανση Φυλλοβόλων Οπωροφόρων Δένδρων* (1η έκδοση εκδ.). Αθήνα: Εκδόσεις Σταμούλη.
- Σφακιωτάκης, Ε. (2000). *Ολοκληρωμένη Παραγωγή Γεωργικών Προϊόντων, Οπωροκηπευτικών*. Θεσσαλονίκη: Α.Π.Θ., Τμήμα Γεωπονίας.