

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**Σχολή Γεωπονικών Επιστημών**

**Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής & Αγροτικού Περιβάλλοντος**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**Επιστήμες και Συστήματα Αειφόρου Φυτικής Παραγωγής**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΑΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ**

**Αποτελεσματικότητα εφαρμογής λογισμικού ορθολογικής λίπανσης σε  
εμπορικό μηλέωνα**

**Κωνσταντίνος Παπάς**

**Βόλος 2021**



Αποτελεσματικότητα εφαρμογής λογισμικών ορθολογικής άρδευσης και λίπανσης σε  
εμπορικό μηλέωνα

Κωνσταντίνος Παππάς

Μέλη Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής:

- 1) Γεώργιος Νάνος, Καθηγητής Δενδροκομίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. (Επιβλέπων)
- 2) Νικόλαος Δαναλάτος, Καθηγητής Γεωργίας – Οικολογίας Φυτών Μεγάλης Καλλιέργειας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- 3) Βασίλειος Αντωνιάδης, Αναπληρωτής Καθηγητής Εφαρμοσμένης Εδαφολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Copyright © ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΠΑΠΠΑΣ, 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 γνωμών του συγγραφέα.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα Καθηγητή μου κύριο Γεώργιο Νάνο, Καθηγητή Δενδροκομίας του Τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος και Διευθυντή του Εργαστηρίου Δενδροκομίας, για την καθοδήγηση και τις συμβουλές του σε όλη τη διάρκεια φοίτησης μου στον παρόν Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών, ακόμη περισσότερο για την επιμέλεια, τις διορθώσεις και τη γενικότερη συνεισφορά του κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας μελέτης.

Ιδιαίτερα ευχαριστώ τα μέλη της τριμελούς επιτροπής, κύριο Νικόλαο Δαναλάτο, Καθηγητή Γεωργίας – Οικολογίας Φυτών Μεγάλης Καλλιέργειας του Τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος και κύριο Βασίλειο Αντωνιάδη, Αναπληρωτή Καθηγητή Εφαρμοσμένης Εδαφολογίας του Τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος για τη συμμετοχή τους στη συμβουλευτική επιτροπή, τις διορθώσεις και συμβουλές τους και φυσικά την γενικότερη παρουσία τους στο παρόν Πρόγραμμα.

Ευχαριστώ ακόμη την Επίκουρο Καθηγήτρια Δενδροκομίας – Ελαιοκομίας του τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος κυρία Περσεφόνη Μαλέτσικα για τις συμβουλές και τις διορθώσεις στην παρούσα μελέτη, το προσωπικό του Εργαστηρίου Δενδροκομίας και ιδιαίτερα τον συνάδελφο γεωπόνο κύριο Νίκο Τσερλικάκη για τη βοήθεια στην πραγματοποίηση των μετρήσεων.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους δικούς μου ανθρώπους που μου έδωσαν τη δυνατότητα να πραγματοποιήσω τις σπουδές μου στον Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών. Χωρίς αυτούς δεν θα μπορούσα να τα καταφέρω.

## Περίληψη

Η κλιματική αλλαγή επηρεάζει άμεσα τις καλλιέργειες. Η καλλιέργεια της μηλιάς στην Κεντρική Ελλάδα είναι μια χαρακτηριστική περίπτωση. Η απόκρισή της στην καταπόνηση λόγω των φαινομένων που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή, όπως υψηλές θερμοκρασίες, υψηλή ακτινοβολία και παρατεταμένη ξηρασία μεταξύ άλλων, και ο αντίκτυπος αυτής στη λειτουργία των δέντρων, στην παραγωγή και στην ποιότητα των καρπών είναι καίριας σημασίας. Ταυτόχρονα, ιδιαίτερη σημασία αποκτά ο περιορισμός των αιτίων που τροφοδοτούν την κλιματική αλλαγή, στην προκειμένη περίπτωση με τη μορφή της μείωσης των εισροών, και συγκεκριμένα με τον εξορθολογισμό της εφαρμοζόμενης λίπανσης, τόσο ποσοτικά όσο και χρονικά. Στην παρούσα εργασία, σε μηλεώνα με τις ποικιλίες μηλιάς Scarlett, Gala και Fuji εφαρμόστηκαν δύο προγράμματα λίπανσης. Στον Μάρτυρα εφαρμόστηκε η συνήθης τοπική πρακτική λίπανσης, με κύριο χαρακτηριστικό την εφαρμογή μεγάλης ποσότητας βασικού σύνθετου λιπάσματος. Το έτερο πρόγραμμα ήταν η Ορθολογική Λίπανση, που καταρτίστηκε με τη βοήθεια νεοανεπτυγμένου λογισμικού βάσει εδαφολογικών και φυλλοδιαγνωστικών αναλύσεων, προσδοκώμενης παραγωγής και απαιτήσεων θρεπτικών βάσει φαινολογικού σταδίου και χρόνου. Οι μετρήσεις έλαβαν χώρα τον Αύγουστο και τον Οκτώβριο προκειμένου να εκτιμηθεί η επίδραση της Ορθολογικής Λίπανσης και της απόκρισης των δέντρων των τριών ποικιλιών στις παρατεταμένες υψηλές θερμοκρασίες, στην ακτινοβολία και στην ξηρασία. Μετρήθηκαν το μεσημέρι στον αγρό ο λόγος Fv/Fm στα φύλλα, το υδατικό δυναμικό βλαστού, η θερμοκρασία καρπού, η θερμοκρασία κόμης, ο δείκτης υδατικής καταπόνησης καλλιέργειας, η θερμοκρασία γυμνού ή καλυμμένου με ζιζάνια σκιαζόμενου ή φωτιζόμενου εδάφους, και στο εργαστήριο το ποσοστό % ξηράς ουσίας και το ειδικό βάρος φύλλου, η συγκέντρωση χλωροφύλλης a, b και ολικής ανά μονάδα ξηράς ουσίας φύλλου και ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου και ο λόγος τους, η σχετική περιεκτικότητα φύλλων σε νερό, το έλλειμμα κορεσμού νερού και η ενυδάτωση των φύλλων, η μάζα καρπού, η σκληρότητα σάρκας, παράμετροι χρώματος-επιχρώματος καρπών (L\*, Chroma, Hue), περιεκτικότητα διαλυτών στερεών συστατικών, οξύτητα και ο λόγος τους, συγκέντρωση ξηρά ουσίας καρπού και δείκτης αμύλου. Ο σκοπός της εργασίας ήταν η παρακολούθηση εμπορικής καλλιέργειας μηλιάς τη θερινή-φθινοπωρινή περίοδο και η εκτίμηση της καταπόνησης που υφίσταται μετά την εφαρμογή των δύο μεταχειρίσεων. Η εφαρμογή ορθολογικής λίπανσης μείωσε κατά 53% το άζωτο στις ποικιλίες Scarlett και Gala και κατά 60% στην ποικιλία Fuji, κατά 9% τον φώσφορο στις ποικ. Scarlett και Gala και κατά 30% στην ποικ. Fuji και κατά 16% το κάλιο στις ποικ. Scarlett και Gala και 35% στην ποικ. Fuji, πάντα σε σύγκριση με τον Μάρτυρα. Συνεπώς, η

εξοικονόμηση χρημάτων για τον παραγωγό ανήλθε στα 3,59 ευρώ ανά στρέμμα στην ποικ. Scarlett, στην ποικ. Gala στα 3,75 ευρώ ανά στρέμμα και στην ποικ. Fuji στα 18,71 ευρώ ανά στρέμμα. Διαφορές υπήρξαν στη λειτουργία των δέντρων μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων, χωρίς η Ορθολογική Λίπανση να βελτιώνει σημαντικά την απόκριση τους. Τελικά, υπήρξε σαφής μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος με τη χρήση της Ορθολογικής Λίπανσης, ενώ υπήρξε και μείωση του κόστους λίπανσης και στις τρεις ποικιλίες, σημαντική στην ποικ. Fuji. Κλείνοντας, απαραίτητη κρίνεται η περαιτέρω μελέτη της απόκρισης της καλλιέργειας και η επικαιροποίηση του προγράμματος Ορθολογικής Λίπανσης, σε συνδυασμό με άλλες καλλιεργητικές πρακτικές (άρδευση, αραίωμα καρπών, κλάδεμα).

**Λέξεις-κλειδιά:** *Malus \* domestica* Borkh., αειφόρος διαχείριση, φυσιολογία φυτών, θρέψη φυτών, καταπόνηση

# Validation of irrigation and fertilization software: plant response and fruit quality in a commercial apple orchard

Constantinos Pappas

## Summary

Climate change has been directly affecting crop production since the past few decades. The apple cultivation in the fruit producing regions of Central Greece is a rather characteristic example of this situation. The understanding and interpretation of the ways the apple trees respond to the stress caused by the changing climate phenomena, such as high maximum temperatures, high solar radiation and long dry spells during the summer and fall are of pivotal importance, since this response is affecting both fruit yield and quality. Moreover, restricting the causes of the climate change, such as overuse of agrochemicals, is the first step towards the mitigation of the consequences the climate change induces. Hence, reducing fertilization with appropriate handling of the nutritional needs of the apple orchard, both in terms of the applied quantity and timing of application, is necessary now more than ever before. The present study discusses the adoption of two fertilizing regimes applied in a commercial apple orchard with cultivars Scarlett, Gala and Fuji. The first one was the Control, the fertilization regime that local growers follow during the season, and the other one was the rational fertilization that was prepared based on newly developed software considering the orchards' soil and leaf analyses, the anticipated yield and the demand for nutrients depending on the time during the season. Both treatments were tested during late summer and fall for the response to the stress caused by the elevated temperature, solar radiation and drought of the area. The measured parameters in the field were leaf  $F_v/F_m$ , midday stem water potential, canopy, fruit and ground temperature, crop water stress index, and in the laboratory leaf dry matter and specific leaf weight, leaf chlorophyll and carotenoid content, leaf water status (relative water content, water saturation deficit and succulence) and apple fruit quality parameters. The rational fertilization regime reduced the applied nitrogen, phosphorus and potassium in all three cultivars (sharper reduction in cv. Fuji), thus reducing the environmental footprint, and being more economical, especially in cv. Fuji. Despite the different responses the trees of the three cultivars and two treatments showed during the season, the rational fertilization regime did not seem to improve fruit yield or quality. More studies should be conducted on the response of the apple orchards to the changing climate in the region, combining these findings with other practices, such as (deficit) irrigation, fruit thinning and pruning.



**Index words:** *Malus \* domestica* Borkh., sustainable agriculture, plant physiology, rational fertilization, plant stress

Εγώ, ο Κωνσταντίνος Παππάς, 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 Μ.Δ.Ε. ή ως μέρος Διδακτορικής Διατριβής σε αυτό ή άλλο 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 Κωνσταντίνο Παππά.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 ΕΛΔΑΦΟΣ.....	2
1.2 ΚΛΙΜΑ.....	2
1.3 ΑΡΔΕΥΣΗ.....	2
1.4 ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ ΚΑΙ ΕΧΘΡΟΙ ΤΗΣ ΜΗΛΙΑΣ.....	3
1.5 ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ ΚΑΙ ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΑ.....	4
1.6 ΘΡΕΨΗ ΚΑΙ ΛΙΠΑΝΣΗ ΜΗΛΙΑΣ.....	6
1.7 ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΜΗΛΙΑΣ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ.....	13
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	19
2.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΓΡΟΥ.....	19
2.2 ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ.....	19
2.3 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ, ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ & ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ.....	27
2.4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΓΡΟΥ.....	28
2.4.1 Μέτρηση θερμοκρασίας κόμης (Τ κόμης) με θερμική κάμερα.....	28
2.4.2 Μέτρηση του Δείκτη Υδατικής Καταπόνησης Καλλιέργειας (ΔΥΚΚ).....	29
2.4.3 Μέτρηση Υδατικού Δυναμικού Βλαστού το μεσημέρι (ΥΔΒ).....	31
2.4.4 Μέτρηση Φθορισμού Χλωροφύλλης (Fv/Fm).....	32
2.5 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ.....	34
2.5.1 Χαρακτηριστικά Φύλλου (ΞΟ, ΕΒΦ, μετρήσεις χλωροφυλλών & καροτενοειδών).....	34
2.5.2 Μέτρηση της υδατικής κατάστασης των φύλλων (ΣΠΝ, ΕΚΝ, ΕΝΥΔ).....	34
2.6 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΡΠΩΝ.....	35
2.6.1 Μάζα Καρπού (ΜΚ).....	35

2.6.2 Χρώμα Φλοιού.....	35
2.6.3 Σκληρότητα Σάρκας Καρπού (ΣΣ).....	36
2.6.4 Περιεκτικότητα σε διαλυτά στερεά συστατικά του χυμού, ΔΣΣ (%).....	36
2.6.5 Οξύτητα χυμού (ΟΞ).....	37
2.6.6 Ξηρά ουσία καρπού (ΞΟΚ) (%).....	37
2.6.7 Δείκτης Αμύλου (ΔΑΜ).....	37
2.7 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	37
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	38
3.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΛΛΟΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ.....	38
3.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΙΚΙΛΙΑ SCARLETT.....	41
3.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΙΚΙΛΙΑ GALA.....	52
3.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΙΚΙΛΙΑ FUJI.....	62
3.5 ΕΙΣΡΟΕΣ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ.....	73
3.5.1 Ποικιλία Scarlett.....	73
3.5.2 Ποικιλία Gala.....	76
3.5.3 Ποικιλία Fuji.....	78
3.6 ΚΟΣΤΟΣ ΛΙΠΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΜΑΡΤΥΡΑ ΚΑΙ ΤΗΣ ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΗΣ ΛΙΠΑΝΣΗΣ.....	81
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	84
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	98
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	100

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

ΥΔΒ: Υδατικό Δυναμικό Βλαστού το μεσημέρι

ΔΥΚΚ: Δείκτης Υδατικής Καταπόνησης Καλλιέργειας

T καρπού: Θερμοκρασία καρπού

T κόμης: Θερμοκρασία κόμης

ΤΓΕΣ: Θερμοκρασία Γυμνού Σκιαζόμενου Εδάφους

ΤΖΕΣ: Θερμοκρασία Σκιαζόμενου Εδάφους με Ζιζάνια

ΤΓΕΦ: Θερμοκρασία Γυμνού Φωτιζόμενου Εδάφους

ΤΖΕΦ: Θερμοκρασία Φωτιζόμενου Εδάφους με Ζιζάνια

ΞΟ: Ξηρά Ουσία Φύλλου

ΕΒΦ: Ειδικό Βάρους Φύλλου

χλφα: Συγκέντρωση χλωροφύλλης a ανά μονάδα ξηράς ουσίας φύλλου

χλφb: Συγκέντρωση χλωροφύλλης b ανά μονάδα ξηράς ουσίας φύλλου

ολ χλφ: Συγκέντρωση ολικής χλωροφύλλης ανά μονάδα ξηράς ουσίας φύλλου

χλφα εφ: Συγκέντρωση χλωροφύλλης a ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου

χλφb εφ: Συγκέντρωση χλωροφύλλης b ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου

ολ χλφ εφ: Συγκέντρωση ολικής χλωροφύλλης ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου

ολ καρ: Συγκέντρωση ολικών καροτενοειδών ανά μονάδα ξηράς ουσίας φύλλου

ολ καρ εφ: Συγκέντρωση ολικών καροτενοειδών ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου

ΣΠΝ: Σχετική περιεκτικότητα των φύλλων σε νερό

ΕΚΝ: Έλλειμμα κορεσμού νερού των φύλλων

ΕΝΥΔ: Ενυδάτωση φύλλων

ΜΚ: Μάζα Καρπού

ΣΣ: Σκληρότητα Σάρκας Καρπού

ΔΣΣ: Διαλυτά Στερεά Συστατικά

ΟΞ: Οξύτητα

ΞΟΚ: Ξηρά Ουσία Καρπού

ΔΑΜ: Δείκτης Αμύλου

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΩΝ

<b>Πίνακας 2.1</b> Λιπαντική αγωγή για τη μεταχείριση Ορθολογική λίπανση.....	20
<b>Πίνακας 2.2</b> Προτάσεις διαχείρισης και τροποποίησης εδαφικών ιδιοτήτων.....	21
<b>Πίνακας 2.3</b> Πρόταση διαχείρισης του αζώτου (N).....	22
<b>Πίνακας 2.4</b> Πρόταση διαχείρισης του φωσφόρου (P).....	23
<b>Πίνακας 2.5</b> Πρόταση διαχείρισης του καλίου (K).....	24
<b>Πίνακας 2.6</b> Πρόταση διαχείρισης του ασβεστίου (Ca).....	25
<b>Πίνακας 2.7</b> Πρόταση διαχείρισης του ψευδαργύρου (Zn).....	25
<b>Πίνακας 2.8</b> Πρόταση διαχείρισης του βορίου (B).....	26
<b>Πίνακας 2.9</b> Πρόταση διαχείρισης του σιδήρου (Fe).....	26
<b>Πίνακας 2.10</b> Μετεωρολογικά δεδομένα κατά τις ημερομηνίες μετρήσεων στην ποικιλία Scarlett.....	27
<b>Πίνακας 2.11</b> Μετεωρολογικά δεδομένα κατά τις ημερομηνίες μετρήσεων στην ποικιλία Gala.....	27
<b>Πίνακας 2.12</b> Μετεωρολογικά δεδομένα κατά τις ημερομηνίες μετρήσεων στην ποικιλία Fuji.....	28
<b>Πίνακας 3.1</b> Αποτελέσματα εδαφολογικής ανάλυσης 2019. Οι τιμές είναι ο μέσος όρος 5 αναλύσεων από ισάριθμα δείγματα εδάφους που ελήφθησαν από όλη την έκταση του μηλεώνα.....	39
<b>Πίνακας 3.2</b> Επάρκεια θρεπτικών στα φύλλα μηλιάς (πηγές: Washington State University WSU, Κουκουλάκης Κουκ).....	40
<b>Πίνακας 3.3</b> Αποτελέσματα φυλλοδιαγνωστικής ανάλυσης της ποικιλίας μηλιάς Scarlett σε φύλλα των δύο μεταχειρίσεων του πειράματος (Δειγματοληψία Ιούλιος 2019).....	40
<b>Πίνακας 3.4</b> Αποτελέσματα φυλλοδιαγνωστικής ανάλυσης της ποικιλίας μηλιάς Gala σε φύλλα των δύο μεταχειρίσεων του πειράματος (Δειγματοληψία Ιούλιος 2019).....	40
<b>Πίνακας 3.5</b> Αποτελέσματα φυλλοδιαγνωστικής ανάλυσης της ποικιλίας μηλιάς Fuji σε φύλλα των δύο μεταχειρίσεων του πειράματος (Δειγματοληψία Ιούλιος 2019).....	41
<b>Πίνακας 3.6</b> Αποτελέσματα φυλλοδιαγνωστικής ανάλυσης της ποικιλίας μηλιάς Scarlett σε φύλλα των δύο μεταχειρίσεων του πειράματος (Δειγματοληψία Ιούλιος 2020).....	41
<b>Πίνακας 3.7</b> Αποτελέσματα φυλλοδιαγνωστικής ανάλυσης της ποικιλίας μηλιάς Gala σε φύλλα των δύο μεταχειρίσεων του πειράματος (Δειγματοληψία Ιούλιος 2020).....	41
<b>Πίνακας 3.8</b> Αποτελέσματα φυλλοδιαγνωστικής ανάλυσης της ποικιλίας μηλιάς Fuji σε φύλλα των δύο μεταχειρίσεων του πειράματος (Δειγματοληψία Ιούλιος 2020).....	42

**Πίνακας 3.9** Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων και της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στον φθορισμό χλωροφύλλης (Fv/Fm) και στο υδατικό δυναμικό βλαστού (ΥΔΒ) μηλιάς ποικιλίας Scarlett. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.....43

**Πίνακας 3.10** Επίδραση της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) και της θέσης του καρπού στη θερμοκρασία καρπού (T καρπού) μηλιάς ποικιλίας Scarlett. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.....43

**Πίνακας 3.11** Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων, της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) και της θέσης της κόμης στη θερμοκρασία κόμης (T κόμης) και στον δείκτη υδατικής καταπόνησης καλλιέργειας (ΔΥΚΚ) μηλιάς ποικιλίας Scarlett. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.....44

**Πίνακας 3.12** Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων και της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη θερμοκρασία γυμνού σκιαζόμενου εδάφους (ΤΓΕΣ), στη θερμοκρασία σκιαζόμενου εδάφους με ζιζάνια (ΤΖΕΣ), στη θερμοκρασία γυμνού φωτιζόμενου εδάφους (ΤΓΕΦ) και στη θερμοκρασία φωτιζόμενου εδάφους με ζιζάνια (ΤΖΕΦ) μηλιάς ποικιλίας Scarlett. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=3.....45

**Πίνακας 3.13** Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων και της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη συγκέντρωση ξηράς ουσίας (ΞΟ) και στο ειδικό βάρος φύλλου (ΕΒΦ) μηλιάς ποικιλίας Scarlett. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.....47

**Πίνακας 3.14** Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων και της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη συγκέντρωση χλωροφύλλης a ανά μονάδα ξηράς ουσίας φύλλου (χλφα), χλωροφύλλης b ανά μονάδα ξηράς ουσίας φύλλου (χλφb), συνολικής χλωροφύλλης ανά μονάδα ξηράς ουσίας φύλλου (ολ χλφ) και στο λόγο χλωροφύλλης a προς χλωροφύλλη b ( $\frac{\chi\lambda\phi a}{\chi\lambda\phi b}$ ) μηλιάς ποικιλίας Scarlett. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.....47

**Πίνακας 3.15** Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων και της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη συγκέντρωση χλωροφύλλης a ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (χλφα εφ), χλωροφύλλης b ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (χλφb εφ), συνολικής χλωροφύλλης ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (ολ χλφ εφ), συνολικών καροτενοειδών ανά μονάδα ξηράς ουσίας φύλλου (ολ καρ) και συνολικών καροτενοειδών ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (ολ καρ εφ) μηλιάς ποικιλίας Scarlett. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.....49

**Πίνακας 3.16** Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων και της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη σχετική περιεκτικότητα των φύλλων σε νερό (ΣΠΝ), στο έλλειμμα κορεσμού νερού (ΕΚΝ) και στην ενυδάτωση των φύλλων (ΕΝΥΔ) μηλιάς ποικιλίας Scarlett. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=4.....50

**Πίνακας 3.17** Επίδραση της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη μάζα καρπού (ΜΚ) και στη σκληρότητα σάρκας (ΣΣ) καρπών μηλιάς



- ποικιλίας Scarlett. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.....51
- Πίνακας 3.18** Επίδραση της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στην παράμετρο φωτεινότητας  $L^*$  (ΠΦ L), στην παράμετρο  $C^*$  (Chroma) και στη παράμετρο Hue φλοιού καρπών μηλιάς ποικιλίας Scarlett. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.....52
- Πίνακας 3.19** Επίδραση της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στην περιεκτικότητα διαλυτών στερεών συστατικών ( $\Delta\Sigma\Sigma$ ), στην οξύτητα (ΟΞ) και στον λόγο διαλυτών στερεών συστατικών προς οξύτητα ( $\frac{\Delta\Sigma\Sigma}{\text{ΟΞ}}$ ) καρπών μηλιάς ποικιλίας Scarlett. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.....52
- Πίνακας 3.20** Επίδραση της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη συγκέντρωση ξηράς ουσίας καρπού (ΞΟΚ) και στον δείκτη αμύλου (ΔΑΜ) καρπών μηλιάς ποικιλίας Scarlett. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.....53
- Πίνακας 3.21** Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων και της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στον φθορισμό χλωροφύλλης (Fv/Fm) και στο υδατικό δυναμικό βλαστού (ΥΔΒ) μηλιάς ποικιλίας Gala. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.....53
- Πίνακας 3.22** Επίδραση της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) και της θέσης του καρπού στη θερμοκρασία καρπού (T καρπού) μηλιάς ποικιλίας Gala. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.....54
- Πίνακας 3.23** Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων, της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) και της θέσης της κόμης στη θερμοκρασία κόμης (T κόμης) και στον δείκτη υδατικής καταπόνησης καλλιέργειας (ΔΥΚΚ) μηλιάς ποικιλίας Gala. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.....55
- Πίνακας 3.24** Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων και της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη θερμοκρασία γυμνού σκιαζόμενου εδάφους (ΤΓΕΣ), στη θερμοκρασία σκιαζόμενου εδάφους με ζιζάνια (ΤΖΕΣ), στη θερμοκρασία γυμνού φωτιζόμενου εδάφους (ΤΓΕΦ) και στη θερμοκρασία φωτιζόμενου εδάφους με ζιζάνια (ΤΖΕΦ) μηλιάς ποικιλίας Gala. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=3.....56
- Πίνακας 3.25** Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων και της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη συγκέντρωση ξηράς ουσίας (ΞΟ) και στο ειδικό βάρος φύλλου (ΕΒΦ) μηλιάς ποικιλίας Gala. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.....57
- Πίνακας 3.26** Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων και της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη συγκέντρωση χλωροφύλλης a ανά μονάδα ξηράς ουσίας (χλφα), χλωροφύλλης b ανά μονάδα ξηράς ουσίας (χλφb), συνολικής χλωροφύλλης ανά μονάδα ξηράς ουσίας (ολ χλφ) και στον λόγο χλωροφύλλης a προς

χλωροφύλλη b ( $\frac{\chi\lambda\phi a}{\chi\lambda\phi b}$ ) μηλιάς ποικιλίας Gala. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.....58

**Πίνακας 3.27** Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων και της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη συγκέντρωση χλωροφύλλης a ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (χλφα εφ), χλωροφύλλης b ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (χλφβ εφ), συνολικής χλωροφύλλης ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (ολ χλφ εφ), συνολικών καροτενοειδών ανά μονάδα ξηράς ουσίας (ολ καρ) και συνολικών καροτενοειδών ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (ολ καρ εφ) μηλιάς ποικιλίας Gala. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.....59

**Πίνακας 3.28** Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων και της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη σχετική περιεκτικότητα των φύλλων σε νερό (ΣΠΝ), στο έλλειμμα κορεσμού νερού (ΕΚΝ) και στην ενυδάτωση των φύλλων (ΕΝΥΔ) μηλιάς ποικιλίας Gala. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=4.....60

**Πίνακας 3.29** Επίδραση της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη μάζα καρπού (ΜΚ) και στη σκληρότητα σάρκας (ΣΣ) καρπών μηλιάς ποικιλίας Gala. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.....61

**Πίνακας 3.30** Επίδραση της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στην παράμετρο φωτεινότητας  $L^*$  (ΠΦ L), στην παράμετρο  $a^*$  και στην παράμετρο  $b^*$  φλοιού καρπών μηλιάς ποικιλίας Gala. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.....62

**Πίνακας 3.31** Επίδραση της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στην περιεκτικότητα διαλυτών στερεών συστατικών (ΔΣΣ), στην οξύτητα (ΟΞ) και στον λόγο διαλυτών στερεών συστατικών προς οξύτητα ( $\frac{\Delta\Sigma}{\text{ΟΞ}}$ ) καρπών μηλιάς ποικιλίας Gala. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.....62

**Πίνακας 3.32** Επίδραση της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη συγκέντρωση ξηράς ουσίας καρπού (ΞΟΚ) και στον δείκτη αμύλου (ΔΑΜ) καρπών μηλιάς ποικιλίας Gala. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.....63

**Πίνακας 3.33** Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων και της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στον φθορισμό χλωροφύλλης (Fv/Fm) και στο υδατικό δυναμικό βλαστού (ΥΔΒ) μηλιάς ποικιλίας Fuji. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.....63

**Πίνακας 3.34** Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων, εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) και της θέσης του καρπού στη θερμοκρασία καρπού (T καρπού) μηλιάς ποικιλίας Fuji. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.....64

**Πίνακας 3.35** Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων, της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) και της θέσης της κόμης στη θερμοκρασία κόμης (T κόμης) και στον δείκτη υδατικής καταπόνησης καλλιέργειας (ΔΥΚΚ) μηλιάς ποικιλίας Fuji. Ανά

στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6. .....	65
<b>3.36</b> Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων και της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη θερμοκρασία γυμνού σκιαζόμενου εδάφους (ΤΓΕΣ), στη θερμοκρασία σκιαζόμενου εδάφους με ζιζάνια (ΤΖΕΣ), στη θερμοκρασία γυμνού φωτιζόμενου εδάφους (ΤΓΕΦ) και στη θερμοκρασία φωτιζόμενου εδάφους με ζιζάνια (ΤΖΕΦ) μηλιάς ποικιλίας Fuji. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=3.....	66
<b>Πίνακας 3.37</b> Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων και της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη συγκέντρωση ξηράς ουσίας (ΞΟ) και στο ειδικό βάρος φύλλου (ΕΒΦ) μηλιάς ποικιλίας Fuji. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.....	67
<b>Πίνακας 3.38</b> Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων και της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη συγκέντρωση χλωροφύλλης a ανά μονάδα ξηράς ουσίας (χλφα), χλωροφύλλης b ανά μονάδα ξηράς ουσίας (χλφb), συνολικής χλωροφύλλης ανά μονάδα ξηράς ουσίας (ολ χλφ) και στον λόγο χλωροφύλλης a προς χλωροφύλλη b ( $\frac{\chi\lambda\phi a}{\chi\lambda\phi b}$ ) μηλιάς ποικιλίας Fuji. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.....	68
<b>Πίνακας 3.39</b> Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων και της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη συγκέντρωση χλωροφύλλης a ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (χλφα εφ), χλωροφύλλης b ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (χλφb εφ), συνολικής χλωροφύλλης ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (ολ χλφ εφ), συνολικών καροτενοειδών ανά μονάδα ξηράς ουσίας (ολ καρ) και συνολικών καροτενοειδών ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (ολ καρ εφ) μηλιάς ποικιλίας Fuji. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.....	69
<b>Πίνακας 3.40</b> Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων και της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη σχετική περιεκτικότητα των φύλλων σε νερό (ΣΠΝ), στο έλλειμμα κορεσμού νερού (ΕΚΝ) και στην ενυδάτωση των φύλλων (ΕΝΥΔ) μηλιάς ποικιλίας Fuji. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=4.....	71
<b>Πίνακας 3.41</b> Επίδραση της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη μάζα καρπού (ΜΚ) και στη σκληρότητα σάρκας (ΣΣ) καρπών μηλιάς ποικιλίας Fuji. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.....	72
<b>Πίνακας 3.42</b> Επίδραση της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στην παράμετρο φωτεινότητας L* (ΠΦ L*), στην παράμετρο a* και στην παράμετρο b* καρπών μηλιάς ποικιλίας Fuji. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.....	72
<b>Πίνακας 3.43</b> Επίδραση της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στην περιεκτικότητα διαλυτών στερεών συστατικών (ΔΣΣ), στην οξύτητα (ΟΞ) και στον λόγο διαλυτών στερεών συστατικών προς οξύτητα ( $\frac{\Delta\Sigma\Sigma}{\text{ΟΞ}}$ ) καρπών μηλιάς ποικιλίας Fuji. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.....	73

<b>Πίνακας 3.44</b> Επίδραση της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη συγκέντρωση ξηράς ουσίας καρπού (ΞΟΚ) και στον δείκτη αμύλου (ΔΑΜ) καρπών μηλιάς ποικιλίας Fuji. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.....	73
<b>Πίνακας 3.45</b> Εισροές θρεπτικών για την ποικιλία Scarlett στη μεταχείριση Μάρτυρας (σε kg ανά στρέμμα).....	74
<b>Πίνακας 3.46</b> Εισροές θρεπτικών για την ποικιλία Scarlett στη μεταχείριση Ορθολογική Λίπανση (σε kg ανά στρέμμα τα N, P, K, Ca και S, σε g ανά στρέμμα τα B και Zn).....	74
<b>Πίνακας 3.47</b> Συνολικές εισροές και ποσοστιαία μεταβολή των κύριων θρεπτικών στοιχείων άζωτο (N), φώσφορος (P) και κάλιο (K) μεταξύ της Ορθολογικής Λίπανσης και του Μάρτυρα για την ποικιλία Scarlett.....	76
<b>Πίνακας 3.48</b> Εισροές θρεπτικών για την ποικιλία Gala στη μεταχείριση Μάρτυρας (σε kg ανά στρέμμα).....	76
<b>Πίνακας 3.49</b> Εισροές θρεπτικών για την ποικιλία Gala στη μεταχείριση Ορθολογική Λίπανση (σε kg ανά στρέμμα τα N, P, K, Ca και S, σε g ανά στρέμμα τα B και Zn).....	77
<b>Πίνακας 3.50</b> Συνολικές ποσότητες και ποσοστιαία μεταβολή των κύριων θρεπτικών στοιχείων άζωτο (N), φώσφορος (P) και κάλιο (K) μεταξύ της Ορθολογικής Λίπανσης και του Μάρτυρα για την ποικιλία Gala.....	79
<b>Πίνακας 3.51</b> Εισροές θρεπτικών για την ποικιλία Fuji στη μεταχείριση Μάρτυρας (σε kg ανά στρέμμα).....	79
<b>Πίνακας 3.52</b> Εισροές θρεπτικών για την ποικιλία Fuji στη μεταχείριση Ορθολογική Λίπανση (σε kg ανά στρέμμα τα N, P, K, Ca και S, σε g ανά στρέμμα τα B και Zn).....	80
<b>Πίνακας 3.53</b> Συνολική ποσότητα και ποσοστιαία μεταβολή των κύριων θρεπτικών στοιχείων άζωτο (N), φώσφορος (P) και κάλιο (K) μεταξύ της Ορθολογικής Λίπανσης και του Μάρτυρα για την ποικιλία Fuji.....	81
<b>Πίνακας 3.54</b> Ενδεικτικό κόστος λίπανσης για τη μεταχείριση Μάρτυρας στις ποικιλίες Scarlett, Gala και Fuji (οι τιμές είναι σε ευρώ ανά στρέμμα).....	82
<b>Πίνακας 3.55</b> Ενδεικτικό κόστος λίπανσης για τη μεταχείριση Ορθολογική Λίπανση στις ποικιλίες Scarlett, Gala και Fuji (οι τιμές είναι σε ευρώ ανά στρέμμα).....	83
<b>Εικόνα 2.1</b> Άποψη του αγρού που διεξήχθη το πείραμα. Στην εικόνα η ποικιλία Scarlett (Πηγή: Ιδία λήψη, Ποταμιά Αγιάς, 2020).....	19
<b>Εικόνα 2.2</b> Πλήρως διαβρεγμένο φύλλο για τη μέτρηση της $T_{wet}$ (Πηγή: Ιδία λήψη, Ποταμιά Αγιάς, 2020).....	31
<b>Εικόνα 2.3</b> Φύλλο καλυμμένο με βαζελίνη για τη μέτρηση της $T_{dry}$ (Πηγή: Ιδία λήψη, Ποταμιά Αγιάς, 2020).....	31
<b>Εικόνα 2.4</b> Φύλλο κοντά στον κεντρικό βλαστό του δέντρου, καλυμμένο με αλουμινόχαρτο προκειμένου να πραγματοποιηθεί η μέτρηση του ΥΔΒ μετά την αποκοπή του (Πηγή: Ιδία λήψη, Ποταμιά Αγιάς, 2020).....	33

**Εικόνα 2.5** Όργανο μέτρησης του φθορισμού χλωροφύλλης (Fv/Fm) (Πηγή: Ιδία λήψη, Ποταμιά Αγιάς, 2020).....34

**Εικόνα 2.6** Τοποθέτηση των ειδικών κλιπς για τη μέτρηση του φθορισμού χλωροφύλλης (Fv/Fm) (Πηγή: Ιδία λήψη, Ποταμιά Αγιάς, 2020).....34

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μία από τις πιο διαδεδομένες δενδροκομικές καλλιέργειες σε παγκόσμιο επίπεδο είναι αυτή της μηλιάς. Η καλλιέργειά της εκτείνεται σε όλη σχεδόν την εύκρατη ζώνη, σε ποικιλία κλιμάτων, από τη Σιβηρία ως την Κολομβία και την Ινδονησία (Hancock et al., 2008). Οι χώρες με τη μεγαλύτερη παραγωγή μήλων στον κόσμο για το 2019 ήταν η Κίνα, οι ΗΠΑ, η Τουρκία, η Πολωνία, η Ινδία, η Ιταλία και το Ιράν, ενώ η έκταση συγκομιδής της μηλιάς ανέρχεται σε 4.717.384 ha ανά τον κόσμο, με συνολική παραγωγή 87.236.221 t (FAOSTAT, 2020). Σε ότι αφορά στην Ελλάδα, οι κύριες μηλοπαραγωγές περιοχές είναι οι Περιφερειακές Ενότητες Καστοριάς, Κοζάνης, Πέλλας και Ημαθίας στη Μακεδονία (Δυτική και Κεντρική) και οι Περιφερειακές Ενότητες Μαγνησίας και Λάρισας στη Θεσσαλία (Faniadis, 2017). Για το 2019 η έκταση συγκομιδής ήταν 9.820 ha και η παραγωγή 277.110 t (FAOSTAT, 2020). Επομένως, η μέση παγκόσμια παραγωγή μήλων είναι περίπου 18 t/ha και στην Ελλάδα περίπου 28 t/ha, λόγω των εντατικών καλλιεργητικών πρακτικών και των καινοτομιών στην καλλιέργεια γενικότερα.

Η μηλιά (*Malus \* domestica* Borkh.) ανήκει στην υποοικογένεια *Pomoideae* της οικογένειας *Rosaceae*. Το μέγεθος του υπέργειου μέρους και της ρίζας ποικίλουν ανάλογα με την ποικιλία και το υποκείμενο. Τα φύλλα της είναι απλά, κατ' εναλλαγή, ωοειδούς σχήματος με βραχύ μίσχο και χνοώδη κάτω επιφάνεια. Οι οφθαλμοί, ξυλοφόροι ή μικτοί, καλύπτονται από χνούδι και η διαφοροποίησή τους ξεκινά από τον Ιούλιο. Ο μικτός οφθαλμός δίνει μικρού μήκους βλάστηση (αιχμή) και πέντε-έξι άνθη. Τα άνθη (ταξιανθία κόρυμβος) αποτελούνται από πέντε σέπαλα και πέντε πέταλα, είκοσι στήμονες με ανθήρες κίτρινους και έναν ύπερο που αποτελείται από την ωθήκη και πέντε στύλους κοινής βάσης. Είναι εντομόφιλα και σταυρεπικονιούμενα, γι' αυτό απαιτείται σημαντική δραστηριότητα μελισσών για ικανοποιητική επικονίαση. Ο καρπός (μήλο) είναι ψευδής και προέρχεται από την ανάπτυξη της βάσης του κάλυκα, της στεφάνης και των στημόνων και περιέχει τον ύπερο, το μη εδώδιμο μέρος του καρπού με τα σπέρματα.

Τα μήλα μπορούν να καταναλωθούν και να έχουν εμπορική αξία με πολλές μορφές. Η πιο διαδεδομένη είναι, φυσικά, η νωπή κατανάλωση, με την ευκολία συντήρησης και μεταφοράς που παρουσιάζουν τα μήλα, σε σχέση με άλλα φρούτα, να διευκολύνουν αυτή την αξιοποίηση. Άλλες μορφές αξιοποίησης είναι μήλα σε φέτες, σαν γέμιση για πίτες, αποξηραμένα, ως πολτός, χυμός και μηλίτης (O'Rourke, 2003). Από τις παραπάνω μορφές επεξεργασμένων μήλων, το μεγαλύτερο εμπορικό ενδιαφέρον παρουσιάζει ο χυμός μήλου και ο πολτός μήλου, ενώ σημαντική είναι και η διάθεση του μηλόξυδου (Way & McLellan,

1989). Η διατροφική αξία του μήλου είναι διαχρονικά αποτυπωμένη και θεωρείται απαραίτητο κομμάτι μιας ισορροπημένης διατροφής, λόγω των υψηλής αξίας συστατικών του. Έτσι, το μήλο αποτελείται από νερό (>80%), σάκχαρα (φρουκτόζη>γλυκόζη>σακχαρόζη), οργανικά οξέα (0,2-0,8%), βιταμίνες (κυρίως βιταμίνη C, 2,3-31,1 mg στα 100 g ξηράς ουσίας), μέταλλα (τέφρα 0,34-1,23%) και διατροφικές ίνες (2-3%) (Musacchi & Serra, 2018). Ακόμη, παρουσιάζει υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα, κυρίως λόγω των φαινολικών συστατικών του (Drogoudi et al., 2008).

## 1.1 ΕΛΑΦΟΣ

Ο μηλεώνας θα πρέπει να εγκατασταθεί σε έδαφος με καλή στράγγιση και ταυτόχρονα ικανοποιητική υδατοϊκανότητα. Συνεπώς, κατάλληλα κρίνονται τα αμμοπηλώδη ή πηλοαμμώδη εδάφη, τα οποία συνδυάζουν τις παραπάνω ιδιότητες. Ακόμη, το ιδανικό εύρος pH για τη μηλιά είναι 6,5-6,8, αφού σε αυτές τις τιμές είναι η βέλτιστη περιοχή για την πρόσληψη αζώτου, φωσφόρου, καλίου, μαγνησίου, ασβεστίου και θείου (Kittilsen, 2009, Aggeloroulou et al., 2010). Επίσης, η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) θα πρέπει να είναι χαμηλή (<1,7 mS cm<sup>-1</sup>), η οργανική ουσία τουλάχιστον 2% και το ανθρακικό ασβέστιο (CaCO<sub>3</sub>) λιγότερο από 10% (Σωτηρόπουλος, 2014β).

## 1.2 ΚΛΙΜΑ

Η θερμοκρασία παίζει καίριο ρόλο στην επιλογή της τοποθεσίας ενός μηλεώνα. Θα πρέπει ταυτόχρονα να καλύπτονται οι σχετικά υψηλές ανάγκες σε ψύχος της μηλιάς την περίοδο του λήθαργου, αλλά να μην υπάρχει κίνδυνος καταστροφικά χαμηλών θερμοκρασιών. Ακόμη, θα πρέπει να υπάρχει αρκετή ηλιοφάνεια προκειμένου να επιτυγχάνεται καλός χρωματισμός στις κόκκινες ή δίχρωμες ποικιλίες, αλλά όχι παρατεταμένες υπερβολικά υψηλές θερμοκρασίες (ιδιαίτερα κοντά στην περίοδο συγκομιδής) προκειμένου να αποφευχθεί το ηλιόκαυμα. Σημαντικό ζήτημα μπορεί να προκύψει από όψιμους ανοιξιάτικους παγετούς, οι οποίοι πιθανά να καταστρέψουν τα άνθη, αν και στην Ελλάδα δεν υπάρχει τέτοιο πρόβλημα, αφού η ανθοφορία λαμβάνει χώρα μετά την περίοδο των παγετών (αυτό ίσως διαφοροποιηθεί λόγω κλιματικής αλλαγής). Σημαντικό είναι παράλληλα να επικρατούν καλές καιρικές συνθήκες κατά την περίοδο της ανθοφορίας για να μην περιοριστεί η δραστηριότητα των μελισσών (Carpio & Quamme, 1999).

## 1.3 ΑΡΔΕΥΣΗ

Η άρδευση στους σύγχρονους μηλεώνες γίνεται κατά βάση με σύστημα στάγδην άρδευσης ή με μικροεκτοξευτήρες. Λόγω της διεθνούς τάσης για τη βελτιστοποίηση της χρήσης του

νερού, έχουν βρει εφαρμογή διάφορες μέθοδοι για τον προσδιορισμό της χρήσης νερού από τις καλλιέργειες, τόσο ως προς την ποσότητα όσο και ως προς τον χρόνο ή και συχνότητα άρδευσης. Οι μέθοδοι αυτές χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: σε αυτές που μετρούν την υδατική κατάσταση του φυτού, σε αυτές που μετρούν την υδατική κατάσταση του εδάφους, και σε αυτές που χρησιμοποιούν μετεωρολογικά δεδομένα (εξατμισοδιαπνοή) (Nielsen et al., 2002). Προσδιορίζοντας την εξατμισοδιαπνοή μιας καλλιέργειας, με τη χρήση του κατάλληλου συντελεστή, εφαρμόζεται δυνητικά μικρότερη ποσότητα νερού, ενώ πολλές φορές γίνονται προσπάθειες για εφαρμογή μικρότερης ποσότητας νερού από την υπολογιζόμενη εξατμισοδιαπνοή, με πιθανή καλύτερη ποιότητα καρπού σε συνδυασμό με εξοικονόμηση νερού (Fallahi et al., 2018). Έτσι, η εφαρμογή μικρότερης ποσότητας νερού έχει οδηγήσει σε καλύτερο χρωματισμό του καρπού, πιθανόν λόγω μείωσης της βλαστικής ανάπτυξης. Ακόμη, συγκρίνοντας τη στάγδην άρδευση με τους μικροεκτοξευτήρες, βρέθηκε ότι η πρώτη προσφέρει μεγαλύτερη οικονομία νερού, αλλά οι μικροεκτοξευτήρες φαίνεται να βελτιώνουν την ποιότητα του καρπού, κυρίως λόγω του καλύτερου χρωματισμού. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στη μείωση της θερμοκρασίας του μηλεώνα στην περίπτωση των μικροεκτοξευτήρων (Fallahi et al., 2010, Nielsen et al., 2002, Fallahi et al., 2018, Nielsen et al. 2015). Η ουσία του υπολογισμού της χρήσης νερού από την καλλιέργεια είναι να βρεθεί το σημείο αυτό στο οποίο θα έχουμε περιορισμό της βλάστησης, ενώ ταυτόχρονα οι καρποί θα διατηρούν την ποιότητά τους και οι παραγόμενοι υδατάνθρακες θα επαρκούν για το σχηματισμό ανθοφόρων οφθαλμών της επόμενης χρονιάς (Νάνος, 2013).

#### 1.4 ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ ΚΑΙ ΕΧΘΡΟΙ ΤΗΣ ΜΗΛΙΑΣ

Η κύρια ασθένεια της μηλιάς είναι το φουζικλάδιο. Προκαλείται από τον ασκομύκητα *Venturia inaequalis* (ατελής μορφή *Fusicladium dendriticum*). Όλες οι εμπορικές ποικιλίες στην Ελλάδα είναι ευαίσθητες στην ασθένεια. Τα τελευταία χρόνια με τη βοήθεια κατάλληλα εξοπλισμένων μετεωρολογικών σταθμών, κατάλληλων λογισμικών και μεθόδων (κανόνας του Mills) γίνεται καλύτερη πρόβλεψη της πιθανής προσβολής, με αποτέλεσμα λιγότερους και πιο αποδοτικούς ψεκασμούς. Ακόμη, σημαντική ασθένεια είναι το ωίδιο (*Podosphaera leucotricha*, ατελής μορφή *Oidium farinosum*), το οποίο καταπολεμάται συνδυαστικά με το φουζικλάδιο. Μια ακόμη ασθένεια που μπορεί να προκαλέσει προβλήματα είναι η φαιά σήψη (*Monilinia laxa*). Τέλος, το βακτηριακό κάψιμο που προκαλείται από το βακτήριο *Erwinia amylovora* είναι μια ασθένεια που μπορεί να οδηγήσει στην απώλεια ολόκληρων δέντρων αν δεν αντιμετωπιστεί με τα κατάλληλα καλλιεργητικά μέτρα στις ευαίσθητες ποικιλίες (Mills, 1944, Turechek, 2004, ΥΠΑΑΤ, 2012).



Από πλευράς εχθρών, το πλέον σημαντικό έντομο είναι η καρπόκαψα της μηλιάς (*Cydia pomonella*). Προκαλεί σημαντική υποβάθμιση έως καταστροφή της παραγωγής αν δεν αντιμετωπιστεί έγκαιρα. Ολοκληρώνει 2-3 γενιές το χρόνο. Σε πολλές περιπτώσεις εφαρμόζονται μέθοδοι σεξουαλικής σύγχυσης, ενώ τα τελευταία χρόνια η παρακολούθηση του πληθυσμού μέσω φερομονικών παγίδων και ο υπολογισμός θερμοημερών έχουν αυξήσει την αποτελεσματικότητα των ψεκασμών λόγω καλύτερου προσδιορισμού του χρόνου εφαρμογής. Άλλος πολύ σημαντικός εχθρός είναι η ψώρα του Σαν Ζοζέ (*Quadraspidiotus perniciosus*), η οποία ολοκληρώνει 2-3 γενιές το έτος. Τα τελευταία χρόνια λόγω και της απόσυρσης αρκετών ισχυρών εντομοκτόνων, ιδιαίτερα προβλήματα δημιούργησε η ματόψειρα ή βαμβακάδα της μηλιάς [*Eriosoma lanigerum* (Hausmann)]. Η εφαρμογή ορυκτελαίων κατά την περίοδο λήθαργου βοηθά ιδιαίτερα στη μείωση των προσβολών από αυτά τα δύο έντομα. Αυτές οι εφαρμογές βοηθούν και στην αντιμετώπιση των ακάρεων [κόκκινος τετράνυχος (*Panonychus ulmi* Koch), ακόλους (*Aculus* sp.)] και των αφίδων (*Aphis pomi*, *Dysaphis plantaginea*) που τρέφονται από τη νεαρή βλάστηση. Άλλοι εχθροί είναι ο φυλλοδέτης [*Adoxophyes orana* (Fischer von Rosslerstamm)] και ο ανθονόμος (*Anthonomus pomorum* L.) (ΥΠΑΑΤ, 2012).

## 1.5 ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ ΚΑΙ ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΑ

Οι καλλιεργούμενες στην Ελλάδα ποικιλίες μηλιάς είναι κυρίως διάφοροι κλώνοι Red Delicious (περίπου 53%), Granny Smith (περίπου 15%), Fuji (περίπου 9%), Golden Delicious (περίπου 9%) με το υπόλοιπο 14% να είναι κυρίως Gala, Jonagold, Jonagored, αλλά και διάφορες νέες ποικιλίες (Ariane, Belgica, Cameo, Diwa, Honey Crunch, Jazz, Junami, Rubens, Tentation, Wellant, κ.α.) (Faniadis, 2017).

Σε ότι αφορά την εποχή ωρίμανσης, η κύρια πρώιμη ποικιλία είναι η Gala. Τα δέντρα της ποικιλίας είναι ζωηρά και ο καρπός είναι μεσαίου μεγέθους με κόκκινο επίχρωμα στην πλευρά που φωτίζεται. Ενδιαφέροντες κλώνοι είναι οι Gala Buckeye, Gala Schniga, Gala Annaglo και Gala Brookfield. Ενδεικτικός χρόνος ωρίμανσης είναι ένας μήνας πριν την Golden Delicious. Άλλη πρώιμη ποικιλία είναι η Ozark Gold, κίτρινου χρώματος με κόκκινο επίχρωμα. Σε ότι αφορά τις ποικιλίες μέσης εποχής ωρίμανσης, κυρίαρχη θέση έχει η ομάδα Red Delicious. Οι παλαιοί κλώνοι έδιναν ζωηρά δέντρα μεγάλης ανάπτυξης. Η σύγχρονη τάση είναι οι κλώνοι τύπου spur, οι οποίοι στη θέση ενός ζωηρού πλάγιου βλαστού δίνουν μια αιχμή ελάχιστων εκατοστών, άρα και μικρότερο μέγεθος δέντρου. Οι κλώνοι που καλλιεργούνται αυτή την περίοδο είναι οι Red Chief, Super Chief, Scarlett, Jeromine, Red Cap, κ.λπ. και δίνουν ομοιόμορφο κόκκινο χρώμα καρπού, με το μέγεθος να είναι μεσαίο προς μεγάλο. Ακόμη, ιδιαίτερης σημασίας είναι η ποικιλία Golden Delicious, η οποία δίνει

καρπό κίτρινου χρώματος, μέσου ως μεγάλου μεγέθους, είναι δέντρο ζωηρής ανάπτυξης και χρησιμοποιείται κύρια σαν επικονιαστής. Η τριπλοειδής (απαιτεί δύο επικονιαστές αντί για ένα των υπόλοιπων) ποικιλία Jonagold (αξιόλογοι κλώνοι Jonagored και Red Jonaprince) έχει χαρακτηριστική γλυκόξινη γεύση, μεγάλου μεγέθους καρπούς κίτρινου χρώματος με επίχρωμα κόκκινο διάφορης έντασης ανάλογα με τον κλώνο και περιοχή καλλιέργειας, και δίνει δέντρο ζωηρής ανάπτυξης. Τέλος, στις ποικιλίες όψιμης εποχής, ιδιαίτερης ποιότητας καρπούς δίνει οι ποικιλία Fuji (ωρίμανση 2-3 εβδομάδες μετά την Golden Delicious), η οποία έχει ιδιαίτερα ζωηρής ανάπτυξης δέντρα, με τον καρπό της να είναι μέσου ως μεγάλου μεγέθους, με το κόκκινο χρώμα να είναι είτε ομοιόμορφο είτε σε ραβδώσεις. Κλώνοι ιδιαίτερου ενδιαφέροντος είναι οι Fuji Kiku 8, Fuji Fujiko και King Fuji (ο μόνος spur κλώνος σε μη Delicious ποικιλία). Επίσης, η Granny Smith (ωρίμανση 6 εβδομάδες μετά την Golden Delicious) δίνει καρπούς πράσινου χρώματος, χαρακτηριστικής υπόξινης γεύσης (ξινόμηλο) και μεσαίου-μεγάλου μεγέθους και δέντρο ζωηρής ανάπτυξης. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τη χώρα μας παρουσιάζει το φιρίκι (ωρίμανση 20 ημέρες μετά τη Golden Delicious), το οποίο δίνει καρπούς μικρού μεγέθους, πρασινοκίτρινους με επίχρωμα στη φωτιζόμενη από τον ήλιο πλευρά και δέντρο ζωηρό ιδιαίτερα μεγάλου μεγέθους (Σωτηρόπουλος, 2014α). Όπως αναφέρθηκε ανωτέρω, οι ποικιλίες της μηλιάς δεν είναι αυτογόνιμες, οπότε θα πρέπει να γίνει χρήση επικονιαστριών ποικιλιών. Όλο και συχνότερη παγκοσμίως είναι η χρήση ειδών καλλωπιστικής μηλιάς (crab apples) η οποία είναι ανθεκτική σε ασθένειες και μικρή σε μέγεθος.

Σε ότι αφορά τα υποκείμενα, όλο και σπανιότερα χρησιμοποιούνται πλέον σπορόφυτα μηλιάς, λόγω του μεγάλου μεγέθους που δίνουν στο δέντρο και της αργής εισόδου του δέντρου σε καρποφορία. Η χρήση τους περιορίζεται σε ορεινά δύσβατα μέρη με μεγάλες κλίσεις και χαμηλή γονιμότητα εδάφους και η κόμη διαμορφώνεται σχεδόν αποκλειστικά σε κύπελλο. Τα υποκείμενα που χρησιμοποιούνται έχουν διάφορους βαθμούς ζωηρότητας. Τα νάνα υποκείμενα που χρησιμοποιούνται είναι το M9 (δίνει μέγεθος 30-35% του σπορόφυτου και είναι κατάλληλο για πυκνή φύτευση, μπαίνει νωρίς σε παραγωγή αλλά παρουσιάζει ευαισθησία στο βακτηριακό κάψιμο και λόγω μικρού μεγέθους κόμης υπάρχει κίνδυνος ηλιοεγκαύματος στους καρπούς), M9-337 (ανθεκτικό σε βαριά εδάφη), M9-Pajam 1 (απαλλαγμένο από ιώσεις), M9-Pajam 2, M26 (δίνει μέγεθος 35-45% του σποροφύτου, κατάλληλο για πυκνές φυτεύσεις, ευπαθές σε βακτηριακό κάψιμο και φυτόφθορα), EMLA 26 (απαλλαγμένο από ιώσεις). Τα ημινάνα υποκείμενα που χρησιμοποιούνται είναι το MM106 (δίνει μέγεθος 60-65% σε σχέση με το σπορόφυτο και καλή παραγωγικότητα, ευαίσθητο σε εδάφη με υψηλή υγρασία και στη φυτόφθορα) και το MM111 (μέγεθος 70-75% σε σχέση με το μέγεθος του σπορόφυτου, αργεί να μπει σε καρποφορία, δίνει μέτρια

παραγωγικότητα, λόγω ζωνηρότητας ανθεκτικό στην ξηρασία, κατάλληλο για spur ποικιλίες και επαναφυτεύσεις). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα υποκείμενα Malling-Merton (MM) είναι ανθεκτικά στη ματόψειρα (*Eriosoma lanigerum*). Ακόμη, σε προβληματικά εδάφη μπορεί να γίνει ενδιάμεσος εμβολιασμός του τύπου MM111-M9-ποικιλία.

Όπως αναφέρθηκε και πριν, η διαμόρφωση σε κύπελλο τα τελευταία χρόνια έχει σχεδόν εγκαταλειφθεί από τους μηλοπαραγωγούς, πλην ορεινών και με μεγάλη κλίση περιοχών. Η σύγχρονη πρακτική υπαγορεύει γραμμικά συστήματα πυκνής ή υπέρπυκνης φύτευσης με τη δημιουργία φυτικού τείχους. Αυτά είναι η παλμέττα (κανονική ή ελεύθερη), όπου δημιουργούνται κλάδοι-«όροφοι», και είναι απαραίτητη η χρήση υποστυλωμάτων και συρμάτων. Ανάλογα το υποκείμενο και την ποικιλία (νάνο-ημινάνο/spur-κανονική) οι αποστάσεις φύτευσης κυμαίνονται 1-2 m επί της γραμμής και 3-4 m μεταξύ των γραμμών, με τις μικρές αποστάσεις να αφορούν spur ποικιλία σε νάνο υποκείμενο και τις μεγάλες κανονική ποικιλία σε ημινάνο υποκείμενο. Άλλο γραμμικό σύστημα είναι η άτρακτος, στην οποία οι κλάδοι βρίσκονται ελικοειδώς τοποθετημένοι στο δέντρο, ξεκινώντας από τα 60-70 cm, με αποστάσεις 1,25 m (ή το πολύ 1,5 m) επί της γραμμής και 3 m μεταξύ των γραμμών. Τα υποκείμενα που χρησιμοποιούνται είναι το M9 και το M26, με το συνδυασμό M9-spur ποικιλία να αποφεύγεται σε επαναφυτεύσεις (λόγω μικρού μεγέθους δέντρων) και να προτιμάται αν μπορούν να εγκατασταθούν αντιχαλαζικά δίκτυα, για αποφυγή ηλιοεγκαύματος λόγω αδύναμης βλάστησης. Το γραμμικό σύστημα που φαίνεται να έχει ιδιαίτερη δυναμική είναι το μονόκλωνο (super spindle, slender spindle, tall spindle) ή το δίκλωνο (bi-axis). Σε αυτό το σύστημα κατά κανόνα τα δενδρύλλια είναι διακλαδωμένα και διαμορφωμένα σε μεγάλο βαθμό από τα φυτώρια. Οι αποστάσεις σε αυτού του τύπου τα συστήματα κυμαίνονται στο 1 m (αν μιλάμε για spur ποικιλία σε M9 ακόμη πυκνότερα) έως και 3 m μεταξύ των γραμμών. Σε αυτό το σύστημα οι πλάγιοι κλάδοι δεν δένονται στα σύρματα. Στο σύστημα bi-axis γίνεται διπλός εμβολιασμός με την ποικιλία με τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργηθούν ουσιαστικά δύο κεντρικοί άξονες. Το πλεονέκτημα αυτών των συστημάτων είναι ο σημαντικός περιορισμός των καλλιεργητικών εργασιών που απαιτούνται, ο μεγάλος βαθμός εκμηχάνισης της καλλιέργειας και η πολύ γρήγορη είσοδος στην παραγωγή, αφού ο παραγωγός μπορεί να έχει ουσιαστικό εισόδημα από τον τρίτο χρόνο (Νάνος 2013, Σωτηρόπουλος 2016).

## 1.6 ΘΡΕΨΗ ΚΑΙ ΛΙΠΑΝΣΗ ΜΗΛΙΑΣ

Η απόφαση για την ποσότητα και τον χρόνο που θα εφαρμοστεί το κάθε θρεπτικό στη μηλιά είναι αρκετά περίπλοκη υπόθεση, αφού πρέπει να ληφθούν υπόψη πολλοί παράγοντες οι

οποίοι παρουσιάζουν μεγάλη ετερογένεια. Οι απαιτήσεις των δέντρων παρουσιάζουν μεταβλητότητα τόσο στο χρόνο όσο και από περιοχή σε περιοχή.

Είναι γενικά αποδεκτό ότι πριν την εγκατάσταση του μηλεώνα θα πρέπει να γίνεται ανάλυση εδάφους, προκειμένου να γίνει γνωστή τόσο η επάρκεια των θρεπτικών στοιχείων, όσο και διάφορες άλλες εδαφικές παράμετροι (όπως pH, μηχανική σύσταση, ηλεκτρική αγωγιμότητα, οργανική ουσία, ανθρακικό ασβέστιο, κ.ά.). Η εδαφολογική ανάλυση καλό είναι να επαναλαμβάνεται κάθε 3-4 χρόνια. Ακόμη πιο σημαντική θεωρείται η διενέργεια φυλλοδιαγνωστικής κάθε χρόνο (κατά κανόνα τέλη Ιουλίου με αρχές Αυγούστου), προκειμένου να γίνει γνωστό το ποια θρεπτικά φτάνουν τελικά στο φυτό από το έδαφος. Η ανάλυση αυτή λαμβάνει χώρα τον Ιούλιο κάθε έτους από φύλλα που προέρχονται από το μέσο περίπου των ετήσιων βλαστών (Σωτηρόπουλος, 2015).

Φυσικά, τα παραπάνω δίνουν μια εικόνα για τα θρεπτικά που πρέπει να εφαρμοστούν, όμως υπάρχουν πολλές παράμετροι που επηρεάζουν την ποσότητα των θρεπτικών. Μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα για τη θρεπτική κατάσταση του δέντρου δίνεται από την ποικιλία και την ηλικία του δέντρου, την αναμενόμενη παραγωγή, την εικόνα του δέντρου και του μηλεώνα γενικότερα (συγκεκριμένα το μέγεθος της ετήσιας βλάστησης να είναι 30-35 cm, όσες αιχμές, λογχοειδή και ασκοί δεν καρποφορούν να έχουν μήκος 1,5-7,5 cm και 6-10 φύλλα, να υπάρχει σταθερή καρποφορία από χρονιά σε χρονιά, και οι καρποί να φέρουν τα τυπικά χαρακτηριστικά της ποικιλίας, όπως και να συντηρούνται για το τυπικό διάστημα της ποικιλίας σε καλή μετασυλλεκτική κατάσταση), το πόσα θρεπτικά απομακρύνονται από την καλλιέργεια (συγκομιδή και κλαδευτικά) και η ανάκτηση των θρεπτικών από την καλλιέργεια (Σωτηρόπουλος, 2014β).

Η ποσότητα των θρεπτικών που απομακρύνονται από την καλλιέργεια και η ανάκτηση των ανόργανων θρεπτικών μπορούν να παίξουν καίριο ρόλο στην καλύτερη κατανόηση της θρέψης της καλλιέργειας. Συγκεκριμένα, μια πρόταση ορθολογικής λίπανσης μπορεί να γίνει με τον υπολογισμό των θρεπτικών που απομακρύνθηκαν από την καλλιέργεια με τη συγκομιδή, τα κλαδευτικά και την πτώση των φύλλων, όπως αναφέρθηκε ανωτέρω (Liakos et al., 2020). Ακόμη, μια παράμετρος που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι το πόσα θρεπτικά μένουν στο χωράφι είτε ως πεσμένα φύλλα είτε ως τεμαχισμένα κλαδευτικά. Η αποσύνθεση αυτών θα επιστρέψει τα θρεπτικά στο έδαφος του μηλεώνα την επόμενη καλλιεργητική περίοδο σε κάποιο βαθμό, με τις ευεργετικές επιδράσεις να αυξάνονται αν ληφθεί υπόψη η αύξηση της οργανικής ουσίας του εδάφους που θα επέλθει (Lyu et al., 2017). Η “επαναχρησιμοποίηση” των θρεπτικών εντός του φυτού μετά τη διακοπή του λήθαργου είναι ακόμη ένας τομέας που ενδιαφέρει και έχει να κάνει κυρίως με το χρόνο εφαρμογής των

θρεπτικών, κυρίως με τη μορφή ανόργανων λιπασμάτων. Σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε στην ποικιλία Braeburn, με παραγωγή  $70 \text{ tn ha}^{-1}$  τα θρεπτικά που απορροφήθηκαν από το έδαφος ήταν  $82 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}$ ,  $31 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ ,  $7 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}$  και  $4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ Ca}$  (Palmer & Dryden, 2006, Motesharezadeh et al. 2021).

Τα θρεπτικά που παίζουν τον πλέον σημαντικό ρόλο στην καλλιέργεια της μηλιάς είναι το άζωτο (N), το κάλιο (K), το ασβέστιο (Ca), ο φώσφορος (P) και το βόριο (B). Ακόμη, σημαντικό ρόλο παίζουν και οι σχέσεις μεταξύ των θρεπτικών. Η σχέση N/K των φύλλων πρέπει να κυμαίνεται στο 1,25/1, με το πηλίκιο (K+Mg)/Ca των καρπών (σχέση ιδιαίτερα σημαντική για την εμφάνιση πικρής κηλίδωσης) να βρίσκεται κοντά στο 20 και πάντως όχι πάνω από 25 (Σωτηρόπουλος, 2015).

Ίσως το πιο κρίσιμο θρεπτικό για όλες τις καλλιέργειες άρα και για τη μηλιά είναι το άζωτο. Η παρουσία του είναι κρίσιμη για τη φωτοσύνθεση, καθώς είναι απαραίτητο για τη σύνθεση της χλωροφύλλης και του ένζυμου-κλειδί της φωτοσύνθεσης, του rubisco (Prsa et al., 2007). Έτσι, σε περιπτώσεις έλλειψης αζώτου η βλάστηση είναι καχεκτική, ενώ τα φύλλα είναι μικρά και χωρίς έντονο πράσινο χρώμα. Τα συμπτώματα εμφανίζονται πρώτα στα παλαιότερα φύλλα, λόγω της εύκολης μετακίνησης του αζώτου στο φυτό. Ακόμη, η έλλειψη αζώτου κατά τη διάρκεια της καρπόδεσης μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη παραγωγή, ενώ οι καρποί με μειωμένη περιεκτικότητα σε άζωτο έχουν μειωμένη συντηρησιμότητα. Κάτι ακόμη που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι ότι η έλλειψη αζώτου οδηγεί σε πρόωμη ωρίμανση των καρπών, χωρίς αυτοί να έχουν λάβει ακόμη τα επιθυμητά χαρακτηριστικά της ποικιλίας (Hoying et al., 2004, Σωτηρόπουλος, 2014β). Από την άλλη πλευρά, υπερβολική παρουσία αζώτου οδηγεί σε υπερβολική βλάστηση, μειωμένη ποιότητα και συντηρησιμότητα καρπών, προβλήματα στο χρωματισμό των κόκκινων ποικιλιών, κατά βάση λόγω της ανισορροπίας στη σχέση με τα υπόλοιπα θρεπτικά στοιχεία (Righetti et al., 1998). Μια πολύ σημαντική επίπτωση της περίσσειας αζώτου είναι η ευπάθεια της καλλιέργειας σε ασθένειες και έντομα, λόγω της επί μακρόν ευαίσθητης τρυφερής βλάστησης που είναι παρούσα. Έτσι, η ποσότητα, ο χρόνος και ο τρόπος εφαρμογής του αζώτου παίζουν καίριο ρόλο στη σωστή θρέψη της μηλιάς, για την παραγωγή υψηλής ποιότητας καρπών χωρίς μεγάλες διακυμάνσεις από χρονιά σε χρονιά (παρενιαυτοφορία).

Το άζωτο που απαιτείται από το τέλος του λήθαργου και για τα πρώτα στάδια της ανοιξιάτικης ανάπτυξης (φούσκωμα οφθαλμών, πράσινη κορυφή, κλειστή ταξιανθία, ρόδινη κορυφή, ανοικτή ταξιανθία, πλήρης άνθιση, πτώση πετάλων, καρπόδεση) είναι αυτό που είχε αποθηκευτεί στους ιστούς (στον φλοιό, στο ξύλο και στη ρίζα) από την προηγούμενη χρονιά, για αυτό και “κυκλοφορεί” εντός του φυτού με τη μορφή αμινοξέων (Nielsen &

Neilsen, 2002). Η απορρόφηση αζώτου από το ριζικό σύστημα ξεκινά περίπου στο πρώτο δεκαήμερο του Μαΐου. Σε αυτό περίπου το χρονικό σημείο έχει ήδη ξεκινήσει η ανάπτυξη των ετήσιων βλαστών. Είναι χαρακτηριστικό ότι σε πειράματα που έγιναν για αυτό το σκοπό, το μεγαλύτερο ποσοστό του αζώτου σε φύλλα αιχμών προερχόταν από επανακινητοποίηση (90%), στους καρπούς το ποσοστό αυτό ήταν 60%, και στα φύλλα των ετήσιων βλαστών ήταν 50%, επιβεβαιώνοντας τον ανωτέρω συλλογισμό (Neilsen & Neilsen, 2001). Συνεπώς, εφαρμογή αζώτου κατά τη διάρκεια του χειμώνα ή νωρίς την άνοιξη έχει μικρή αποδοτικότητα και κατ' επέκταση δεν προτείνεται (τουλάχιστον όχι σε νιτρική μορφή). Ακόμη, η χρησιμοποίηση νάνων υποκειμένων στις σημερινούς μηλεώνες συνεπάγεται μικρή πυκνότητα και τοπικότητα του ριζικού συστήματος, άρα και μειωμένη αποδοτικότητα (ήδη χαμηλή στους οπωρώνες σε σχέση με ετήσιες καλλιέργειες) σε σχέση με υποκείμενα πλήρους ανάπτυξης. Αυτό σημαίνει ότι τα θρεπτικά, ιδιαίτερα το άζωτο, θα πρέπει να εφαρμόζονται και παραμένουν εντός του πεδίου που μπορούν να απορροφηθούν από τις ρίζες. Σε αυτό ιδιαίτερα χρηστική αποδεικνύεται η χρήση της στάγδην άρδευσης ή των μικροεκτοξευτήρων σε συνδυασμό με την υδρολίπανση. Ιδιαίτερα, όταν μπορούν να προσδιοριστούν οι ανάγκες του μηλεώνα σε νερό με μέτρηση εξατμισοδιαπνοής, άρα και πόσο νερό απομακρύνθηκε από το έδαφος, τότε με τη χρήση υδρολίπανσης μπορεί να εφαρμοστεί η απαιτούμενη ποσότητα αζώτου και να είναι διαθέσιμη στο σημείο που λειτουργούν εντατικά οι ρίζες (Neilsen & Neilsen, 2002, Neilsen et al., 2002).

Λόγω της σημασίας του αποθηκευμένου αζώτου στα πρώτα στάδια μετά το λήθαργο, η καλή θρεπτική κατάσταση των φύλλων μετασυλλεκτικά και πριν την είσοδο στο λήθαργο κρίνεται ευεργετική. Αν ληφθεί υπόψη ότι το άζωτο που βρίσκεται στα φύλλα απορροφάται σε μεγάλο ποσοστό πριν από την πτώση τους (κυρίως από την υδρόλυση του ενζύμου rubisco, γι' αυτό και το κιτρίνισμα στα φύλλα πριν την πτώση), η εφαρμογή αζώτου με τη μορφή ουρίας (σε συγκέντρωση 2-4% στο ψεκαστικό διάλυμα) μετασυλλεκτικά και όσο τα φύλλα είναι μεταβολικά ενεργά είναι ένας αποδοτικός τρόπος λίπανσης (Cheng et al., 2002, Guak et al., 2004). Ακόμη, αυτός ο τρόπος εφαρμογής βρέθηκε να μετριάξει τις αρνητικές συνέπειες του αζώτου στον χρωματισμό των καρπών ποικιλίας Royal Gala (De Angelis et al. 2011). Παράλληλα, η οργανική ουσία του εδάφους συνεισφέρει σημαντικά στη θρέψη του μηλεώνα, αφού με την αποσύνθεση της προσφέρει σημαντικές ποσότητες αζώτου, οι οποίες πρέπει να υπολογιστούν στις συνολικές εισροές (Stiles, 2004a, Cheng & Schupp, 2004).

Το κάλιο είναι το θρεπτικό που σχετίζεται θετικά με την καλή ποιότητα των καρπών (χρωματισμός κόκκινων και δίχρωμων μήλων, περιεκτικότητα σε διαλυτά στερεά συστατικά). Παίζει ακόμη σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της σπαργής των κυττάρων, αφού

είναι ωσμωτικά ενεργό, ενώ αυξάνει την αντοχή στην αβιοτική καταπόνηση (ξηρασία, υδατική καταπόνηση, ψύχος-παγετός, προβληματικά εδάφη) (Hoying et al., 2004, Σωτηρόπουλος, 2014β). Παίζει σημαντικό ρόλο στη σύνθεση σακχάρων, οργανικών οξέων και βιταμίνης C, άρα στην περιεκτικότητα των καρπών σε διαλυτά στερεά συστατικά, δηλαδή στην ποιότητα τους (Nava et al., 2007, Σωτηρόπουλος, 2014β). Λόγω της ωσμορυθμιστικής του ικανότητας, παίζει σημαντικό ρόλο στη διαχείριση του νερού στο φυτό, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τον έλεγχο της σπαργής των καταφρακτικών κυττάρων των στομάτων στα φύλλα. Έλλειψη καλίου παρατηρείται συνήθως σε βαριά αργιλώδη εδάφη, όπου δεσμεύεται ισχυρά από τα ορυκτά της αργίλου, ή σε χονδρόκοκκα εδάφη τα οποία δεν μπορούν να το συγκρατήσουν. Σε αυτές τις περιπτώσεις συνίσταται η υδρολίπανση με καλιούχα λιπάσματα προκειμένου να βρεθεί κοντά στο ριζικό σύστημα και να απορροφηθεί (Kaack & Pedersen, 2014, Stiles, 2004a). Κύριο σύμπτωμα της έλλειψης καλίου είναι η περιφερειακή χλώρωση σχήματος V των φύλλων, η οποία εμφανίζεται πρώτα στα κατώτερα φύλλα, λόγω της ευκινησίας του εντός του φυτού (Taiz & Zeiger, 2012, Σωτηρόπουλος, 2014β). Σημαντικό ρόλο παίζει ο λόγος N/K των φύλλων, υψηλές τιμές του οποίου οδηγούν σε υπερβολική βλάστηση και μειωμένη ποιότητα καρπών και πρόβλημα στην πρόσληψη του καλίου. Ακόμη, το κάλιο αλληλεπιδρά με το μαγνήσιο και το ασβέστιο. Συγκεκριμένα, υψηλή ποσότητα καλίου στο έδαφος οδηγεί σε μειωμένη πρόσληψη μαγνησίου και ασβεστίου. Η αλληλεπίδραση καλίου-ασβεστίου είναι καίριας σημασίας για την τελική ποιότητα των καρπών και την τελική συντηρησιμότητα τους. Συγκεκριμένα, όσο μεγαλύτερο είναι το πηλίκιο (K+Mg)/Ca, τόσο πιο “μαλακοί” και ευαίσθητοι στην πικρή κηλίδωση και άλλες φυσιολογικές ασθένειες θα είναι οι καρποί μετασυλλεκτικά, ενώ όσο μικρότερο τόσο θα μειώνεται η ποιότητα τους (ΔΣΣ, οξύτητα, χρωματισμός) (Dilmaghani et al., 2005, Neilsen & Neilsen, 2006)

Η παρουσία του φωσφόρου είναι ιδιαίτερα σημαντική στα μικρής ηλικίας δέντρα. Η παρουσία του βοηθά ιδιαίτερα στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος. Ακόμη, την περίοδο της ανθοφορίας η μηλιά αποκρίνεται καλά στην παροχή φωσφόρου λόγω των απαιτήσεων σε ενέργεια τη συγκεκριμένη περίοδο. Παράλληλα, η εφαρμογή φωσφόρου βελτιώνει το χρωματισμό των κόκκινων ποικιλιών και τη συνεκτικότητα και συντηρησιμότητα των καρπών, αφού επιδρά θετικά στα κυτταρικά τοιχώματα (Neilsen & Neilsen, 2009, Σωτηρόπουλος, 2014β). Η βέλτιστη τιμή pH του εδάφους για την πρόσληψη φωσφόρου είναι 6,0-7,0, ενώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι η παρουσία ανθρακικού ασβεστίου σε υψηλό ποσοστό στο έδαφος οδηγεί στη δημιουργία αδιάλυτων (άρα μη προσλήψιμων) συμπλόκων Ca-P. Γι’ αυτό, είναι συνήθης η εφαρμογή μεγάλων ποσοτήτων φωσφόρου (25-40 μονάδες) στο έδαφος πριν την εγκατάσταση του μηλεώνα, κατά προτίμηση στις μελλοντικές γραμμές

(είναι σύνηθες να εφαρμόζονται και καλιούχα λιπάσματα με αυτό τον τρόπο). Ρυθμίζοντας το pH τοπικά μετά την εγκατάσταση της καλλιέργειας (π.χ. με οξινοποιά αζωτούχα λιπάσματα όπως η θειική αμμωνία) μπορεί να προσαρμοστεί και η θρέψη με φώσφορο. Συμπληρωματικά, μπορεί να γίνει επέμβαση με διαφυλλικές εφαρμογές P (Stiles, 2004a, Σωτηρόπουλος, 2014β).

Το ασβέστιο είναι το στοιχείο που σχετίζεται θετικά με τη συντηρησιμότητα των καρπών. Αυτό συμβαίνει διότι αποτελεί δομικό στοιχείο του κυτταρικού τοιχώματος, ως συγκολλητική ουσία στο κυτταρικό τοίχωμα, οπότε με την παροχή ασβεστίου αποτρέπεται η απώλεια συνοχής των καρπών, άρα αυξάνεται η ανθεκτικότητα τους στη γήρανση (Fallahi et al., 1997). Επίσης, έχει δράση και ως δευτερογενής αγγελιοφόρος, όταν και συνδέεται με την καλμοδουλίνη (την ενεργοποιεί) που βρίσκεται στο κυτόπλασμα (Taiz & Zeiger, 2012). Καίριο ρόλο στον προσδιορισμό της κατάστασης του ασβεστίου εντός του φυτού παίζουν οι σχέσεις ασβεστίου-αζώτου και ασβεστίου-καλίου και μαγνησίου. Όσο αυξάνεται η παρουσία αζώτου, τόσο πρέπει να αυξάνεται και αυτή του ασβεστίου. Αυτό συμβαίνει γιατί η νεαρή βλάστηση απαιτεί “ισχυρότερα” ασβέστιο από ότι οι καρποί λόγω εντονότερης διαπνοής, με αποτέλεσμα το διαθέσιμο ασβέστιο στους καρπούς να μειώνεται. Ακόμη, όσο αυξάνεται το πηλίκιο N/Ca τόσο αυξάνεται η ευαισθησία του καρπού στην υάλωση. Αντίστοιχα, αν το πηλίκιο K/Ca υπερβαίνει το 25, αυξάνονται οι πιθανότητες πικρής κηλίδωσης (Dilmaghani et al., 2005, Σωτηρόπουλος, 2014β). Σε ότι αφορά το ασβέστιο στο έδαφος, σε pH μικρότερα του 5,5 η πρόσληψη του είναι δύσκολη, ενώ η παρουσία ανθρακικού ασβεστίου στο έδαφος είναι ενδεικτική βασικού pH. Ιδιαίτερος ανταγωνισμός παρατηρείται μεταξύ καλίου και ασβεστίου-μαγνησίου, με τη σχέση ασβεστίου-καλίου να μεταβάλλεται ανάλογα με τις εδαφικές παραμέτρους. Η θρέψη του φυτού με ασβέστιο καθορίζεται κυρίως από τις σχέσεις με άλλα στοιχεία και όχι από την παρουσία του στο έδαφος, όπου συνήθως υπάρχει σε επάρκεια. Ιδιαίτερα για την παρουσία του στους καρπούς, καλή πρακτική είναι η εφαρμογή διαφυλλικών ψεκασμών με ασβεστούχα σκευάσματα. Τουλάχιστον 5-6 ψεκασμοί με  $\text{CaCl}_2$  με μεσοδιαστήματα 10 ημερών εφαρμόζονται σε μηλοπαραγωγές περιοχές προκειμένου να υπάρξει κατάλληλος εφοδιασμός των καρπών. Έρευνες έχουν δείξει ότι η έναρξη εφαρμογών από τη φάση των έντονων κυτταροδιαιρέσεων (αμέσως μετά την καρπόδεση με διάμετρο καρπιδίου περίπου 10 mm) έχει σαν αποτέλεσμα καλύτερη μετασυλλεκτική ποιότητα των καρπών (Hoying et al., 2004, Dilmaghani et al., 2005, Neilsen & Neilsen, 2009, Peryea et al., 2007, Motesharezadeh et al., 2021).



Στα υπόλοιπα σημαντικά για τη μηλιά θρεπτικά, το μαγνήσιο αποτελεί συστατικό της χλωροφύλλης και συμμετέχει στη σύνθεση των DNA και RNA. Όπως έχει ήδη αναφερθεί καίριας σημασίας είναι η σχέση του μαγνησίου με το ασβέστιο και το κάλιο. Συγκεκριμένα, τείνει να υποκαθιστά το ασβέστιο στα κυτταρικά τοιχώματα, σε περιπτώσεις μειωμένης απορρόφησης ασβεστίου, μειώνοντας έτσι τη συνεκτικότητα τους και καθιστώντας τους καρπούς ευαίσθητους στην υποβάθμιση. Περνώντας στο βόριο, αυτό το στοιχείο έχει την ιδιαιτερότητα να είναι σχετικά δυσκίνητο στα περισσότερα είδη φυτών, ενώ στα φυτά της οικογένειας Rosaceae (άρα και στη μηλιά) παρουσιάζει ευκολία στην κίνηση εντός του φυτού. Αυτό πιθανότατα συμβαίνει λόγω της σορβιτόλης που είναι ο κύριος υδατάνθρακας που κινείται στο φλοιώμα αυτών των φυτών και με την οποία το βόριο δημιουργεί σύμπλοκο (Brown & Hu, 1996). Η παροχή του B στο φυτό από εδάφους παρουσιάζει ιδιαιτερότητες διότι το εύρος pH στο οποίο είναι διαθέσιμο είναι σχετικά μικρό (6,5-7,0), ενώ υπερβολικά βαριά και με υψηλή υγρασία εδάφη το συγκρατούν ισχυρά και πολύ ελαφρά εδάφη αδυνατούν να το συγκρατήσουν στη ριζόσφαιρα. Ακόμη, η συγκέντρωση του B εντός του φυτού μπορεί να περάσει γρήγορα από την τροφопενία στην τοξικότητα (φυσιολογικές τιμές 30-80 ppm στα φύλλα) (Righetti et al., 1998, Stiles, 2004b). Πέραν των χειμερινών εφαρμογών βόρακα, αποτελεσματική είναι η διαφυλλική εφαρμογή σκευασμάτων βορίου (στη ρόδινη κορυφή και μετασυλλεκτικά). Επίσης, συμβάλει στη μεταφορά του ασβεστίου εντός του φυτού. Παίζει ρόλο στη γονιμοποίηση των ανθέων, στη βλαστικότητα της γύρης, στην καρπόδεση και στην πρόωμη ανάπτυξη των καρπών. Έλλειψη οδηγεί σε μικροφυλλία, κακοσχηματισμένους και μικρούς καρπούς (Σωτηρόπουλος, 2014β). Η έλλειψη ψευδαργύρου παρατηρείται κυρίως σε εδάφη με υψηλό σχετικά pH (πάνω από 7), συνεπώς και με υψηλή παρουσία ανθρακικού ασβεστίου, με χαμηλή οργανική ουσία και ελαφριά σύσταση. Σε περιπτώσεις έλλειψης παρατηρείται μικροφυλλία, χλώρωση και τα μεσογονάτια διαστήματα είναι πολύ κοντά και δημιουργείται ροζέτα επάκρια στον γυμνό από οφθαλμούς βλαστό (Righetti et al., 1998, Stiles, 2004b, Σωτηρόπουλος, 2014β). Η τροφопενία σιδήρου είναι συχνό φαινόμενο στη νεαρή βλάστηση, λόγω της σχετικής δυσκινησίας του εντός του φυτού. Εμφανίζεται με τη μορφή μεσονεύριας χλώρωσης στα νεαρά φύλλα (ο σίδηρος είναι συστατικό της χλωροφύλλης). Η διαθεσιμότητα του σιδήρου περιορίζεται στα αλκαλικά εδαφικά pH. Η εφαρμογή του εύληπτου χηλικού σιδήρου διορθώνει την τροφопενία αυτή (Stiles, 2004b, Σωτηρόπουλος, 2014β).

### **1.6.1 Εφαρμογή Μειωμένης Ποσότητας Αζωτούχου Λίπανσης**

Η υπερβολική χρήση αζώτου λόγω της εντατικοποίησης της γεωργίας, εκτός από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις (έκπλυση στα βαθύτερα στρώματα του εδάφους, ρύπανση

υπόγειων υδάτων, αυξημένες εκλύσεις στην ατμόσφαιρα οξειδίων του αζώτου, ενέργεια για την παραγωγή N-ούχων λιπασμάτων), έχει πολλές φορές αρνητικές συνέπειες στην ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων αλλά και στην υγεία του φυτικού κεφαλαίου (Lu et al., 2018).

Όπως αναφέρουν οι Lu et al. (2018), σε πείραμα που έγινε σε καλλιέργεια ακτινιδιάς στην Κίνα η εφαρμογή μειωμένης ποσότητας αζώτου (25-45% σε σχέση με την παραδοσιακή πρακτική) δεν επηρέασε την παραγωγή και τη βλάστηση, αυξάνοντας έτσι το βαθμό αξιοποίησης του αζώτου (Lu et al., 2018). Επίσης, σε καλλιέργεια σιταριού στην Κίνα, η εφαρμογή 180 kg ha<sup>-1</sup> N στο στάδιο του 4ου φύλλου διατήρησε παρόμοια στρεμματική παραγωγή με την εφαρμογή 240 kg ha<sup>-1</sup>, ενώ αύξησε τη φωτοσυνθετική ικανότητα, το βαθμό αφομοίωσης εφαρμοζόμενου αζώτου και μείωσε το υπολειμματικό N στο έδαφος (Tian et al., 2018). Οι Luo et al. (2018) βρήκαν ότι μείωση 20-30% του εφαρμοζόμενου αζώτου σε σχέση με την υπάρχουσα πρακτική δεν μείωσε την παραγωγή σε καλλιέργεια βαμβακιού. Σε καλλιέργεια νεκταρινιάς στη νότια Γαλλία συνδυασμός ελλειμματικής άρδευσης (75% σε σχέση με το 100% της υπολογιζόμενης ET<sub>c</sub>) και μειωμένης αζωτούχου λίπανσης (75% της ποσότητας που εφαρμόζεται τοπικά) οδήγησε σε μείωση μετασυλλεκτικών ασθενειών των καρπών και κλαδευτικών, χωρίς σημαντική απώλεια παραγωγής (Atay et al., 2019).

Σε ότι αφορά στη μηλιά, η εφαρμογή αζώτου σε καλλιέργεια μηλιάς στη Βραζιλία (υψηλής πυκνότητας, σε νάνο υποκείμενο M9) δεν αύξησε την παραγωγή, πιθανότατα λόγω του επαρκούς εφοδιασμού αζώτου από την οργανική ουσία του εδάφους (Emani et al., 2008). Οι Raese et al. (2007) διαπίστωσαν ότι όσο λιγότερο ήταν το εφαρμοζόμενο άζωτο σε μηλιές ποικιλίας Golden Delicious, τόσο πιο ανθεκτικά στη συντήρηση ήταν τα μήλα και πιο κίτρινο ήταν το χρώμα τους. Τέλος, οι Neilsen & Neilsen (2002) προτείνουν ότι η καλύτερη περίοδος εφαρμογής αζώτου μέσω υδρολίπανσης είναι 4 εβδομάδες μετά την πλήρη άνθιση και μετασυλλεκτικά με μικρή ποσότητα.

## 1.7 ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΜΗΛΙΑΣ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ

Οι κλιματικές συνθήκες στην κεντρική Ελλάδα τους καλοκαιρινούς μήνες χαρακτηρίζονται από σχετικά υψηλές θερμοκρασίες και μεγάλες περιόδους ξηρασίας. Η κλιματική αλλαγή τα επόμενα χρόνια αναμένεται να εντείνει αυτά τα φαινόμενα. Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι οι εν λόγω συνθήκες αποτελούν παράγοντες καταπόνησης για τις καλλιέργειες, άρα και για τη μηλιά, που είναι σχετικά ψυχρόφιλο είδος.

Η φωτοσύνθεση είναι μια θερμοευαίσθητη διαδικασία, με τις υψηλές θερμοκρασίες να προκαλούν επιβράδυνση αυτής, ενώ με θερμοκρασία φύλλου άνω των 38 °C η διαδικασία αυτή πρακτικά σταματά (Mihaljevic et al., 2020). Ακόμη, λόγω της έλλειψης νερού, τα

στόματα “κλείνουν”, μειώνοντας τη στοματική αγωγιμότητα και κατ’ επέκταση την ανταλλαγή αερίων. Με την επιδείνωση της ξηρασίας, τα φωτοσυστήματα καταστρέφονται λόγω υπερβολικού φωτός ή βλάβης στη φωτοφωσφορυλίωση και στη δραστηριότητα του ενζύμου rubisco (Ma et al., 2015a).

Οι χρωστικές που λαμβάνουν μέρος στη φωτοσύνθεση και απαντούν στα φυτά είναι οι χλωροφύλλες (χλωροφύλλες a και b) και τα καροτενοειδή. Ακόμη, φωτοχημικά ενεργά είναι τα μόρια της χλωροφύλλης a που αποτελούν τα φωτοσυστήματα II και I που όταν απορροφούν φως μεταφέρουν ηλεκτρόνιο (Μανέτας κ.ά., 2015). Συνεπώς, τα υπόλοιπα μόρια χλωροφύλλης a, η χλωροφύλλη b και τα καροτενοειδή είναι βοηθητικές φωτοσυνθετικές χρωστικές. Μια ιδιαίτερη δράση των καροτενοειδών είναι η προστασία της φωτοσυνθετικής συσκευής μέσω απορρόφησης της πλεονάζουσας ενέργειας. Σημαντικές πληροφορίες για το βαθμό καταπόνησης μπορεί να δώσει ο προσδιορισμός του φθορισμού της χλωροφύλλης (Fv/Fm). Συγκεκριμένα, η καταπόνηση ιστού που φωτοσυνθέτει οδηγεί σε μείωση της τιμής του φθορισμού χλωροφύλλης. Η διεγερμένη χλωροφύλλη μπορεί να διοχετεύσει την ενέργεια της (αποδιέγερση) με τέσσερις τρόπους: το φθορισμό, την απευθείας μετατροπή σε θερμότητα, την ενεργειακή μεταφορά σε άλλο μόριο, και την πρόκληση φωτοχημικών αντιδράσεων (Taiz & Zeiger, 2012, Torres et al., 2016).

Η υψηλή ένταση του φωτός οδηγεί στην τοπική αύξηση της θερμοκρασίας και διαπνοής στα φύλλα και στους καρπούς. Έτσι, επιδεινώνεται η κατάσταση της ήδη υψηλής θερμοκρασίας και έλλειψης νερού. Το φωτοσύστημα II χάνει την αποτελεσματικότητά του όσο αυξάνεται η φωτοπαρεμπόδιση λόγω υπερβολικής απορρόφησης ακτινοβολίας και το φωτοσύστημα I λόγω απουσίας νερού με αποτέλεσμα να μην αξιοποιείται η προσπίπτουσα ακτινοβολία. Μέχρι ενός σημείου υπάρχουν, όπως προαναφέρθηκε, μηχανισμοί προστασίας, ιδιαίτερα από τον κίνδυνο οξειδωσης λόγω ελεύθερων ενεργών μορφών οξυγόνου (ROS), όπως ο κύκλος των ξανθοφυλλών (καροτένια), αυξημένη φωτοαναπνοή και δράση αντιοξειδωτικών συστημάτων (Taiz & Zeiger, 2012, Καραμπουρνιώτης κ.α., 2012, Ma et al., 2015a).

Η φωτοσύνθεση είναι η διαδικασία κατά την οποία δημιουργούνται σκελετοί άνθρακα, μέσω αφομοίωσης του CO<sub>2</sub>, που είναι απαραίτητοι τόσο για τη βλάστηση όσο και για την ανάπτυξη των καρπών. Σε υψηλές θερμοκρασίες, η φωτοσύνθεση τμηματικά παρεμποδίζεται με ταυτόχρονη αύξηση της αναπνοής, με αποτέλεσμα η συγκέντρωση CO<sub>2</sub> να μην μειώνεται λόγω της έκλυσης του μέσω της αναπνοής. Φτάνοντας σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία, επέρχεται το κρίσιμο σημείο στο οποίο οι δύο λειτουργίες εξισώνονται (σημείο αντιστάθμισης, μηδενική καθαρή φωτοσύνθεση). Σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες, η έκλυση CO<sub>2</sub> επικρατεί της αφομοίωσης του (Καραμπουρνιώτης κ.ά., 2012).

Η μηλιά δεσμεύει το ατμοσφαιρικό CO<sub>2</sub> με το μηχανισμό C<sub>3</sub>. Μια σύντομη περιγραφή αυτής της διαδικασίας (κύκλος Calvin-Benson) είναι η εξής: 1. καρβοξυλίωση 1,5-διφωσφορικής ριβουλόξης σε 3-φωσφογλυκερικό οξύ (καταλύεται από το ένζυμο rubisco), 2. το 3-φωσφογλυκερικό οξύ σε φωσφοτριόζες (με ATP και NADPH), 3. τα 5/6 εκ των φωσφοτριόζων δεσμεύονται για την παραγωγή 1,5-διφωσφορικής ριβουλόξης (για τη συνέχεια του κύκλου) και το 1/6 προωθείται για την παραγωγή των απαραίτητων σκελετών άνθρακα (βιοσύνθεση, μεταφορά, αποθήκευση). Μερικά ακόμη ενδιαφέροντα σημεία είναι ότι το CO<sub>2</sub> λειτουργεί τόσο ως υπόστρωμα όσο και ως ενεργοποιητής του rubisco και η παρουσία ή όχι φωτός ρυθμίζει ανάλογα τον κύκλο (Taiz & Zeiger, 2012). Η φωτοαναπνοή βασίζεται στη λειτουργία του rubisco με υπόστρωμα το O<sub>2</sub>, η οποία ευνοείται με την άνοδο της θερμοκρασίας (υπερβολική ακτινοβολία, ξηρασία), και ουσιαστικά παράγει μόρια που επανεισέρχονται στον κύκλο Calvin-Benson, “ξοδεύοντας” με αυτό τον τρόπο την πλεονάζουσα ενέργεια και προστατεύοντας έτσι τη φωτοσυνθετική συσκευή (Καραμπουρνιώτης κ.ά., 2012).

Υπό ευνοϊκές συνθήκες (υψηλή φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία και ταυτόχρονα όχι υψηλές θερμοκρασίες) η παραγωγικότητα της μηλιάς είναι υψηλή για φυτό κύκλου C<sub>3</sub>. Αυτό φαίνεται να συμβαίνει λόγω της υψηλής απόδοσης της αναπνοής (“καίει” λίγο σχετικά άνθρακα για την παραγωγή ενέργειας). Έχει αποδειχθεί ότι η συγκέντρωση ξηράς ουσίας των καλλιεργειών είναι γραμμική συνάρτηση της συνολικής ακτινοβολίας που έχει προσληφθεί στη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Αυτό βέβαια δεν αποτελεί εγγύηση υψηλής παραγωγής, αφού για αυτό παίζουν ρόλο πολλοί παράγοντες (θρεπτική κατάσταση, ασθένειες, καλλιεργητικές τεχνικές κ.ά.) (Lakso et al., 1999, Wunsche & Lakso, 2000). Σε γενικές γραμμές, κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξής τους, οι ιστοί (φύλλα, βλαστοί, καρποί, ρίζα) επιδεικνύουν ετεροτροφική συμπεριφορά. Ιδιαίτερα για τα άνθη και τους πρώιμους βλαστούς σημαντικό ρόλο φαίνεται να παίζουν οι ήδη αποθηκευμένοι υδατάνθρακες, τουλάχιστον κατά τη διαδικασία της αναπνοής. Στην πορεία, από την άνθιση και για τις επόμενες 3-4 εβδομάδες οι ανάγκες καλύπτονται από τα φύλλα των αιχμών και σταδιακά, μετά αναλαμβάνουν τα φύλλα των ετήσιων βλαστών. Το διάστημα της πρώιμης ανάπτυξης των καρπών είναι ιδιαίτερα κρίσιμο, λόγω των έντονων κυτταροδιαρρέσεων που απαιτούν αρκετό ποσό υδατανθράκων (Wunsche & Lakso, 2000). Οι καρποί παρουσιάζουν ετεροτροφική συμπεριφορά, με αποτέλεσμα να ανταγωνίζονται τους νεαρούς βλαστούς για τα προϊόντα της φωτοσύνθεσης. Είναι χαρακτηριστικό ότι η υπερβολική καρποφορία οδηγεί σε μείωση της βλάστησης, ενώ λόγω της έλλειψης επαρκών υδατανθράκων υπάρχει ελλιπής σχηματισμός ανθοφόρων οφθαλμών, εντείνοντας το πρόβλημα της παρενιαυτοφορίας σε επιρρεπείς ποικιλίες. Σε αυτό το ζήτημα μια λύση είναι το αραίωμα των καρπών (σε στάδιο

καρπιδίου 10 mm – στάδιο έντονων κυτταροδιαρρέσεων) ή και ανθέων. Με αυτό τον τρόπο αυξάνεται το μέγεθος των καρπών (λιγότεροι αποδέκτες-sinks για τις ίδιες πηγές-sources), ενώ περισσεύουν μακροπρόθεσμα υδατάνθρακες για το σχηματισμό ανθοφόρων οφθαλμών. Συνοπτικά, οι παράγοντες που αυξάνουν την πρόσληψη του διαθέσιμου στον αγρό ηλιακού φωτός είναι η πυκνή φύτευση των δέντρων ανά μονάδα επιφάνειας, υψηλές τιμές του λόγου φυλλικής επιφάνειας ανά δέντρο προς την επιφάνεια σκίασης εδάφους ανά δέντρο, μείωση αποστάσεων μεταξύ των γραμμών, αύξηση του ύψους των δέντρων (στο βαθμό που να μην επιδρά αρνητικά στο φωτισμό), κατεύθυνση γραμμών στον άξονα B-N. Οι καλλιεργητικοί παράγοντες που αυξάνουν την καλύτερη παραγωγή υδατανθράκων στο φυτό είναι ελαφρύ χειμερινό κλάδεμα, οριζοντίωση των βλαστών (π.χ. δένοντας τους) και θερινό κλάδεμα. Οι θετικές επιπτώσεις που έχει η αύξηση της πρόσληψης φωτός είναι η φωτοσύνθεση όλης της κόμης και η παραγωγή καρπών, ενώ η βελτίωση της κυκλοφορίας των υδατανθράκων επιδρά θετικά στην άνθιση, την καρπόδεση, τη ροή υδατανθράκων προς τους καρπούς, το μέγεθος και το βάρος των καρπών, τη ροή θρεπτικών μέσω των αγγείων, τη σκληρότητα, τα διαλυτά στερεά συστατικά και το χρώμα των καρπών (Lakso et al., 1999, Wunsche & Lakso, 2000). Αξίζει να σημειωθεί ότι ο κύριος (60-70%) υδατάνθρακας που κυκλοφορεί στο φλοιό της μηλιάς (γενικά στα φυτά της οικογένειας Rosaceae) είναι η σορβιτόλη. Έρευνες έχουν δείξει ότι λειτουργεί κατά βάση σαν “μεταφορικός” υδατάνθρακας που μετατρέπεται όταν φτάνει στον αποδέκτη ιστό είτε σε δομικά συστατικά είτε σε αποθηκευτικές ουσίες (καρποί, νεαρά φύλλα και βλάστηση) (McQueen & Minchin, 2005). Ως ωσμωτικά ενεργό στοιχείο η σορβιτόλη παίζει σημαντικό ρόλο στην υδατική καταπόνηση (απόκριση), ενώ δημιουργεί και σύμπλοκα με το βόριο διευκολύνοντας τη μεταφορά του.

Περισσότερο από το 70% του αζώτου βρίσκεται στους χλωροπλάστες. Αυτό σημαίνει ότι η μειωμένη πρόσληψη αζώτου θα έχει άμεση επίπτωση στη σύνθεση της χλωροφύλλης, της οποίας είναι το κύριο συστατικό. Πέραν της μείωσης στη σύνθεση της χλωροφύλλης, η έλλειψη αζώτου δημιουργεί πρόβλημα στη σύνθεση του rubisco, του ενζύμου κλειδί για την αφομοίωση του ατμοσφαιρικού άνθρακα. Συγκεκριμένα, όσο λιγότερο άζωτο μπορεί να προμηθευτεί το φυτό, τόσο λιγότερο rubisco θα δημιουργηθεί. Λαμβάνοντας υπόψη ότι το συγκεκριμένο ένζυμο ουσιαστικά “ελέγχει” τη φωτοσύνθεση μέσω του κύκλου Calvin-Benson, οποιαδήποτε μείωση στη συγκέντρωση του ή δυσλειτουργία του μειώνει το ρυθμό της φωτοσύνθεσης. Σε μηλιά Fuji βρέθηκε ότι φύλλα με λιγότερο άζωτο είχαν χαμηλότερο ρυθμό φωτοσύνθεσης από φύλλα με περισσότερο άζωτο. Ακόμη, όσο λιγότερο άζωτο είχαν τα φύλλα, τόσο λιγότερη χλωροφύλλη είχαν. Έτσι, η μείωση του αζώτου επηρεάζει τόσο την απορρόφηση του φωτός από τις φωτοσυνθετικές κεραίες, όσο και τη μετέπειτα αξιοποίηση του για τη δέσμευση του άνθρακα (Chen & Cheng, 2004, Prsa et al., 2007, Wen et al., 2019).

Η διαθεσιμότητα του νερού σε συνθήκες όπως αυτές των καλοκαιρινών μηνών στην κεντρική Ελλάδα (υψηλές θερμοκρασίες και μακρά περίοδος ξηρασίας) αποτελεί πρόβλημα για την καλλιέργεια της μηλιάς. Ακόμη και μέσω της άρδευσης είναι πολύ δύσκολο να καλυφθούν ικανοποιητικά οι ανάγκες σε νερό της καλλιέργειας αυτή την περίοδο. Μοιραία, λοιπόν, η υδατική καταπόνηση των δέντρων είναι σημαντική. Η μείωση του φωτοσυνθετικού ρυθμού είναι η πρώτη και κύρια επίπτωση, αρχικά λόγω του κλεισίματος των στομάτων (εξοικονόμηση νερού) και λόγω ζημιών στη φωτοσυνθετική συσκευή-διάταξη (Ma et al., 2015b). Έρευνες έχουν δείξει ότι η απόκριση αυτή επάγεται από τη σύνθεση αμψισσικού οξέος στη ρίζα και τη μεταφορά του στα φύλλα (Bhusal et al., 2019).

Σημαντικό ρόλο στην αντιμετώπιση της υδατικής καταπόνησης του φυτού παίζει η παραγωγή ή και η μεταφορά ωσμωτικά ενεργών ουσιών. Οργανικά συστατικά όπως σάκχαρα, προλίνη και γλυκίνη-μπεταΐνη παίζουν ωσμωτικά ρυθμιστικό ρόλο. Στη μηλιά, τα διαλυτά σάκχαρα είναι υπεύθυνα για την ωσμωρύθμιση κατά τη διάρκεια της υδατικής καταπόνησης (Nemeskeri et al., 2015). Μία ένδειξη υδατικής καταπόνησης στη μηλιά είναι και η συγκέντρωση σορβιτόλης στα φύλλα (Sircelj et al., 2007, Lo Bianco & Francaviglia, 2012). Σημαντικό ρόλο παίζει και το κάλιο, λόγω της ωσμωτικά ενεργής του φύσης.

Ένας σημαντικός δείκτης της υδατικής κατάστασης του φυτού είναι το υδατικό δυναμικό βλαστού (ΥΔΒ). Η μέτρηση αυτή γίνεται το μεσημέρι, όταν ο ρυθμός φωτοσύνθεσης είναι υψηλός. Συγκεκριμένα, σε πείραμα που έγινε στην Καλιφόρνια, το ΥΔΒ αποτύπωσε τη διαφορά μεταξύ αρδευόμενων και μη ροδακινιών τη στιγμή που το υδατικό δυναμικό διαπνέοντος φύλλου δεν το κατάφερε. Ακόμη, σε δαμασκηνιές φάνηκε να καταγράφει την υδατική κατάσταση του φύλλου και της κόμης (Shackel et al., 1997). Το ΥΔΒ αντιπροσωπεύει πόσο “δυνατά” κρατάει το φυτό το περιεχόμενο σε αυτό νερό. Όσο χάνεται νερό από το φυτό τόσο το δυναμικό μειώνεται, με τα αποτελέσματα να είναι ορατά στη σπαργή των κυττάρων ή στο ωσμωτικό δυναμικό τους. Έτσι, λοιπόν, το φύλλο εσωκλείεται προκειμένου να σταματήσει η διαπνοή του και να μην υπάρχει σημαντική απώλεια νερού του. Σε ότι αφορά στις δενδρώδεις καλλιέργειες κρίσιμη τιμή του ΥΔΒ φαίνεται να είναι το -1,5 MPa. Κάτω από αυτή την τιμή, η υδατική καταπόνηση είναι ιδιαίτερα σοβαρή με συνέπεια τη σημαντική μείωση της φωτοσύνθεσης και της παραγωγής. Συγκεκριμένα για τη μηλιά, η ανάπτυξη του καρπού είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη στην υδατική καταπόνηση. Τιμές μεταξύ -1,0 και -1,5 MPa οδήγησαν σε μέτριο περιορισμό της ανάπτυξης του καρπού, ενώ τιμές μικρότερες του -1,5 MPa περιόρισαν σημαντικά την ανάπτυξή του. Όπως είναι λογικό, όσο μειώνεται το ΥΔΒ, τόσο μειώνεται και η φωτοσύνθεση (Shackel et al., 1997, Fulton et al., 2001, Lopez et al., 2018).

Σημαντικές ενδείξεις για το μέγεθος της υδατικής καταπόνησης δίνει και ο δείκτης υδατικής καταπόνησης καλλιέργειας (ΔΥΚΚ). Ο δείκτης αυτός χρησιμοποιεί κανονικοποιημένες θερμοκρασίες κόμης προκειμένου να προσδιοριστεί το μέγεθος της καταπόνησης. Οι τιμές που λαμβάνει είναι μεταξύ 0 (για μη καταπονημένη καλλιέργεια) και 1 (για ακραία καταπονημένη καλλιέργεια) (Osroosh et al. 2016a, Mohamed et al., 2020).

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η παρακολούθηση εμπορικής καλλιέργειας μηλιάς κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου και η προσέγγιση με κατάλληλο εξοπλισμό της καταπόνησης που υφίστανται τα δέντρα μηλιάς μετά από λίπανση του παραγωγού ή μετά από ορθολογική λίπανση.

## 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 2.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΓΡΟΥ

Η μελέτη αφορούσε τρεις ποικιλίες μηλιάς:

A) Κόκκινα μήλα της ομάδας Red Delicious, ποικιλία Scarlett, σε υποκείμενο MM106, με αποστάσεις φύτευσης 2,3 x 3,8 m, ήτοι 115 δέντρα στο στρέμμα, ηλικίας 8 ετών διαμορφωμένα σε μονόκλωνο/κεντρικό άξονα (Εικ. 2.1).

B) Μήλα ποικιλίας Gala, σε υποκείμενο EM9, με αποστάσεις φύτευσης 1,1 x 3,8 m, ήτοι 240 δέντρα στο στρέμμα, ηλικίας 8 ετών διαμορφωμένα σε μονόκλωνο κάτω από λευκό αντιχαλαζικό δίκτυ.

Γ) Μήλα ποικιλίας Fuji, σε υποκείμενο EM9, με αποστάσεις φύτευσης 1,1 x 3,8 m, ήτοι 240 δέντρα στο στρέμμα, ηλικίας 8 ετών διαμορφωμένα σε μονόκλωνο κάτω από λευκό αντιχαλαζικό δίκτυ.

Η τοποθεσία του αγρού είναι στην Ποταμιά Αγιάς, Περιφερειακή Ενότητα Λάρισας, Περιφέρεια Θεσσαλίας (συντεταγμένες 39.6949 22.7886).



**Εικόνα 2.1** Άποψη του αγρού που διεξήχθη το πείραμα. Στην εικόνα η ποικιλία Scarlett (Πηγή: Ίδια λήψη, Ποταμιά Αγιάς, 2020).

### 2.2 ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ



A) Μάρτυρας: η λίπανση που εφαρμόζει ο παραγωγός, η οποία περιγράφεται κατωτέρω με τις ποσότητες να εκφράζονται ανά στρέμμα. Στις ποικιλίες Scarlett και Gala εφαρμόζονται από εδάφους αρχές Μαρτίου 70 kg του βασικού (κοκκώδους μορφής) λιπάσματος 15-5-20 (NPK), στα τέλη Μαΐου έως αρχές Ιουνίου τρεις εφαρμογές από 10 kg η κάθε μία νιτρικού ασβεστίου (15,5-0-0 + 26,5 Ca) με υδρολίπανση, διαφυλλική εφαρμογή χλωριούχου ασβεστίου (CaCl<sub>2</sub>) τέσσερις φορές ξεκινώντας από το στάδιο του μικρού καρπιδίου (ήτοι αρχές Μαΐου). Στην ποικιλία Fuji η μόνη διαφορά ήταν ότι εφαρμόστηκαν 90 kg βασικού λιπάσματος 15-5-20, κατά τα άλλα εφαρμόστηκε η ίδια αγωγή.

B) Ορθολογική λίπανση: εφαρμόστηκε η κάτωθι αγωγή (Πίν. 2.1) και στις τρεις ποικιλίες, εκτός από όταν επισημαίνεται αλλιώς.

**Πίνακας 2.1** Λιπαντική αγωγή για τη μεταχείριση Ορθολογική λίπανση.

<b>Χρόνος</b>	<b>Λίπασμα, ποσότητα στο στρέμμα (100 L ψεκαστικού διαλύματος), τρόπος εφαρμογής</b>
21 Μαρτίου 2020	Θεικό Κάλιο (0-0-50), 16 kg, εφαρμογή στο έδαφος
Έναρξη άνθισης (10 Απριλίου 2020)	Σκεύασμα Βορίου, 150 mL, διαφυλλικά Σκεύασμα Ψευδαργύρου, 150 mL, διαφυλλικά Φωσφορικό Μονοαμμώνιο (12-61-0), 500 g, διαφυλλικά
Πτώση πετάλων (28 Απριλίου 2020)	Φωσφορικό Μονοαμμώνιο (12-61-0), 4,2 kg, υδρολίπανση
Μάιος έως μέσα Ιουνίου	Νιτρικό Ασβέστιο (15,5-0-0+26,5 Ca), 30 kg (3 φορές με 10 kg έκαστη), υδρολίπανση
Από καρπίδιο (1-2 cm)	Σκεύασμα Ca (όχι χλωριούχου), 250 g Ca, διαφυλλικά
13 Ιουλίου 2020 (μόνο στην Gala)	Χλωριούχο Ασβέστιο (CaCl <sub>2</sub> ), 200 g, διαφυλλικά
13 Ιουλίου 2020	Νιτρικό Κάλιο (13-0-46), 7,4 kg, υδρολίπανση

29 Ιουλίου 2020 (μόνο στην Scarlett)	Χλωριούχο Ασβέστιο (CaCl <sub>2</sub> ), 200 g, διαφυλλικά
14 Αυγούστου 2020 (μόνο στην Scarlett)	Χλωριούχο Ασβέστιο (CaCl <sub>2</sub> ), 200 g, διαφυλλικά
10 Αυγούστου 2020 (μόνο στην Fuji)	Χλωριούχο Ασβέστιο (CaCl <sub>2</sub> ), 200 g, διαφυλλικά
11 Σεπτεμβρίου 2020 (μόνο στην Fuji)	Χλωριούχο Ασβέστιο (CaCl <sub>2</sub> ), 200 g, διαφυλλικά
11 Σεπτεμβρίου 2020 (Gala)  29 Σεπτεμβρίου 2020 (Scarlett)  6 Νοεμβρίου 2020 (Fuji)	Ουρία (46-0-0), 2 kg, διαφυλλικά  Σκεύασμα Βορίου, 200 mL, διαφυλλικά  Σκεύασμα Ψευδαργύρου, 200 mL, διαφυλλικά

Για τον προσδιορισμό της λιπαντικής αγωγής της Ορθολογικής λίπανσης ακολουθήθηκαν τα εξής.

**Πίνακας 2.2** Προτάσεις διαχείρισης και τροποποίησης εδαφικών ιδιοτήτων.

<b>Αν</b>	<b>Προτείνεται</b>
Άμμος >45% και άργιλος <15%	α) Το άζωτο (N) σε δόσεις και β) Προσθήκη οργανικής ουσίας
Οργανική ουσία <1,5%	Προσθήκη οργανικής ουσίας
pH <6,5	α) Ασβεστούχα λιπάσματα ή β) Προσθήκη οργανικής ουσίας

pH >7,5-8	Οξινοποιά λιπάσματα
pH >8	α) Οξινοποιά λιπάσματα και β) Προσθήκη οργανικής ουσίας

**Πίνακας 2.3** Πρόταση διαχείρισης του αζώτου (N).

<b>Αν</b>	<b>Προτείνεται</b>
Παραγωγή καρπών <3 τόνους στο στρέμμα	Συνολικά έως 6 μονάδες N
Παραγωγή καρπών >3 τόνους στο στρέμμα	Προσθήκη επιπλέον 2 μονάδες N
Οργανική ουσία >1,5%	Μείωση αζωτούχου κατά μία μονάδα
Αρδευτικό νερό 20-50 ppm NO <sub>3</sub>	Μείωση αζωτούχου κατά μία μονάδα
Αρδευτικό νερό >50 ppm NO <sub>3</sub>	Μείωση αζωτούχου κατά δύο μονάδες
Προσθήκη οργανικής ουσίας (500 kg στο στρέμμα)	Μείωση αζωτούχου κατά τρεις μονάδες
Προσθήκη οργανικής ουσίας (1000 kg στο στρέμμα)	Όχι αζωτούχο λίπανση
Κορυφαία ετήσια βλάστηση >0,4 m	Εφαρμογή ≤4 μονάδες N
Κορυφαία ετήσια βλάστηση <0,4 m	Εφαρμογή 6 μονάδες N
Φυλλοδιαγνωστική <1,7%	Εφαρμογή 8 μονάδες N
Φυλλοδιαγνωστική 1,7-2,5%	Εφαρμογή 5 μονάδες N
Φυλλοδιαγνωστική >2,5%	Εφαρμογή 3 μονάδες N

Σύμφωνα με τους Πίν. 2.2 και 2.3 η ορθή εφαρμογή αζώτου γίνεται σε τουλάχιστον τρεις δόσεις, με την πρώτη να είναι μέχρι και μια εβδομάδα μετά την ανθοφορία, ήτοι περί τον

Μάιο (πάντως όχι κατά τη διάρκεια της ανθοφορίας) και να αφορά στο 70% του συνολικού αζώτου με από εδάφους εφαρμογή ή υδρολίπανση, τη δεύτερη από Μάιο έως Ιούλιο με το 20% του συνολικού αζώτου με υδρολίπανση και την τελευταία μετασυλλεκτικά με διαφυλλική εφαρμογή. Ακόμη, στο προστιθέμενο άζωτο πρέπει να υπολογιστεί και η εφαρμογή οργανικής ουσίας. Έτσι, αν υπάρχει ανάγκη ενίσχυσης της οργανικής ουσίας γίνεται εφαρμογή 500 kg έως 1000 kg στο στρέμμα κομπόστ ή κοπριάς επί της γραμμής άρδευσης, ενώ θα πρέπει να προηγηθεί η εφαρμογή κάποιας ποσότητας αζώτου (περί το 30% της συνολικής) ή κάποιου εκχυλίσματος μικροοργανισμών. Αυτό θα πρέπει να γίνει προκειμένου να «χωνευτεί» η οργανική ουσία. Αν δεν γίνει αυτό, οι μικροοργανισμοί θα δεσμεύσουν άζωτο που προορίζεται για την καλλιέργεια, με αποτέλεσμα τη μείωση του διαθέσιμου αζώτου.

**Πίνακας 2.4** Πρόταση διαχείρισης του φωσφόρου (P).

<b>Αν</b>	<b>Προτείνεται</b>
Εδαφολογική <15 ppm P	Προσθήκη 10 μονάδων P επί της αρδευτικής γραμμής
Εδαφολογική pH >7,5	A) Οξινοποιά λιπάσματα ή B) οργανική ουσία
Φυλλοδιαγνωστική <0,15%	Εφαρμογή 3-4 μονάδες P με υδρολίπανση και διαφυλλικά
Φυλλοδιαγνωστική 0,15-0,30%	A) Εφαρμογή 2-3 μονάδες P με υδρολίπανση και διαφυλλικά ή B) Εφαρμογή οργανικής ουσίας και μηδέν P
Φυλλοδιαγνωστική >0,30%	Αποφυγή εφαρμογής P

Στον Πιν. 2.2 αποτυπώνεται η ορθή λιπαντική αγωγή για τη διαχείριση του φωσφόρου. Στα περισσότερα εδάφη πρώτες εφαρμογές (αν απαιτείται) γίνονται τον Απρίλιο με υδατοδιαλυτό λίπασμα φωσφόρου (όπως το φωσφορικό μονοαμμώνιο) μέσω υδρολίπανσης. Στη συνέχεια, τον Μάιο έως τον Ιούλιο με υδατοδιαλυτά λιπάσματα φωσφόρου μέσω υδρολίπανσης ή διαφυλλικά. Ειδικά όταν πρέπει να αποφευχθεί η αζωτούχος λίπανση

μπορεί να γίνει εφαρμογή φωσφορικού μονοκαλίου (0-52-34). Τέλος, μετασυλλεκτικά τον Σεπτέμβριο, διαφυλλική εφαρμογή υδατοδιαλυτών λιπασμάτων φωσφόρου.

**Πίνακας 2.5** Πρόταση διαχείρισης του καλίου (K).

<b>Αν</b>	<b>Προτείνεται</b>
Εδαφολογική <30% άμμο, >25% άργιλο	Εφαρμογή τα 2/3 του K από Δεκέμβριο – Ιανουάριο, το 1/3 υδρολίπανση ή διαφυλλικά
Εδαφολογική >40% άμμο, <20% άργιλο	Εφαρμογή τα 2/3 του K τον Μάρτιο, το 1/3 υδρολίπανση ή διαφυλλικά
Εδαφολογική <100 ppm K	Εφαρμογή 20 μονάδες K επί της αρδευτικής γραμμής το χειμώνα και λιπαντική αγωγή άνοιξης - καλοκαιριού
Εδαφολογική >300 ppm Mg	Εφαρμογή <10 μονάδες K επί της αρδευτικής γραμμής το χειμώνα και κύρια διαφυλλικά τη λιπαντική αγωγή άνοιξης - καλοκαιριού
Φυλλοδιαγνωστική <1,2% K	Εφαρμογή 12 μονάδες K (8 από εδάφους, 4 υδρολίπανση ή διαφυλλικά)
Φυλλοδιαγνωστική 1,2% - 1,9% K	Εφαρμογή 10 μονάδες K (7 από εδάφους, 3 υδρολίπανση ή διαφυλλικά)
Φυλλοδιαγνωστική >1,9% K	Εφαρμογή 8 μονάδες K (6 από εδάφους, 2 υδρολίπανση ή διαφυλλικά)
Παραγωγή καρπών 3-4,9 τόνους στο στρέμμα	Προσθήκη επιπλέον 1 μονάδα K
Παραγωγή καρπών >5 τόνους στο στρέμμα	Προσθήκη επιπλέον 2 μονάδες K

Στον Πίν. 2.5 αποτυπώνεται η πρόταση για την ορθή διαχείριση του καλίου. Στα περισσότερα εδάφη τα 2/3 της συνολικής ποσότητας καλίου εφαρμόζονται στο έδαφος επί της γραμμής άρδευσης τον Μάρτιο ή νωρίτερα με θειικό κάλιο. Το υπόλοιπο 1/3 εφαρμόζεται με υδρολίπανση ή διαφυλλικά από Μάιο έως Αύγουστο (ανάλογα με το πόσο

πρώιμη ή όψιμη είναι η ποικιλία) με νιτρικό κάλιο ή φωσφορικό μονοκάλιο (σε περίπτωση που πρέπει να αποφευχθεί η αζωτούχος λίπανση).

**Πίνακας 2.6** Πρόταση διαχείρισης του ασβεστίου (Ca).

<b>Αν</b>	<b>Προτείνεται</b>
Εδαφολογική pH<6,5	A) Προσθήκη 10-20 kg οξείδιο ασβεστίου σε σκόνη γύρω από την κόμη του δέντρου ανά τριετία ή B) ασβεστούχα λιπάσματα αζώτου
Ποιότητα καρπού σημαντική	Διαφυλλικά χλωριούχο ασβέστιο ή άλλες μορφές Ca

Στον Πίν. 2.6 αποτυπώνεται η ορθή πρόταση για την ορθή διαχείριση του ασβεστίου. Στην περίπτωση που κρίνεται απαραίτητη η αύξηση του εδαφικού pH γίνεται προσθήκη οξειδίου του ασβεστίου τον χειμώνα. Για βελτίωση της ποιότητας του καρπού γίνονται διαφυλλικές εφαρμογές χλωριούχου ασβεστίου ή άλλων σκευασμάτων ασβεστίου. Οι εφαρμογές αυτές αρχίζουν από την πτώση πετάλων και επαναλαμβάνονται ανά 15 έως 20 ημέρες μέχρι 15 ημέρες από τη συγκομιδή. Συνολικός αριθμός εφαρμογών τουλάχιστον 5, με τις 3 προς την ωρίμανση των καρπών.

**Πίνακας 2.7** Πρόταση διαχείρισης του ψευδαργύρου (Zn).

<b>Αν</b>	<b>Προτείνεται</b>
Εδαφολογική pH>7,5	Διαφυλλικές εφαρμογές συντήρησης
Φυλλοδιαγνωστική >15 ppm	Διαφυλλικές εφαρμογές συντήρησης
Φυλλοδιαγνωστική ≤15 ppm	Εντατικές διαφυλλικές εφαρμογές ετησίως και χειμερινός ψεκασμός θεικού ψευδαργύρου ανά διετία

Στον Πίν. 2.7 αποτυπώνεται η ορθή πρόταση για την ορθή διαχείριση του ψευδαργύρου. Γίνονται διαφυλλικές εφαρμογές στη ρόδινη κορυφή και μετασυλλεκτικά με σκευάσματα ψευδαργύρου για συντήρηση, με προσθήκη ακόμη δύο εφαρμογών Απρίλιο και Μάιο αν

κρίνονται χαμηλά τα επίπεδα. Σε περίπτωση έντονης έλλειψης ψευδαργύρου γίνεται χειμερινός ψεκασμός με θειικό ψευδάργυρο ( $15 \text{ kg m}^{-3}$  ψεκαστικού υγρού) τον Ιανουάριο (στάδιο ληθάργου) με καλές καιρικές συνθήκες και τουλάχιστον 15 ημέρες απόσταση πριν και μετά από άλλες καλλιεργητικές εργασίες.

**Πίνακας 2.8** Πρόταση διαχείρισης του βορίου (B).

<b>Αν</b>	<b>Προτείνεται</b>
Φυλλοδιαγνωστική <20 ppm	Εντατική θρέψη με B (από εδάφους το χειμώνα και 4 δόσεις διαφυλλικά)
Φυλλοδιαγνωστική >20 ppm	Συντήρηση (2 δόσεις διαφυλλικά)

Στον Πίν. 2.8 αποτυπώνεται η πρόταση για την ορθή διαχείριση του βορίου. Για συντήρηση γίνονται διαφυλλικές εφαρμογές με σκευάσματα βορίου στη ρόδινη κορυφή και μετασυλλεκτικά. Για εντατική θρέψη με βόριο γίνονται εφαρμογές με 100 g βόρακα ανά δέντρο σκορπιστά κάτω από την κόμη (όχι περισσότερα από 5 kg βόρακα στο στρέμμα) ανά τριετία και διαφυλλικές εφαρμογές με σκευάσματα βορίου στη ρόδινη κορυφή, τον Απρίλιο, τον Μάιο και μετασυλλεκτικά.

**Πίνακας 2.9** Πρόταση διαχείρισης του σιδήρου (Fe).

<b>Αν</b>	<b>Προτείνεται</b>
Εδαφολογική pH >7,5	Εδαφοβελτίωση με προσθήκη οργανικής ουσίας ή θείου (>200 kg ανά στρέμμα)
Φυλλοδιαγνωστική ≤60 ppm	Διαφυλλικά χηλικό σίδηρο την άνοιξη
Φυλλοδιαγνωστική >60 ppm	Καμία προσθήκη σκευασμάτων σιδήρου

Στον Πίν. 2.9 αποτυπώνεται η πρόταση για την ορθή διαχείριση του σιδήρου. Λόγω της άμεσης σχέσης εδαφικού pH και πρόσληψης σιδήρου από το έδαφος, η ρύθμιση του εδαφικού pH σε ελαφρά όξινη τιμή αυξάνει τα επίπεδα πρόσληψης του σιδήρου. Διαφορετικά, γίνεται διαφυλλική εφαρμογή χηλικού σιδήρου την άνοιξη, όταν εκπτύσσεται η καινούργια βλάστηση.

## 2.3 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ, ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ & ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ

Πίνακας 2.10 Μετεωρολογικά δεδομένα κατά τις ημερομηνίες μετρήσεων στην ποικιλία Scarlett.

Ημερομηνία	Μέση T αέρα (°C)	Μέγιστη T αέρα (°C)	Ελάχιστη T αέρα (°C)	Μέση Υγρασία αέρα (%)	Βροχόπτωση (mm)
12/08/2020	26,1	35,9	15,3	65,4	0
13/08/2020	25,1	34,2	17,0	67,1	0
14/08/2020	24,8	33,7	15,3	73,5	0
20/10/2020	12,3	21,6	7,0	86,4	0
21/10/2020	14,0	30,2	7,1	74,4	0
22/10/2020	12,8	31,5	3,5	76,7	0

Πίνακας 2.11 Μετεωρολογικά δεδομένα κατά τις ημερομηνίες μετρήσεων στην ποικιλία Gala.

Ημερομηνία	Μέση T αέρα (°C)	Μέγιστη T αέρα (°C)	Ελάχιστη T αέρα (°C)	Μέση Υγρασία αέρα (%)	Βροχόπτωση (mm)
09/08/2020	28,5	36,4	25,0	51,6	0
10/08/2020	26,4	35,9	18,3	61,0	0
11/08/2020	26,1	36,6	17,9	63,8	0
19/10/2020	12,3	19,1	5,1	78,6	0
20/10/2020	12,3	21,6	7,0	86,4	0
21/10/2020	14,0	30,2	4,4	74,4	0

Πίνακας 2.12 Μετεωρολογικά δεδομένα κατά τις ημερομηνίες μετρήσεων στην ποικιλία Fuji.



<b>Ημερομηνία</b>	<b>Μέση Τ αέρα (°C)</b>	<b>Μέγιστη Τ αέρα (°C)</b>	<b>Ελάχιστη Τ αέρα (°C)</b>	<b>Μέση Υγρασία αέρα (%)</b>	<b>Βροχόπτωση η (mm)</b>
08/08/2020	26,0	34,1	16,7	64,6	0
09/08/2020	28,5	36,4	23,5	51,6	0
10/08/2020	26,4	35,9	18,3	61,0	0
19/10/2020	12,3	19,1	5,1	78,6	0
20/10/2020	12,3	21,6	7,0	86,4	0
21/10/2020	14,0	30,2	4,4	74,4	0

Στους Πίν. 2.10, 2.11 και 2.12 καταγράφονται τα μετεωρολογικά δεδομένα των ημερομηνιών μετρήσεων και δειγματοληψιών για τις τρεις ποικιλίες (και των δύο ημερών που προηγήθηκαν). Τα δεδομένα αυτά θα χρησιμοποιηθούν για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με πιθανή επίδραση των κλιματικών συνθηκών που μπορεί να επέδρασαν στις μετρήσεις.

Στα δέντρα της ποικιλίας Scarlett οι μετρήσεις στον αγρό πραγματοποιήθηκαν στις 14 Αυγούστου 2020 και 22 Οκτωβρίου 2020 και η συγκομιδή στις 27 Σεπτεμβρίου 2020, με στρεμματική παραγωγή 5000 kg. Στα δέντρα της ποικιλίας Gala οι μετρήσεις στον αγρό πραγματοποιήθηκαν στις 11 Αυγούστου 2020 και στις 21 Οκτωβρίου 2020 και η συγκομιδή στις 19 Αυγούστου 2020, με στρεμματική παραγωγή 5000 kg. Στα δέντρα της ποικιλίας Fuji οι μετρήσεις έγιναν στις 10 Αυγούστου 2020 και στις 21 Οκτωβρίου 2020 και η συγκομιδή έγινε στις 31 Οκτωβρίου 2020, με στρεμματική παραγωγή 5000 kg.

## **2.4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΓΡΟΥ**

### **2.4.1 Μέτρηση θερμοκρασίας κόμης (Τ κόμης) με θερμική κάμερα**

Η μέτρηση της θερμοκρασίας της κόμης των δένδρων (Τ κόμης) 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  $T$  κόμης με τη θερμική κάμερα υλοποιούνταν στις 12:00 το μεσημέρι, ο συντελεστής εκπομπής,  $\varepsilon$ , ορίστηκε  $\varepsilon = 0,95$  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  $T$  κόμης έγινε σε δύο επίπεδα της κόμης και σε τρία φύλλα ανά επίπεδο, και πιο συγκεκριμένα στο επάνω μέρος στην καρποφόρα ζώνη του δένδρου,  $>1,5$  m, και στο κάτω μέρος στην καρποφόρα ζώνη,  $<1,5$  m. Όσο πιο υψηλή η θερμοκρασία, τόσο πιο καταπονημένο το φύλλο (το σημείο της κόμης που στοχεύθηκε από το θερμόμετρο).

Έγιναν επίσης μετρήσεις θερμοκρασίας αρδευόμενου υγρού εδάφους κάτω από την κόμη και ξηρού εδάφους σε φωτιζόμενη και σε σκιαζόμενη περιοχή (ΤΖΕΦ, ΤΖΕΣ, ΤΓΕΦ, ΤΓΕΣ). Όσο πιο υψηλή η θερμοκρασία εδάφους, τόσο πιο στεγνό ή και καλύτερα φωτιζόμενο είναι το έδαφος.

#### 2.4.2 Μέτρηση του Δείκτη Υδατικής Καταπόνησης Καλλιέργειας (ΔΥΚΚ)

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

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

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

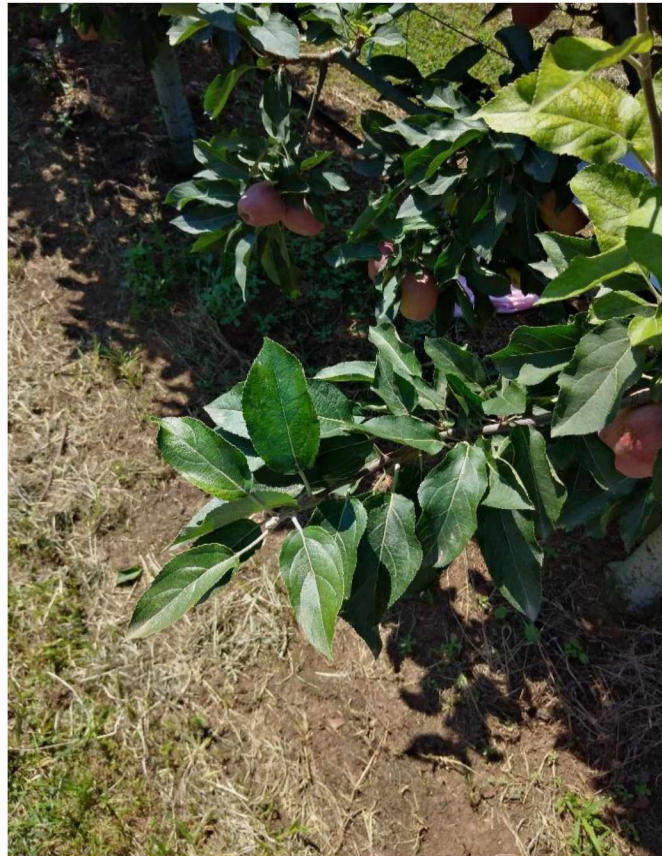
Όπου:

$T_{canopy}$  είναι η θερμοκρασία κόμης ( $T$  κόμης) (σε  $^{\circ}\text{C}$ ),

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

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

Οι μετρήσεις των  $T$  κόμης,  $T_{wet}$  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  $T$  κόμης. 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 s πριν τη μέτρηση (Εικ. 2.2). Η  $T_{dry}$  λαμβάνεται μετά από πλήρη κάλυψη ενός φύλλου με βαζελίνη 20-30 min πριν τη μέτρηση, οπότε επιτυγχάνεται τεχνητά κλείσιμο των στοματιών (Εικ. 2.3).



**Εικόνα 2.2** Πλήρως διαβρεγμένο φύλλο για τη μέτρηση της  $T_{wet}$  (Πηγή: Ίδια λήψη, Ποταμιά Αγιάς, 2020).



**Εικόνα 2.3** Φύλλο καλυμμένο με βαζελίνη για τη μέτρηση της  $T_{dry}$  (Πηγή: Ιδία λήψη, Ποταμιά Αγιάς, 2020).

#### **2.4.3 Μέτρηση Υδατικού Δυναμικού Βλαστού το μεσημέρι (ΥΔΒ)**

Οι μετρήσεις υδατικού δυναμικού βλαστού το μεσημέρι (ΥΔΒ) γίνονται 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 (δύο ανά δέντρο, οκτώ δέντρα-επαναλήψεις) 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 (Εικ. 2.4). 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. Οι τιμές που λαμβάνονται



είναι αρνητικές. Όσο πιο αρνητική η τιμή του ΥΔΒ, τόσο με μεγαλύτερη δύναμη συγκρατείται το νερό στο μίσχο, άρα και το φυτό είναι περισσότερο καταπονημένο.



**Εικόνα 2.4** Φύλλο κοντά στον κεντρικό βλαστό του δέντρου, καλυμμένο με αλουμινόχαρτο προκειμένου να πραγματοποιηθεί η μέτρηση του ΥΔΒ μετά την αποκοπή του (Πηγή: Ιδία λήψη, Ποταμία Αγίας, 2020).

#### **2.4.4 Μέτρηση Φθορισμού Χλωροφύλλης (Fv/Fm)**

Η μέτρηση φθορισμού χλωροφύλλης (Fv/Fm) πραγματοποιήθηκε με το φορητό όργανο OS-30P (model OS-30p, Optisciences Inc., Tyngsboro, MA) (Εικ. 2.5). 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 16 φύλλα συνολικά ανά μεταχείριση (2 φύλλα ανά δέντρο, 8 δέντρα-επαναλήψεις, από ένα φύλλο/δέντρο ανά μισάωρο). Κάθε φορά που γινόταν η μέτρηση φθορισμού χλωροφύλλης, τοποθετούνταν στα φύλλα ειδικά κλιπς (Εικ. 2.6), 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  $F_0$ ,  $F_m$  και  $F_v/F_m$ . Όσο η μέση τιμή του  $F_v/F_m$  απομακρύνεται από το 1 προς το μηδέν, τόσο πιο καταπονημένο είναι το φύλλο, καθώς αυξάνεται το τμήμα του προσπίπτοντος φωτός που επανεκπέμπεται ως φθορισμός.



**Εικόνα 2.5** Όργανο μέτρησης του φθορισμού χλωροφύλλης ( $F_v/F_m$ ) (Πηγή: Ιδία λήψη, Ποταμιά Αγιάς, 2020).



**Εικόνα 2.6** Τοποθέτηση των ειδικών κλιπς για τη μέτρηση του φθορισμού χλωροφύλλης ( $F_v/F_m$ ) (Πηγή: Ιδία λήψη, Ποταμιά Αγιάς, 2020).

## 2.5 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

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

### 2.5.1 Χαρακτηριστικά Φύλλου (ΞΟ, ΕΒΦ, μετρήσεις χλωροφυλλών & καροτενοειδών)

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 12 δίσκοι ελάσματος φύλλου με διακορευτή διαμέτρου 9 mm, ζυγίζονταν σε ζυγό ακριβείας 4 δεκαδικών, και λαμβάνονταν 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 (ΕΒ). Έπειτα γινόταν υπολογισμός του ποσοστού % ΞΟ του φύλλου με τον τύπο  $\% \text{ ΞΟ} = [(ΕΒ)/(NB)] \times 100$  και εκφράστηκε ως %. Το ΕΙΔΒΑΡ φύλλου υπολογίστηκε από τον τύπο  $\text{ΕΙΔΒΑΡ} = (ΕΒ)/(\text{επιφάνεια } 12 \text{ δίσκων})$  και εκφράστηκε σε  $\text{g m}^{-2}$ . Για τον υπολογισμό της χλωροφύλλης εφαρμόστηκε η αναλυτική μέθοδος που περιγράφεται από τους Wintermans and Motts (1965). Από τα έξι φύλλα της κάθε επανάληψης αφαιρέθηκαν με τον ίδιο τρόπο όπως ανωτέρω, έξι δίσκοι με τον διακορευτή διαμέτρου 5,8 mm, ζυγίστηκαν, τεμαχίστηκαν και τοποθετήθηκαν σε screw top δοκιμαστικό που περιείχε 15 mL αιθανόλης 95%. Στη συνέχεια διατηρήθηκαν για μία περίπου 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 (χλφα) και b (χλφb) σε  $\mu\text{g mL}^{-1}$  αιθανόλης και σε  $\text{mg m}^{-2}$  φύλλου (χλφα εφ, χλφb εφ), σε ολική χλωροφύλλη (ολ χλφ, ολ χλφ εφ) και του λόγου της χλωροφύλλης a προς τη χλωροφύλλη b (χλφα/χλφb).

### 2.5.2 Μέτρηση της υδατικής κατάστασης των φύλλων (ΣΠΝ, ΕΚΝ, ΕΝΥΔ)

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 h μέχρι θρυμματισμού των δίσκων με απλή πίεση προκειμένου να καταγραφεί το ξηρό βάρος τους (EB). Έπειτα γινόταν υπολογισμός της αρχικής περιεκτικότητας των φύλλων σε νερό ως ποσοστό % του νωπού βάρους (NB) (% ΠΕΡΝΕ<sub>αρχ.</sub>),  $ΠΕΡΝΕ_{αρχ.} = (NB - EB) \times 100 / (NB)$ , της περιεκτικότητας των φύλλων σε νερό ως ποσοστό % του βάρους των φύλλων στον κορεσμό (KB),  $ΠΕΡΝΕ_{κορ.} = (KB - EB) \times 100 / (KB)$ , της σχετικής περιεκτικότητας των φύλλων σε νερό – (ΣΠΝ, relative water content RWC):

$$\Sigma Π Ν = \frac{NB - EB}{KB - EB} \times 100\%$$

Όσο μικρότερο το ΣΠΝ, τόσο πιο καταπονημένο το φύλλο.

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

$$ΕΚΝ = 100 - \Sigma Π Ν\%$$

Όσο μεγαλύτερο το ΕΚΝ, τόσο πιο καταπονημένο είναι το φύλλο.

Τέλος, υπολογίστηκε και η ενυδάτωση (ΕΝΥΔ) (succulence) των φύλλων σε mg νερού cm<sup>-2</sup> επιφάνειας φύλλου.

## 2.6 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΡΠΩΝ

### 2.6.1 Μάζα Καρπού (ΜΚ)

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

### 2.6.2 Χρώμα Φλοιού

Η μέτρηση του χρώματος του φλοιού των καρπών έγινε με το χρωματόμετρο Minolta chroma meter (Model CR-400, Minolta Ltd, Osaka, Japan). Η μέτρηση του χρώματος έγινε σύμφωνα με το σύστημα μέτρησης CIELAB (L\*, a\*, b\*). Πραγματοποιήθηκαν δύο μετρήσεις στον ισημερινό του κάθε καρπού (στα δύο αντιδιαμετρικά μάγουλα) του δείκτη φωτεινότητας L\* και των παραμέτρων a\* και b\* και υπολογίστηκε ο μέσος όρος. Για τα



κόκκινα μήλα ακολούθησε υπολογισμός των παραμέτρων καθαρότητας C\* (Chroma) και απόχρωσης Hue ή εξαρχής μετρήθηκαν οι παράμετροι L\*, Chroma, Hue.

Πριν από κάθε μέτρηση γινόταν βαθμονόμηση του οργάνου με τη χρήση άσπρης και μαύρης πλάκας. 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. 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:

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

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

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, Hue=90° εκφράζει το κίτρινο, Hue=180° το μπλε-πράσινο και Hue=270° το μπλε) (McGuire 1992).

### 2.6.3 Σκληρότητα Σάρκας Καρπού (ΣΣ)

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

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

Λήφθηκαν δύο αντιδιαμετρικά τμήματα περικαρπίου (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).

### **2.6.5 Οξύτητα χυμού (ΟΞ)**

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

### **2.6.6 Ξηρά ουσία καρπού (ΞΟΚ) (%)**

Για τη μέτρηση του ποσοστού % της ξηράς ουσίας (ΞΟΚ), ζυγίστηκε το νωπό βάρος έξι τεμαχίων του εδώδιμου τμήματος 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 % ΞΟΚ.

### **2.6.7 Δείκτης Αμύλου (ΔΑΜ)**

Εγκάρσιες φέτες από τον ισημερινό των καρπών τοποθετήθηκαν σε διάλυμα ιωδίου:ιωδιούχου καλίου (για ένα λίτρο τελικού διαλύματος απαιτούνται 2,5 g ιωδίου και 10 g ιωδιούχου καλίου) για 1-2 min, αφαιρέθηκαν σε πλαστικό δίσκο και 5 min αργότερα καταγράφηκε υποκειμενικά η περιοχή που χρωματίστηκε από το ιώδιο, δηλ. η περιοχή στην οποία το άμυλο δεν είχε υδρολυθεί στην εμπορική συγκομιδή. Όσο μεγαλύτερος ο αριθμός (από το 1 έως το 8), τόσο περισσότερη περιοχή της εγκάρσιας τομής του μήλου δεν χρωματίζεται από το ιώδιο, δηλαδή ο καρπός είναι πιο ώριμος.

## **2.7 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ**

Σε όλες τις περιπτώσεις είχαμε έξι επαναλήψεις/δέντρα στον αγρό ή έξι επαναλήψεις (μία από κάθε πειραματικό δέντρο) φύλλων και καρπών σε κάθε μέτρηση ή δειγματοληψία. Στις μετρήσεις με τη θερμική κάμερα γίνονταν 12 επαναλήψεις ανά μεταχείριση με 12 μετρήσεις στο πάνω μέρος της κόμης και 12 μετρήσεις στο κάτω μέρος της κόμης και με έξι μετρήσεις σε γυμνό έδαφος και έξι σε έδαφος καλυμμένο με ζιζάνια επί της γραμμής (σκιαζόμενη περιοχή) και στο διάδρομο (φωτιζόμενη περιοχή). Στα αποτελέσματα έγινε ανάλυση παραλλακτικότητας με έναν ή δύο παράγοντες, τη μεταχείριση και τον χρόνο, ή και με τρίτο παράγοντα τη θέση, με το στατιστικό πακέτο SPSS (SPSS Statistics for Windows, Version 26.0, IBM Corp., Armonk, NY, USA). Ο διαχωρισμός των μέσων όρων έγινε μετά από υπολογισμό της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς για 5% πιθανότητα λάθους.

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### 3.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΛΛΟΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ

**Πίνακας 3.1** Αποτελέσματα εδαφολογικής ανάλυσης 2019. Οι τιμές είναι ο μέσος όρος 5 αναλύσεων από ισάριθμα δείγματα εδάφους που ελήφθησαν από όλη την έκταση του μηλεώνα.

Άμμος (%)	Ιλύς (%)	Άργιλος (%)	pH	CaCO <sub>3</sub> (%)	OM (%)	EC (mmhos cm <sup>-1</sup> )	
43,1	35,7	21,2	7,38	0,10	1,76	0,26	
Mg (mg kg <sup>-1</sup> )	P (mg kg <sup>-1</sup> )	K (mg kg <sup>-1</sup> )	Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	B (mg kg <sup>-1</sup> )
338	16,1	175	4,34	1,13	7,70	13,52	0,72

Ο μηλεώνας παρουσιάζει μεγάλη παραλλακτικότητα σε μηχανική σύσταση (Άμμος, Ιλύς, Άργιλος), οργανική ουσία (OM) και αγωγιμότητα (EC) στις 5 θέσεις δειγματοληψίας (αποτελέσματα δεν φαίνονται). Το έδαφος έχει σχετικά καλή μηχανική σύσταση με 18% έως 26% άργιλο και 37-49% άμμο (Πίν. 3.1). Το pH είναι ελαφρά αλκαλικό, ώστε να θεωρείται σχεδόν άριστο για τη λειτουργία των ριζών και την ποιότητα των καρπών. Η OM είναι μέτρια (κυμαίνεται από 1,4% έως 2,2%). Ακόμη, η EC είναι χαμηλή. Το έδαφος, λοιπόν, είναι πολύ καλό με παραλλακτικότητα κατά θέσεις. Σε ότι αφορά στα θρεπτικά, το μαγνήσιο (Mg) είναι σε υπερεπάρκεια και δεν πρέπει να εφαρμοστεί ξανά. Στην περίπτωση που το έδαφος έχει χαμηλό ασβέστιο (Ca), ο συνδυασμός υψηλού Mg και χαμηλού Ca πιθανόν να οδηγήσει σε αρνητικές συνέπειες στην ποιότητα και τη συντηρησιμότητα των καρπών. Ο φώσφορος (P) βρέθηκε σε οριακή επάρκεια, παρουσιάζοντας ωστόσο μεγάλη παραλλακτικότητα μεταξύ των θέσεων δειγματοληψίας στον αγρό. Το κάλιο (K) βρέθηκε σε επάρκεια, ενώ ο χαλκός (Cu) σε υψηλά επίπεδα. Ο ψευδάργυρος (Zn), ο σίδηρος (Fe) και το βόριο (B) βρέθηκαν σε επάρκεια, ενώ το μαγγάνιο (Mn) σε ανεπάρκεια. Αυτό δεν αναμένεται να έχει κάποια αρνητική επίπτωση στην καλλιέργεια.

**Πίνακας 3.2** Επάρκεια θρεπτικών στα φύλλα μηλιάς (πηγές: Washington State University WSU, Κουκουλάκης Κουκ)

	Μακροστοιχεία (%)					Ιχνοστοιχεία (mg kg <sup>-1</sup> )				
	N	P	Ca	Mg	K	Cu	Zn	Mn	Fe	B
<b>WSU</b>	1,7- 2,5	0,15- 0,3	1,5- 2,0	0,25- 0,35	1,2- 1,9	5- 12	15- 200	25- 150	60- 120	20- 60
<b>Κουκ</b>	1,9- 2,6	0,15- 0,4	1,2- 1,6	0,26- 0,5	1,5- 2,0	6- 50	20- 100	25- 200	50- 300	25- 50

Από τα όρια επάρκειας των θρεπτικών στα φύλλα μηλιάς δύο πηγών της βιβλιογραφίας βρίσκουμε αρκετές διαφορές (Πίν. 3.2). Από διάφορες αναλύσεις που έχουν γίνει σε φύλλα μηλιάς της περιοχής Αγιάς στο Εργαστήριο Δενδροκομίας βρέθηκε ότι τα όρια επάρκειας από το Πανεπιστήμιο της Ουάσινγκτον ταιριάζουν καλύτερα με τη θρέψη των φύλλων μηλιάς στην Αγιά, καθώς σχεδόν σε καμιά περίπτωση η φυλλοδιαγνωστική δεν σχετίστηκε ικανοποιητικά με τα όρια επάρκειας που δίνονται από τον Κουκουλάκη.

**Πίνακας 3.3** Αποτελέσματα φυλλοδιαγνωστικής ανάλυσης της ποικιλίας μηλιάς Scarlett σε φύλλα των δύο μεταχειρίσεων του πειράματος (Δειγματοληψία Ιούλιος 2019).

	Μακροστοιχεία (%)					Ιχνοστοιχεία (mg kg <sup>-1</sup> )				
	N	P	Ca	Mg	K	Cu	Zn	Mn	Fe	B
Μάρτυρας	2,88	0,15	1,64	0,40	0,78	11,6	16,5	52,8	92,4	39,7
Ορθολογική	2,59	0,15	1,84	0,43	0,80	13,3	17,0	67,8	120	42,4

**Πίνακας 3.4** Αποτελέσματα φυλλοδιαγνωστικής ανάλυσης της ποικιλίας μηλιάς Gala σε φύλλα των δύο μεταχειρίσεων του πειράματος (Δειγματοληψία Ιούλιος 2019).

	Μακροστοιχεία (%)					Ιχνοστοιχεία (mg kg <sup>-1</sup> )				
	N	P	Ca	Mg	K	Cu	Zn	Mn	Fe	B
Μάρτυρας	2,23	0,13	1,10	0,31	1,32	16,3	15,8	36,2	76,7	32,6

ρας										
Ορθολογική	2,44	0,15	1,41	0,41	1,04	17,9	15,8	39,5	82,7	32,1

**Πίνακας 3.5** Αποτελέσματα φυλλοδιαγνωστικής ανάλυσης της ποικιλίας μηλιάς Fuji σε φύλλα των δύο μεταχειρίσεων του πειράματος (Δειγματοληψία Ιούλιος 2019).

	Μακροστοιχεία (%)					Ιχνοστοιχεία (mg kg <sup>-1</sup> )				
	N	P	Ca	Mg	K	Cu	Zn	Mn	Fe	B
Μάρτυρας	2,30	0,16	1,99	0,44	1,12	17,0	26,5	62,5	106	34,5
Ορθολογική	2,37	0,14	1,79	0,44	1,37	21,3	17,5	57,4	105	37,2

Κατά το 2019, το άζωτο (N), σε όλες τις ποικιλίες, βρέθηκε σε επάρκεια αλλά σε σχετικά υψηλά επίπεδα (Πίν. 3.3 έως 3.5). Σε επάρκεια βρέθηκαν ο φώσφορος (P), το ασβέστιο (Ca), το μαγνήσιο (Mg), ο χαλκός (Cu), το μαγγάνιο (Mn), ο σίδηρος (Fe) και το βόριο (B). Βάσει των ορίων από WSU, ο Zn βρέθηκε συνήθως σε επάρκεια (στο Gala οριακά σε επάρκεια). Το K βρέθηκε σε όλες τις περιπτώσεις σε έλλειψη (σε Gala και Fuji οριακά βάσει WSU).

**Πίνακας 3.6** Αποτελέσματα φυλλοδιαγνωστικής ανάλυσης της ποικιλίας μηλιάς Scarlett σε φύλλα των δύο μεταχειρίσεων του πειράματος (Δειγματοληψία Ιούλιος 2020).

	Μακροστοιχεία (%)					Ιχνοστοιχεία (mg kg <sup>-1</sup> )				
	N	P	Ca	Mg	K	Cu	Zn	Mn	Fe	B
Μάρτυρας	2,74	0,22	1,67	0,43	2,48	16	41	81	82	51
Ορθολογική	2,64	0,28	1,60	0,47	2,36	22	35	84	92	39

**Πίνακας 3.7** Αποτελέσματα φυλλοδιαγνωστικής ανάλυσης της ποικιλίας μηλιάς Gala σε φύλλα των δύο μεταχειρίσεων του πειράματος (Δειγματοληψία Ιούλιος 2020).

	Μακροστοιχεία (%)					Ιχνοστοιχεία (mg kg <sup>-1</sup> )				
	N	P	Ca	Mg	K	Cu	Zn	Mn	Fe	B
Μάρτυρας	2,27	0,21	1,81	0,69	1,20	14	34	44	136	38
Ορθολογική	2,69	0,15	1,20	0,53	1,41	13	17	108	113	26

**Πίνακας 3.8** Αποτελέσματα φυλλοδιαγνωστικής ανάλυσης της ποικιλίας μηλιάς Fuji σε φύλλα των δύο μεταχειρίσεων του πειράματος (Δειγματοληψία Ιούλιος 2020).

	Μακροστοιχεία (%)					Ιχνοστοιχεία (mg kg <sup>-1</sup> )				
	N	P	Ca	Mg	K	Cu	Zn	Mn	Fe	B
Μάρτυρας	2,01	0,22	1,39	0,49	1,80	12	41	107	146	31
Ορθολογική	2,76	0,27	1,57	0,42	2,31	15	29	100	95	57

Κατά το 2020, το άζωτο (N) παρέμεινε σε επίπεδα επάρκειας και στην ορθολογική λίπανση, ενώ μερικές φορές αυξήθηκε (Gala και Fuji) παρά τη σημαντική μείωση του N που εφαρμόστηκε (Πίν. 3.6 έως 3.8). Ο φώσφορος (P) βρέθηκε σε επάρκεια σε όλες τις ποικιλίες και μεταχειρίσεις. Το ασβέστιο (Ca) βρέθηκε σε επάρκεια εκτός από την ορθολογική λίπανση Gala και τον μάρτυρα Fuji (βάσει WSU). Το μαγνήσιο (Mg) βρέθηκε σε επάρκεια έως υπερεπάρκεια βάσει WSU. Το κάλιο (K) βρέθηκε από οριακά σε επάρκεια (μάρτυρας Gala) έως σε υπερεπάρκεια σε αρκετές περιπτώσεις. Ο χαλκός (Cu) βρέθηκε σε υπερεπάρκεια βάσει WSU. Ο ψευδάργυρος (Zn) βρέθηκε σε επάρκεια σε όλες τις περιπτώσεις. Το μαγγάνιο (Mn), ο σίδηρος (Fe) και το βόριο (B) βρέθηκαν επίσης σε επάρκεια σε όλες τις περιπτώσεις. Επίσης, από το 2019 στο 2020 η θρέψη με ιχνοστοιχεία άλλαξε για το Mn χωρίς κάποια παρέμβαση με εφαρμογή του, ενώ, καθώς εφαρμόστηκε περισσότερο K, η θρέψη των φύλλων με K βελτιώθηκε σημαντικά.

### 3.2 ΑΠΟΤΕΛΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΙΚΙΛΙΑ SCARLETT

**Πίνακας 3.9** Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων και της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στον φθορισμό χλωροφύλλης (Fv/Fm) και στο υδατικό δυναμικό βλαστού (ΥΔΒ) μηλιάς ποικιλίας Scarlett. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.

Χρόνος	Μεταχείριση	Fv/Fm	ΥΔΒ (MPa)
14-Αυγ	Μάρτυρας	0,761 ab	-1,44 a
	Ορθολογική	0,769 a	-1,69 b
22-Οκτ	Μάρτυρας	0,752 b	-2,02 c
	Ορθολογική	0,757 b	-2,10 d
Σημαντικότητα	Χρόνος	**	***
	Μεταχείριση	*	***

\* σημαντικότητα 5%, \*\* σημαντικότητα 1%, \*\*\* σημαντικότητα 1%

Στις 22 Οκτωβρίου η τιμή του φθορισμού χλωροφύλλης (Fv/Fm) μειώθηκε σε σχέση με τις 14 Αυγούστου (Πίν. 3.9). Η μείωση της τιμής του Fv/Fm βρέθηκε στα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης, ενώ στα φύλλα του μάρτυρα ήταν ελάχιστη και μη σημαντική. Τα φύλλα στην ορθολογική λίπανση είχαν παρόμοια τιμή Fv/Fm με τα φύλλα του μάρτυρα. Αυτό βρέθηκε στις 22 Οκτωβρίου, ενώ στις 14 Αυγούστου η διαφορά της τιμής του Fv/Fm ήταν ελάχιστη και μη σημαντική.

Στις 22 Οκτωβρίου το υδατικό δυναμικό βλαστού (ΥΔΒ) βρέθηκε πιο αρνητικό σε σχέση με τις 14 Αυγούστου (Πίν. 3.9). Αυτή η διαφορά στο ΥΔΒ μεταξύ των δύο ημερομηνιών βρέθηκε και στην ορθολογική λίπανση και στο μάρτυρα. Το ΥΔΒ βρέθηκε πιο αρνητικό στην ορθολογική λίπανση συγκριτικά με τον μάρτυρα. Η διαφορά μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων υπήρχε και στις 22 Οκτωβρίου και στις 14 Αυγούστου.

**Πίνακας 3.10** Επίδραση της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) και της θέσης του καρπού στη θερμοκρασία καρπού (T καρπού) μηλιάς ποικιλίας Scarlett. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.

Μεταχείριση	Θέση	T καρπού (°C)
Μάρτυρας	Κάτω	29,8 a

	Πάνω	28,8 b
Ορθολογική	Κάτω	29,5 a
	Πάνω	28,8 b
Σημαντικότητα	Μεταχείριση	ΜΣ
	Θέση	***

ΜΣ μη σημαντική διαφορά, \*\*\* σημαντικότητα 1%

Η θερμοκρασία καρπού (Τ καρπού) στην ορθολογική λίπανση ήταν παρόμοια με την Τ καρπού του μάρτυρα (Πίν. 3.10). Αυτό βρέθηκε και στις δύο θέσεις του καρπού. Η Τ καρπού στο κατώτερο τμήμα του δέντρου ήταν υψηλότερη σε σχέση με την Τ καρπού στο ανώτερο τμήμα του δέντρου. Η διαφορά αυτή παρατηρήθηκε και στην ορθολογική λίπανση και στον μάρτυρα.

**Πίνακας 3.11** Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων, της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) και της θέσης της κόμης στη θερμοκρασία κόμης (Τ κόμης) και στον δείκτη υδατικής καταπόνησης καλλιέργειας (ΔΥΚΚ) μηλιάς ποικιλίας Scarlett. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.

Χρόνος	Μεταχείριση	Θέση	Τ κόμης (°C)	ΔΥΚΚ
14-Αυγ	Μάρτυρας	Κάτω	26,4 c	0,08 e
		Πάνω	28,9 a	0,24 c
	Ορθολογική	Κάτω	26,6 c	0,14 d
		Πάνω	28,5 ab	0,25 c
22-Οκτ	Μάρτυρας	Κάτω	28,6 ab	0,63 b
		Πάνω	28,5 ab	0,62 b
	Ορθολογική	Κάτω	28,0 b	0,66 ab
		Πάνω	28,2 b	0,68 a
Σημαντικότητα	Χρόνος		***	***



	Μεταχείριση	*	***
	Θέση	***	***

\* σημαντικότητα 5%, \*\*\* σημαντικότητα 1%

Στις 22 Οκτωβρίου η θερμοκρασία κόμης (T κόμης) αυξήθηκε σε σχέση με τις 14 Αυγούστου (Πίν. 3.11). Η αύξηση αυτή βρέθηκε στο κατώτερο τμήμα της κόμης και των δύο μεταχειρίσεων, ενώ στο ανώτερο τμήμα της κόμης οι διαφορές μεταξύ των δύο ημερομηνιών ήταν ελάχιστες και μη σημαντικές. Τα δέντρα στην ορθολογική λίπανση είχαν παρόμοια T κόμης σε σχέση με τα δέντρα του μάρτυρα. Αυτό βρέθηκε και στις δύο ημερομηνίες μετρήσεων και στο δύο τμήματα της κόμης. Η T κόμης στο πάνω τμήμα του δέντρου βρέθηκε υψηλότερη από την T κόμης στο κάτω τμήμα του δέντρου. Η διαφορά αυτή μεταξύ των δύο τμημάτων της κόμης βρέθηκε στις 14 Αυγούστου και στις δύο μεταχειρίσεις, ενώ στις 22 Οκτωβρίου δεν βρέθηκαν διαφορές στα δύο τμήματα της κόμης και στις δύο μεταχειρίσεις.

Στις 22 Οκτωβρίου ο δείκτης υδατικής καταπόνησης καλλιέργειας (ΔΥΚΚ) βρέθηκε υψηλότερος από τις 14 Αυγούστου (Πίν. 3.11). Η διαφορά αυτή βρέθηκε και στις δύο μεταχειρίσεις και στα δύο τμήματα του δέντρου. Ο ΔΥΚΚ στα δέντρα της ορθολογικής λίπανσης ήταν υψηλότερος από τον ΔΥΚΚ στα δέντρα του μάρτυρα. Αυτή η διαφορά βρέθηκε στις 14 Αυγούστου στο κάτω τμήμα και στις 22 Οκτωβρίου στο πάνω τμήμα, ενώ στις 22 Οκτωβρίου στο κάτω τμήμα η διαφορά ήταν ελάχιστη και όχι σημαντική και στις 14 Αυγούστου στο πάνω τμήμα δεν υπήρχε διαφορά στον ΔΥΚΚ μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων. Το πάνω μέρος της κόμης είχε υψηλότερο ΔΥΚΚ από το κάτω μέρος της κόμης. Αυτό βρέθηκε στις 14 Αυγούστου και στις δύο μεταχειρίσεις, ενώ στις 22 Οκτωβρίου ο ΔΥΚΚ ήταν παρόμοιος στο πάνω και κάτω τμήμα της κόμης του μάρτυρα, ενώ η διαφορά στην τιμή του ΔΥΚΚ στα δύο τμήματα της κόμης της ορθολογικής λίπανσης ήταν ελάχιστη και μη σημαντική.

**Πίνακας 3.12** Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων και της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη θερμοκρασία γυμνού σκιαζόμενου εδάφους (ΤΓΕΣ), στη θερμοκρασία σκιαζόμενου εδάφους με ζιζάνια (ΤΖΕΣ), στη θερμοκρασία γυμνού φωτιζόμενου εδάφους (ΤΓΕΦ) και στη θερμοκρασία φωτιζόμενου εδάφους με ζιζάνια (ΤΖΕΦ) μηλιάς ποικιλίας Scarlett. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=3.

Χρόνος	Μεταχείριση	ΤΓΕΣ (°C)	ΤΖΕΣ (°C)	ΤΓΕΦ (°C)	ΤΖΕΦ (°C)
--------	-------------	--------------	--------------	--------------	--------------

14-Αυγ	Μάρτυρας	25,9 a	27,3 a	48,9 a	36,6 a
	Ορθολογική	25,5 a	24,9 b	49,1 a	38,0 a
22-Οκτ	Μάρτυρας	13,7 b	13,9 c	33,0 b	27,6 b
	Ορθολογική	12,6 c	12,6 d	35,3 b	27,7 b
Σημαντικότητα	Χρόνος	***	***	***	***
	Μεταχείριση	*	***	ΜΣ	ΜΣ

ΜΣ μη σημαντική διαφορά, \* σημαντικότητα 5%, \*\*\* σημαντικότητα 1%

Στις 22 Οκτωβρίου η θερμοκρασία γυμνού σκιαζόμενου εδάφους (ΤΓΕΣ) ήταν χαμηλότερη από τις 14 Αυγούστου (Πίν. 3.12). Η διαφορά αυτή στην ΤΓΕΣ μεταξύ των δύο ημερομηνιών βρέθηκε και στις δύο μεταχειρίσεις. Η ΤΓΕΣ της ορθολογικής λίπανσης ήταν χαμηλότερη από την ΤΓΕΣ του μάρτυρα. Η διαφορά αυτή στην ΤΓΕΣ μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων βρέθηκε στις 22 Οκτωβρίου, ενώ στις 14 Αυγούστου δεν βρέθηκε διαφορά στην ΤΓΕΣ μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων.

Η θερμοκρασία σκιαζόμενου εδάφους με ζιζάνια (ΤΖΕΣ) στις 22 Οκτωβρίου ήταν χαμηλότερη από την ΤΖΕΣ στις 14 Αυγούστου (Πίν. 3.12). Η διαφορά αυτή βρέθηκε και στις δύο μεταχειρίσεις. Στην ορθολογική λίπανση η ΤΖΕΣ ήταν χαμηλότερη από τον μάρτυρα. Η διαφορά αυτή βρέθηκε και στις 14 Αυγούστου και στις 22 Οκτωβρίου.

Στις 22 Οκτωβρίου η θερμοκρασία γυμνού φωτιζόμενου εδάφους (ΤΓΕΦ) ήταν χαμηλότερη από τις 14 Αυγούστου (Πίν. 3.12). Η διαφορά στην ΤΓΕΦ μεταξύ των δύο ημερομηνιών βρέθηκε και στις δύο μεταχειρίσεις. Η ΤΓΕΦ της ορθολογικής λίπανσης δεν διέφερε από την ΤΓΕΦ του μάρτυρα. Αυτό ίσχυε τόσο στις 14 Αυγούστου όσο και στις 22 Οκτωβρίου.

Η θερμοκρασία φωτιζόμενου εδάφους με ζιζάνια (ΤΖΕΦ) στις 22 Οκτωβρίου βρέθηκε χαμηλότερη από την ΤΖΕΦ στις 14 Αυγούστου (Πίν. 3.12). Η διαφορά αυτή βρέθηκε και στην ορθολογική λίπανση και στον μάρτυρα. Η ΤΓΕΦ της ορθολογικής λίπανσης δεν διέφερε από την ΤΓΕΦ του μάρτυρα. Αυτό βρέθηκε και στις δύο ημερομηνίες μετρήσεων.

**Πίνακας 3.13** Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων και της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη συγκέντρωση ξηράς ουσίας (ΞΟ) και στο ειδικό βάρος φύλλου (ΕΒΦ) μηλιάς ποικιλίας Scarlett. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.

Χρόνος	Μεταχείριση	ΞΟ	ΕΒΦ
--------	-------------	----	-----

		(%)	(g m <sup>-2</sup> )
12-Αυγ	Μάρτυρας	47,8 a	11,4 a
	Ορθολογική	46,8 b	10,7 b
22-Οκτ	Μάρτυρας	46,8 b	11,4 a
	Ορθολογική	46,8 b	11,2 ab
Σημαντικότητα	Χρόνος	*	ΜΣ
	Μεταχείριση	*	*

ΜΣ μη σημαντική διαφορά, \* σημαντικότητα 5%

Στις 22 Οκτωβρίου τα φύλλα είχαν μικρότερο ποσοστό % ξηράς ουσίας (ΞΟ) από τις 12 Αυγούστου (Πίν. 3.13). Αυτό βρέθηκε μόνο για τον μάρτυρα, καθώς το ποσοστό % ΞΟ των φύλλων της ορθολογικής λίπανσης δεν διέφερε στις δύο ημερομηνίες μετρήσεων. Τα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης είχαν μικρότερο ποσοστό % ΞΟ από τα φύλλα του μάρτυρα. Η διαφορά αυτή εντοπίστηκε μόνο στις 12 Αυγούστου, αφού στις 22 Οκτωβρίου το ποσοστό % ΞΟ των φύλλων της ορθολογικής λίπανσης ήταν παρόμοιο με το ποσοστό % ΞΟ των φύλλων του μάρτυρα.

Το ειδικό βάρος φύλλων (ΕΒΦ) στις 22 Οκτωβρίου ήταν παρόμοιο με το ΕΒΦ στις 14 Αυγούστου (Πίν. 3.13). Αυτό βρέθηκε και στις δύο μεταχειρίσεις. Τα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης είχαν χαμηλότερο ΕΒΦ από τα φύλλα του μάρτυρα. Αυτή η μείωση του ΕΒΦ στα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης βρέθηκε στις 12 Αυγούστου, ενώ στις 22 Οκτωβρίου το ΕΒΦ ήταν παρόμοιο στις δύο μεταχειρίσεις.

**Πίνακας 3.14** Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων και της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη συγκέντρωση χλωροφύλλης a ανά μονάδα ξηράς ουσίας φύλλου (χλφα), χλωροφύλλης b ανά μονάδα ξηράς ουσίας φύλλου (χλφb), συνολικής χλωροφύλλης ανά μονάδα ξηράς ουσίας φύλλου (ολ χλφ) και στο λόγο χλωροφύλλης a προς χλωροφύλλη b ( $\frac{\chi\lambda\phi a}{\chi\lambda\phi b}$ ) μηλιάς ποικιλίας Scarlett. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.

Χρόνος	Μεταχείριση	χλφα (mg g <sup>-1</sup> )	χλφb (mg g <sup>-1</sup> )	ολ χλφ (mg g <sup>-1</sup> )	$\frac{\chi\lambda\phi a}{\chi\lambda\phi b}$
12-Αυγ	Μάρτυρας	6,25 a	1,73 b	7,98 ab	3,61 b
	Ορθολογική	6,11 a	1,62 c	7,67 b	3,78 a

22-Οκτ	Μάρτυρας	6,29 a	1,85 a	8,18 a	3,41 c
	Ορθολογική	6,35 a	1,90 a	8,23 a	3,36 c
Σημαντικότητα	Χρόνος	ΜΣ	***	**	***
	Μεταχείριση	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ

ΜΣ μη σημαντική διαφορά, \*\* σημαντικότητα 1%, \*\*\* σημαντικότητα 1%

Στις 22 Οκτωβρίου η συγκέντρωση χλωροφύλλης a ανά μονάδα ξηράς ουσίας φύλλου (χλφα) ήταν παρόμοια με αυτή που μετρήθηκε στις 12 Αυγούστου (Πίν. 3.14). Αυτό βρέθηκε και στις δύο μεταχειρίσεις. Η χλφα των φύλλων της ορθολογικής λίπανσης ήταν παρόμοια με τη χλφα των φύλλων του μάρτυρα. Αυτό βρέθηκε και στις δύο ημερομηνίες μετρήσεων.

Η συγκέντρωση χλωροφύλλης b ανά μονάδα ξηράς ουσίας φύλλου (χλφb) στις 22 Οκτωβρίου αυξήθηκε σε σχέση με τη χλφb στις 12 Αυγούστου (Πίν. 3.14). Η αύξηση αυτή βρέθηκε και στις δύο μεταχειρίσεις. Τα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης είχαν χαμηλότερη χλφb από αυτά του μάρτυρα. Η διαφορά αυτή αφορούσε τις μετρήσεις στις 12 Αυγούστου, ενώ στις 22 Οκτωβρίου η χλφb ήταν παρόμοια στις δύο μεταχειρίσεις.

Στις 22 Οκτωβρίου η συγκέντρωση συνολικής χλωροφύλλης ανά μονάδα ξηράς ουσίας φύλλου (ολ χλφ) αυξήθηκε σε σχέση με τις 12 Αυγούστου (Πίν. 3.14). Η αύξηση αυτή παρατηρήθηκε στα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης, ενώ στα φύλλα του μάρτυρα ήταν ελάχιστη και μη σημαντική. Η ολ χλφ των φύλλων της ορθολογικής λίπανσης δεν διέφερε από την ολ χλφ των φύλλων του μάρτυρα. Αυτό ίσχυε στις μετρήσεις στις 22 Οκτωβρίου, ενώ στις 12 Αυγούστου η διαφοράς στην ολ χλφ μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων ήταν ελάχιστες και μη σημαντικές.

Στις 22 Οκτωβρίου ο λόγος χλωροφύλλης a προς χλωροφύλλη b των φύλλων ( $\frac{\chi\lambda\phi a}{\chi\lambda\phi b}$ ) ήταν χαμηλότερος από τις 12 Αυγούστου (Πίν. 3.14). Αυτό μετρήθηκε στα φύλλα και των δύο μεταχειρίσεων. Ο λόγος  $\frac{\chi\lambda\phi a}{\chi\lambda\phi b}$  των φύλλων της ορθολογικής λίπανσης ήταν μεγαλύτερος από τον λόγο  $\frac{\chi\lambda\phi a}{\chi\lambda\phi b}$  των φύλλων του μάρτυρα. Αυτό αφορούσε τις μετρήσεις στις 12 Αυγούστου, ενώ σε αυτές στις 22 Οκτωβρίου δεν βρέθηκε διαφορά μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων.

**Πίνακας 3.15** Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων και της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη συγκέντρωση χλωροφύλλης a ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (χλφα εφ), χλωροφύλλης b ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (χλφβ εφ), συνολικής χλωροφύλλης ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (ολ χλφ εφ), συνολικών καροτενοειδών ανά μονάδα ξηράς ουσίας φύλλου (ολ καρ) και συνολικών καροτενοειδών ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (ολ καρ εφ) μηλιάς ποικιλίας Scarlett. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.

Χρόνος	Μεταχείριση	χλφα εφ (mg m <sup>-2</sup> )	χλφβ εφ (mg m <sup>-2</sup> )	ολ χλφ εφ (mg m <sup>-2</sup> )	ολ καρ (mg g <sup>-1</sup> )	ολ καρ εφ (mg m <sup>-2</sup> )
12-Αυγ	Μάρτυρας	693 a	192 b	885 a	1,63 b	181 a
	Ορθολογική	624 b	165 c	790 b	1,92 a	172 b
22-Οκτ	Μάρτυρας	687 a	202 a	888 a	1,67 b	183 a
	Ορθολογική	693 a	206 a	890 a	1,66 b	182 a
Σημ.	Χρόνος	***	***	***	ΜΣ	*
	Μεταχείριση	***	***	***	*	*

ΜΣ μη σημαντική διαφορά, \* σημαντικότητα 5%, \*\*\* σημαντικότητα 1%

Στις 22 Οκτωβρίου η συγκέντρωση χλωροφύλλης a ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (χλφα εφ) ήταν μεγαλύτερη από τις 12 Αυγούστου (Πίν. 3.15). Η αύξηση αυτή αφορούσε μόνο τα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης, καθώς τα φύλλα του μάρτυρα είχαν παρόμοιες τιμές χλφα εφ στις δύο ημερομηνίες μετρήσεων. Τα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης είχαν χαμηλότερη χλφα εφ από τα φύλλα του μάρτυρα. Η διαφορά αυτή βρέθηκε στις 12 Αυγούστου, ενώ στις 22 Οκτωβρίου οι τιμές ήταν παρόμοιες στις δύο μεταχειρίσεις.

Στις 22 Οκτωβρίου τα φύλλα είχαν υψηλότερη συγκέντρωση χλωροφύλλης b ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (χλφβ εφ) από τις 12 Αυγούστου (Πίν. 3.15). Αυτό ήταν κάτι που ίσχυε και για τις δύο μεταχειρίσεις. Τα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης είχαν χαμηλότερη χλφβ εφ από τα φύλλα του μάρτυρα. Η διαφορά αυτή βρέθηκε στις 12 Αυγούστου, ενώ οι τιμές ήταν παρόμοιες στις 22 Οκτωβρίου.

Στις 22 Οκτωβρίου τα φύλλα είχαν υψηλότερη συγκέντρωση συνολικής χλωροφύλλης ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (ολ χλφ εφ) από τις 12 Αυγούστου (Πίν. 3.15). Συγκεκριμένα η διαφορά αυτή βρέθηκε στα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης, ενώ τα φύλλα του μάρτυρα είχαν παρόμοιες τιμές ολ χλφ εφ στις δύο ημερομηνίες μετρήσεων. Τα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης είχαν χαμηλότερη ολ χλφ εφ από τα φύλλα του μάρτυρα. Αυτή η

διαφορά βρέθηκε μόνο στις μετρήσεις της 12 Αυγούστου, ενώ στις 22 Οκτωβρίου η ολ χλωφ εφ είχε παρόμοιες τιμές στις δύο μεταχειρίσεις.

Στις 22 Οκτωβρίου τα φύλλα είχαν χαμηλότερη συγκέντρωση συνολικών καροτενοειδών ανά μονάδα ξηράς ουσίας (ολ καρ) από τις 12 Αυγούστου (Πίν. 3.15). Η διαφορά αυτή βρέθηκε μόνο στα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης, ενώ στον μάρτυρα δεν άλλαξε με τον χρόνο μετρήσεων. Τα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης είχαν υψηλότερη ολ καρ από τα φύλλα του μάρτυρα. Αυτό βρέθηκε μόνο στις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στις 12 Αυγούστου, ενώ στις 22 Οκτωβρίου η ολ καρ ήταν παρόμοια στις δύο μεταχειρίσεις.

Η συγκέντρωση συνολικών καροτενοειδών ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (ολ καρ εφ) στις 22 Οκτωβρίου ήταν υψηλότερη από την ολ καρ εφ στις 12 Αυγούστου (Πίν. 3.15). Αυτό μετρήθηκε μόνο στα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης, με τα φύλλα του μάρτυρα να έχουν παρόμοιες τιμές στις δύο ημερομηνίες μετρήσεων. Η ολ καρ εφ των φύλλων της ορθολογικής λίπανσης ήταν χαμηλότερη από την ολ καρ εφ των φύλλων του μάρτυρα. Αυτό βρέθηκε μόνο στις 12 Αυγούστου, ενώ στις 22 Οκτωβρίου η ολ καρ εφ ήταν παρόμοια στις δύο μεταχειρίσεις.

**Πίνακας 3.16** Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων και της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη σχετική περιεκτικότητα των φύλλων σε νερό (ΣΠΝ), στο έλλειμμα κορεσμού νερού (ΕΚΝ) και στην ενυδάτωση των φύλλων (ΕΝΥΔ) μηλιάς ποικιλίας Scarlett. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=4.

Χρόνος	Μεταχείριση	ΣΠΝ (%)	ΕΚΝ (%)	ΕΝΥΔ (mg cm <sup>-2</sup> )
12-Αυγ	Μάρτυρας	70,2 b	29,8 a	13,5 ab
	Ορθολογική	72,8 ab	27,2 b	14,1 a
22-Οκτ	Μάρτυρας	73,4 a	26,3 bc	13,4 b
	Ορθολογική	75,6 a	24,4 c	14,0 ab
Σημαντικό- τητα	Χρόνος	*	**	ΜΣ
	Μεταχείριση	ΜΣ	*	*

ΜΣ μη σημαντική διαφορά, \* σημαντικότητα 5%, \*\* σημαντικότητα 1%

Η σχετική περιεκτικότητα των φύλλων σε νερό (ΣΠΝ) στις 22 Οκτωβρίου ήταν υψηλότερη από τη ΣΠΝ στις 12 Αυγούστου (Πίν. 3.16). Η διαφορά στη ΣΠΝ βρέθηκε σημαντική στα

φύλλα του μάρτυρα, ενώ στα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης ήταν ελάχιστη και μη σημαντική. Τα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης δεν διέφεραν στη ΣΠΝ από τα φύλλα του μάρτυρα. Αυτό ίσχυε στις μετρήσεις τόσο στις 22 Οκτωβρίου όσο και σε αυτές στις 12 Αυγούστου.

Στις 22 Οκτωβρίου το έλλειμμα κορεσμού νερού (ΕΚΝ) ήταν χαμηλότερο από τις 12 Αυγούστου (Πίν. 3.16). Αυτή η διαφορά στο ΕΚΝ μεταξύ των δύο ημερομηνιών μέτρησης βρέθηκε και στις δύο μεταχειρίσεις. Τα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης είχαν χαμηλότερο ΕΚΝ από τα φύλλα του μάρτυρα. Η διαφορά αυτή μετρήθηκε στις 12 Αυγούστου, με τη διαφορά στο ΕΚΝ μεταξύ των μεταχειρίσεων στις 22 Οκτωβρίου να είναι ελάχιστη και μη σημαντική.

Η ενυδάτωση των φύλλων (ΕΝΥΔ) στις 22 Οκτωβρίου δεν βρέθηκε σημαντικά διαφορετική από την ΕΝΥΔ στις 12 Αυγούστου (Πίν. 3.16). Παρόμοια ΕΝΥΔ μεταξύ των δύο ημερομηνιών μετρήσεων βρέθηκε και στις δύο μεταχειρίσεις. Τα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης είχαν παρόμοια ΕΝΥΔ με τα φύλλα του μάρτυρα. Αυτό βρέθηκε και στις δύο ημερομηνίες μετρήσεων.

**Πίνακας 3.17** Επίδραση της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη μάζα καρπού (ΜΚ) και στη σκληρότητα σάρκας (ΣΣ) καρπών μηλιάς ποικιλίας Scarlett. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.

<b>Μεταχείριση</b>	<b>ΜΚ</b> <b>(g)</b>	<b>ΣΣ</b> <b>(kgF)</b>
Μάρτυρας	215 b	5,38 b
Ορθολογική	221 a	6,66 a
Σημαντικότητα	*	***

\* σημαντικότητα 5%, \*\*\* σημαντικότητα 1%

Οι καρποί της ορθολογικής λίπανσης είχαν μεγαλύτερη μάζα (κατά 3%) από τους καρπούς του μάρτυρα (Πίν. 3.17).

Οι καρποί της ορθολογικής λίπανσης είχαν υψηλότερη σκληρότητα σάρκας (κατά 24%) από τους καρπούς του μάρτυρα (Πίν. 3.17).

**Πίνακας 3.18** Επίδραση της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στην παράμετρο φωτεινότητας L\* (ΠΦ L), στην παράμετρο C\* (Chroma) και στη παράμετρο Hue φλοιού καρπών μηλιάς ποικιλίας Scarlett. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.

Μεταχείριση	ΠΦ L*	Chroma	Hue (°)
Μάρτυρας	45,6 a	34,2 a	38,4 a
Ορθολογική	46,4 a	34,4 a	39,8 a
Σημαντικότητα	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ

ΜΣ μη σημαντική διαφορά

Η παράμετρος φωτεινότητας L\* (ΠΦ L) των καρπών της ορθολογικής λίπανσης δεν διέφερε σημαντικά από τον ΠΦ L των καρπών του μάρτυρα (Πίν. 3.18).

Η παράμετρος C\* (Chroma) των καρπών της ορθολογικής λίπανσης δεν διέφερε σημαντικά από την Chroma των καρπών του μάρτυρα (Πίν. 3.18).

Οι καρποί της ορθολογικής λίπανσης είχαν παρόμοια τιμή παραμέτρου Hue με τους καρπούς του μάρτυρα (Πίν. 3.18).

**Πίνακας 3.19** Επίδραση της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στην περιεκτικότητα διαλυτών στερεών συστατικών (ΔΣΣ), στην οξύτητα (ΟΞ) και στον λόγο διαλυτών στερεών συστατικών προς οξύτητα ( $\frac{\Delta\Sigma\Sigma}{\text{ΟΞ}}$ ) καρπών μηλιάς ποικιλίας Scarlett. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.

Μεταχείριση	ΔΣΣ (%)	ΟΞ (%)	$\frac{\Delta\Sigma\Sigma}{\text{ΟΞ}}$
Μάρτυρας	14,3 b	0,24 a	59,8 b
Ορθολογική	15,6 a	0,25 a	63,7 a
Σημαντικότητα	***	ΜΣ	***

ΜΣ μη σημαντική διαφορά, \*\*\* σημαντικότητα 1%

Οι καρποί της ορθολογικής λίπανσης είχαν υψηλότερο ποσοστό % διαλυτών στερεών συστατικών από τους καρπούς του μάρτυρα (Πίν. 3.19).



Οι καρποί της ορθολογικής λίπανσης είχαν παρόμοια οξύτητα με τους καρπούς του μάρτυρα (Πίν. 3.19).

Ο λόγος  $\frac{\Delta\Sigma}{\text{OE}}$  των καρπών της ορθολογικής λίπανσης ήταν μεγαλύτερος από τον λόγο  $\frac{\Delta\Sigma}{\text{OE}}$  των καρπών του μάρτυρα (Πίν. 3.19).

**Πίνακας 3.20** Επίδραση της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη συγκέντρωση ξηράς ουσίας καρπού (ΞΟΚ) και στον δείκτη αμύλου (ΔΑΜ) καρπών μηλιάς ποικιλίας Scarlett. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.

Μεταχείριση	ΞΟΚ (%)	ΔΑΜ
Μάρτυρας	16,3 b	5,80 a
Ορθολογική	17,4 a	5,97 a
Σημαντικό- τητα	***	ΜΣ

ΜΣ μη σημαντική διαφορά, \*\*\* σημαντικότητα 1%

Το ποσοστό % ξηράς ουσίας (ΞΟΚ) των καρπών της ορθολογικής λίπανσης ήταν μεγαλύτερο από το ποσοστό % ΞΟΚ των καρπών του μάρτυρα (Πίν. 3.20).

Οι καρποί της ορθολογικής λίπανσης είχαν παρόμοιο δείκτη αμύλου με τους καρπούς του μάρτυρα (Πίν. 3.20).

### 3.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΙΚΙΛΙΑ GALA

Ο φθορισμός χλωροφύλλης (Fv/Fm) στις 21 Οκτωβρίου ήταν υψηλότερος από τον Fv/Fm στις 11 Αυγούστου (Πίν. 3.21). Η διαφορά αυτή βρέθηκε μόνο στα φύλλα του μάρτυρα, ενώ στα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης δεν βρέθηκε διαφορά στην τιμή Fv/Fm μεταξύ των δύο ημερομηνιών μετρήσεων. Τα φύλλα στην ορθολογική λίπανση είχαν υψηλότερη τιμή Fv/Fm από τα φύλλα του μάρτυρα. Αυτό βρέθηκε στις 11 Αυγούστου, ενώ στις 21 Οκτωβρίου δεν βρέθηκε διαφορά στην τιμή του Fv/Fm μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων.

Στις 21 Οκτωβρίου το υδατικό δυναμικό βλαστού (ΥΔΒ) ήταν πιο αρνητικό από τις 11 Αυγούστου (Πίν. 3.21). Αυτό βρέθηκε και στις δύο μεταχειρίσεις. Η ορθολογική λίπανση είχε αρνητικότερο ΥΔΒ από το μάρτυρα. Η διαφορά αυτή στο ΥΔΒ υπήρχε μόνο στις 21 Οκτωβρίου, ενώ στις 11 Αυγούστου δεν βρέθηκε διαφορά μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων.

**Πίνακας 3.21** Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων και της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στον φθορισμό χλωροφύλλης (Fv/Fm) και στο υδατικό δυναμικό βλαστού (ΥΔΒ) μηλιάς ποικιλίας Gala. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.

Χρόνος	Μεταχείριση	Fv/Fm	ΥΔΒ (MPa)
11-Αυγ	Μάρτυρας	0,774 b	-0,93 a
	Ορθολογική	0,785 a	-0,95 a
21-Οκτ	Μάρτυρας	0,793 a	-1,43 b
	Ορθολογική	0,784 a	-1,89 c
Σημαντικότητα	Χρόνος	**	***
	Μεταχείριση	ΜΣ	***

ΜΣ μη σημαντική διαφορά, \*\* σημαντικότητα 1%, \*\*\* σημαντικότητα 1%

**Πίνακας 3.22** Επίδραση της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) και της θέσης του καρπού στη θερμοκρασία καρπού (T καρπού) μηλιάς ποικιλίας Gala. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.

Μεταχείριση	Θέση	T καρπού (°C)
Μάρτυρας	Κάτω	29,5 a
	Πάνω	28,5 b
Ορθολογική	Κάτω	28,4 b
	Πάνω	28,3 b
Σημαντικό- τητα	Μεταχείριση	**
	Θέση	**

\*\* σημαντικότητα 1%

Η θερμοκρασία καρπού (T καρπού) στην ορθολογική λίπανση ήταν χαμηλότερη από τη T καρπού στον μάρτυρα (Πίν. 3.22). Η διαφορά στη T καρπού βρέθηκε στο κατώτερο τμήμα του δέντρου, ενώ στο ανώτερο τμήμα του δέντρου η T καρπού ήταν παρόμοια στις δύο

μεταχειρίσεις. Το κατώτερο τμήμα του δέντρου είχε χαμηλότερη T καρπού από το ανώτερο. Αυτό βρέθηκε στον μάρτυρα, ενώ στην ορθολογική λίπανση η T καρπού ήταν παρόμοια στα δύο τμήματα του δέντρου.

**Πίνακας 3.23** Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων, της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) και της θέσης της κόμης στη θερμοκρασία κόμης (T κόμης) και στον δείκτη υδατικής καταπόνησης καλλιέργειας (ΔΥΚΚ) μηλιάς ποικιλίας Gala. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.

Χρόνος	Μεταχείριση	Θέση	T κόμης (°C)	ΔΥΚΚ
11-Αυγ	Μάρτυρας	Κάτω	29,8 a	0,40 c
		Πάνω	29,3 ab	0,36 cd
	Ορθολογική	Κάτω	28,9 b	0,33 d
		Πάνω	29,2 b	0,35 cd
21-Οκτ	Μάρτυρας	Κάτω	24,7 c	0,50 b
		Πάνω	24,7 c	0,50 b
	Ορθολογική	Κάτω	24,8 c	0,61 a
		Πάνω	24,1 c	0,57 a
Σημαντικότητα	Χρόνος		***	***
	Μεταχείριση		*	*
	Θέση		ΜΣ	ΜΣ

ΜΣ μη σημαντική διαφορά, \* σημαντικότητα 5%, \*\*\* σημαντικότητα 1%

Στις 21 Οκτωβρίου η θερμοκρασία κόμης (T κόμης) ήταν χαμηλότερη από τις 11 Αυγούστου (Πίν. 3.23). Η μείωση στη T κόμης βρέθηκε και στις δύο μεταχειρίσεις και στα δύο τμήματα της κόμης. Η T κόμης στην ορθολογική λίπανση ήταν χαμηλότερη από τη T κόμης του μάρτυρα. Η διαφορά αυτή βρέθηκε μόνο στο κατώτερο τμήμα της κόμης στις 11 Αυγούστου, ενώ στο ανώτερο τμήμα της κόμης στις 11 Αυγούστου και στα δύο τμήματα στις 21 Οκτωβρίου οι τιμές των μεταχειρίσεων ήταν παρόμοιες. Η T κόμης του πάνω τμήματος ήταν παρόμοια με τη T κόμης του κάτω τμήματος της κόμης στις δύο ημερομηνίες μετρήσεων και στις δύο μεταχειρίσεις.

Ο δείκτης υδατικής καταπόνησης καλλιέργειας (ΔΥΚΚ) στις 21 Οκτωβρίου ήταν υψηλότερος από τον ΔΥΚΚ στις 11 Αυγούστου (Πίν. 3.23). Η διαφορά αυτή βρέθηκε σημαντική και στις δύο μεταχειρίσεις και στα δύο τμήματα της κόμης. Η ορθολογική λίπανση βρέθηκε να έχει χαμηλότερο ΔΥΚΚ από τον μάρτυρα. Αυτό μετρήθηκε στις 21 Οκτωβρίου και στα δύο επίπεδα, ενώ στις 11 Αυγούστου στο πάνω επίπεδο η διαφορά ήταν ελάχιστη και μη σημαντική και στο κάτω επίπεδο βρέθηκε ο ΔΥΚΚ του μάρτυρα χαμηλότερος από αυτόν της ορθολογικής λίπανσης. Ο ΔΥΚΚ του πάνω τμήματος δεν διέφερε από τον ΔΥΚΚ του κάτω τμήματος της κόμης και στις δύο ημερομηνίες μετρήσεων και στις δύο μεταχειρίσεις.

**Πίνακας 3.24** Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων και της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη θερμοκρασία γυμνού σκιαζόμενου εδάφους (ΤΓΕΣ), στη θερμοκρασία σκιαζόμενου εδάφους με ζιζάνια (ΤΖΕΣ), στη θερμοκρασία γυμνού φωτιζόμενου εδάφους (ΤΓΕΦ) και στη θερμοκρασία φωτιζόμενου εδάφους με ζιζάνια (ΤΖΕΦ) μηλιάς ποικιλίας Gala. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=3.

Χρόνος	Μεταχείριση	ΤΓΕΣ	ΤΖΕΣ	ΤΓΕΦ	ΤΖΕΦ
		(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
11-Αυγ	Μάρτυρας	24,9 a	-	50,0 a	31,4 a
	Ορθολογική	23,0 b	-	-	30,9 a
21-Οκτ	Μάρτυρας	18,7 c	14,0 a	30,6 b	23,0 b
	Ορθολογική	15,7 d	13,8 a	28,6 b	-
Σημαντικότητα	Χρόνος	***	-	***	***
	Μεταχείριση	***	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ

ΜΣ μη σημαντική διαφορά, \*\*\* σημαντικότητα 1%

Στις 21 Οκτωβρίου η θερμοκρασία γυμνού σκιαζόμενου εδάφους (ΤΓΕΣ) ήταν χαμηλότερη από τις 11 Αυγούστου (Πίν. 3.24). Η διαφορά της ΤΓΕΣ μεταξύ των δύο ημερομηνιών μετρήσεων βρέθηκε και στις δύο μεταχειρίσεις. Η ορθολογική λίπανση είχε χαμηλότερη ΤΓΕΣ από τον μάρτυρα. Αυτό βρέθηκε και στις δύο ημερομηνίες μετρήσεων.

Η ορθολογική λίπανση είχε παρόμοια θερμοκρασία σκιαζόμενου εδάφους με ζιζάνια (ΤΖΕΣ) με το μάρτυρα στις 21 Οκτωβρίου (Πίν. 3.24).

Στις 21 Οκτωβρίου η θερμοκρασία γυμνού φωτιζόμενου εδάφους (ΤΓΕΦ) ήταν χαμηλότερη από τις 11 Αυγούστου (Πίν. 3.24). Η μείωση αυτή μετρήθηκε στον μάρτυρα. Η ορθολογική λίπανση είχε παρόμοια ΤΓΕΦ με τον μάρτυρα στις 21 Οκτωβρίου.

Η θερμοκρασία φωτιζόμενου εδάφους με ζιζάνια (ΤΖΕΦ) στις 21 Οκτωβρίου ήταν χαμηλότερη από τη ΤΖΕΦ στις 11 Αυγούστου (Πίν. 3.24). Η μείωση αυτή μετρήθηκε στον μάρτυρα. Η ορθολογική λίπανση είχε παρόμοια ΤΖΕΦ με τον μάρτυρα στις 11 Αυγούστου.

**Πίνακας 3.25** Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων και της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη συγκέντρωση ξηράς ουσίας (ΞΟ) και στο ειδικό βάρος φύλλου (ΕΒΦ) μηλιάς ποικιλίας Gala. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.

Χρόνος	Μεταχείριση	ΞΟ (%)	ΕΒΦ g m <sup>-2</sup>
11-Αυγ	Μάρτυρας	44,5 b	8,67 c
	Ορθολογική	44,8 b	8,79 c
22-Οκτ	Μάρτυρας	44,9 ab	9,23 b
	Ορθολογική	45,4 a	9,56 a
Σημαντικότητα	Χρόνος	*	***
	Μεταχείριση	ΜΣ	*

ΜΣ μη σημαντική διαφορά, \* σημαντικότητα 5%, \*\*\* σημαντικότητα 1%

Στις 22 Οκτωβρίου το ποσοστό % ξηράς ουσίας (ΞΟ) των φύλλων ήταν υψηλότερο από τις 11 Αυγούστου (Πίν. 3.25). Συγκεκριμένα, η διαφορά αυτή βρέθηκε στα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης, με τα φύλλα του μάρτυρα να έχουν παρόμοια ΞΟ τις δύο ημερομηνίες μετρήσεων. Το ποσοστό % ΞΟ των φύλλων της ορθολογικής λίπανσης ήταν παρόμοιο με το ποσοστό % ΞΟ αυτών του μάρτυρα. Αυτό βρέθηκε και στις δύο ημερομηνίες μετρήσεων.

Το ειδικό βάρος φύλλων (ΕΒΦ) στις 22 Οκτωβρίου ήταν υψηλότερο από το ΕΒΦ στις 11 Αυγούστου (Πίν. 3.25). Αυτή η διαφορά μεταξύ των δύο ημερομηνιών μετρήσεων βρέθηκε στα φύλλα και των δύο μεταχειρίσεων. Τα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης είχαν υψηλότερο ΕΒΦ από τα φύλλα του μάρτυρα. Η διαφορά αυτή αφορούσε τις μετρήσεις στις 22 Οκτωβρίου, ενώ στις 11 Αυγούστου δεν βρέθηκε διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων.

**Πίνακας 3.26** Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων και της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη συγκέντρωση χλωροφύλλης a ανά μονάδα ξηράς ουσίας (χλφα), χλωροφύλλης b ανά μονάδα ξηράς ουσίας (χλφb), συνολικής χλωροφύλλης ανά μονάδα ξηράς ουσίας (ολ χλφ) και στον λόγο χλωροφύλλης a προς χλωροφύλλη b ( $\frac{\chi\lambda\phi a}{\chi\lambda\phi b}$ ) μηλιάς ποικιλίας Gala. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.

Χρόνος	Μεταχείριση	χλφα (mg g <sup>-1</sup> )	Χλφb (mg g <sup>-1</sup> )	ολ χλφ (mg g <sup>-1</sup> )	$\frac{\chi\lambda\phi a}{\chi\lambda\phi b}$
11-Αυγ	Μάρτυρας	6,88 a	2,21 b	9,09 a	3,13 bc
	Ορθολογική	6,79 a	2,53 a	9,32 a	3,05 c
22-Οκτ	Μάρτυρας	6,04 b	1,88 c	7,92 b	3,21 b
	Ορθολογική	5,42 c	1,60 d	7,02 c	3,39 a
Σημαντικότητα	Χρόνος	***	***	***	***
	Μεταχείριση	**	ΜΣ	*	ΜΣ

ΜΣ μη σημαντική διαφορά, \* σημαντικότητα 5%, \*\* σημαντικότητα 1%, \*\*\* σημαντικότητα 1%

Στις 22 Οκτωβρίου η συγκέντρωση χλωροφύλλης a ανά μονάδα ξηράς ουσίας (χλφα) ήταν μικρότερη από αυτή στις 11 Αυγούστου (Πίν. 3.26). Αυτή η διαφορά βρέθηκε και στις δύο μεταχειρίσεις. Η χλφα των φύλλων της ορθολογικής λίπανσης ήταν χαμηλότερη από τη χλφα των φύλλων του μάρτυρα. Η διαφορά αυτή βρέθηκε μόνο στις μετρήσεις στις 22 Οκτωβρίου, ενώ στις 11 Αυγούστου τα φύλλα των δύο μεταχειρίσεων δεν είχαν διαφορά στη χλφα.

Η συγκέντρωση χλωροφύλλης b ανά μονάδα ξηράς ουσίας (χλφb) στις 22 Οκτωβρίου μειώθηκε σε σχέση με τη χλφb στις 11 Αυγούστου (Πίν. 3.26). Η μείωση αυτή βρέθηκε και στις δύο μεταχειρίσεις. Η χλφb των φύλλων της ορθολογικής λίπανσης ήταν παρόμοια με τη χλφb των φύλλων του μάρτυρα. Αλλά στις 11 Αυγούστου στην ορθολογική λίπανση βρέθηκε υψηλότερη χλφb από ότι στον μάρτυρα, ενώ στις 22 Οκτωβρίου βρέθηκε το αντίθετο.

Στις 22 Οκτωβρίου η συγκέντρωση συνολικής χλωροφύλλης ανά μονάδα ξηράς ουσίας (ολ χλφ) μειώθηκε σε σχέση με τις 11 Αυγούστου (Πίν. 3.26). Η μείωση αυτή βρέθηκε στα

φύλλα και των δύο μεταχειρίσεων. Η ολ χλφ των φύλλων της ορθολογικής λίπανσης ήταν χαμηλότερη από την ολ χλφ των φύλλων του μάρτυρα. Αυτό βρέθηκε στις μετρήσεις στις 22 Οκτωβρίου, ενώ σε αυτές στις 11 Αυγούστου η ολ χλφ ήταν παρόμοια στα φύλλα των δύο μεταχειρίσεων.

Στις 22 Οκτωβρίου ο λόγος χλωροφύλλης a προς χλωροφύλλη b ( $\frac{\chi\lambda\phi a}{\chi\lambda\phi b}$ ) ήταν υψηλότερος από τις 11 Αυγούστου (Πίν. 3.26). Αυτό βρέθηκε μόνο στα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης, καθώς τα φύλλα του μάρτυρα είχαν παρόμοιο λόγο  $\frac{\chi\lambda\phi a}{\chi\lambda\phi b}$  στις δύο ημερομηνίες μετρήσεων. Ο λόγος  $\frac{\chi\lambda\phi a}{\chi\lambda\phi b}$  των φύλλων της ορθολογικής λίπανσης ήταν μεγαλύτερος από τον λόγο  $\frac{\chi\lambda\phi a}{\chi\lambda\phi b}$  των φύλλων του μάρτυρα. Αυτή η διαφορά στον λόγο  $\frac{\chi\lambda\phi a}{\chi\lambda\phi b}$  βρέθηκε στις 22 Οκτωβρίου, ενώ στις 11 Αυγούστου οι δύο μεταχειρίσεις είχαν παρόμοιο λόγο  $\frac{\chi\lambda\phi a}{\chi\lambda\phi b}$ .

**Πίνακας 3.27** Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων και της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη συγκέντρωση χλωροφύλλης a ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (χλφα εφ), χλωροφύλλης b ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (χλφβ εφ), συνολικής χλωροφύλλης ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (ολ χλφ εφ), συνολικών καροτενοειδών ανά μονάδα ξηράς ουσίας (ολ καρ) και συνολικών καροτενοειδών ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (ολ καρ εφ) μηλιάς ποικιλίας Gala. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.

Χρόνος	Μεταχείριση	χλφα εφ (mg m <sup>-2</sup> )	χλφβ εφ (mg m <sup>-2</sup> )	ολ χλφ εφ (mg m <sup>-2</sup> )	ολ καρ (mg g <sup>-1</sup> )	ολ καρ εφ (mg m <sup>-2</sup> )
11-Αυγ	Μάρτυρας	567 a	181 a	748 a	1,73 a	143 a
	Ορθολογική	557 b	181 a	738 a	1,75 a	144 a
22-Οκτ	Μάρτυρας	526 c	164 b	690 b	1,56 b	136 ab
	Ορθολογική	508 d	152 c	660 c	1,45 b	130 b
Σημ.	Χρόνος	***	***	***	***	**
	Μεταχείριση	***	*	***	ΜΣ	ΜΣ

ΜΣ μη σημαντική διαφορά, \* σημαντικότητα 5%, \*\* σημαντικότητα 1%, \*\*\* σημαντικότητα 1%

Στις 22 Οκτωβρίου η συγκέντρωση χλωροφύλλης a ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (χλφα εφ) ήταν χαμηλότερη από τις 11 Αυγούστου (Πίν. 3.27). Η μείωση της χλφα εφ βρέθηκε στα φύλλα και των δύο μεταχειρίσεων. Τα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης είχαν χαμηλότερη

χλφα εφ από τα φύλλα του μάρτυρα. Η διαφορά αυτή βρέθηκε και στις δύο ημερομηνίες μετρήσεων.

Στις 22 Οκτωβρίου τα φύλλα είχαν χαμηλότερη συγκέντρωση χλωροφύλλης b ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (χλφβ εφ) από τις 11 Αυγούστου (Πίν. 3.27). Αυτό ήταν κάτι που βρέθηκε στα φύλλα και των δύο μεταχειρίσεων. Τα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης είχαν χαμηλότερη χλφβ εφ από τα φύλλα του μάρτυρα. Η διαφορά αυτή βρέθηκε στις 22 Οκτωβρίου, ενώ οι τιμές χλφβ εφ των δύο μεταχειρίσεων ήταν παρόμοιες στις 11 Αυγούστου.

Στις 22 Οκτωβρίου τα φύλλα είχαν χαμηλότερη συγκέντρωση συνολικής χλωροφύλλης ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (ολ χλφ εφ) από τις 11 Αυγούστου (Πίν. 3.27). Η διαφορά αυτή μεταξύ των δύο ημερομηνιών μετρήσεων βρέθηκε στα φύλλα και των δύο μεταχειρίσεων. Τα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης είχαν χαμηλότερη ολ χλφ εφ από τα φύλλα του μάρτυρα. Αυτή η διαφορά στην ολ χλφ εφ βρέθηκε μόνο στις μετρήσεις της 22 Οκτωβρίου, ενώ στις 11 Αυγούστου η ολ χλφ εφ ήταν παρόμοια στις δύο μεταχειρίσεις.

Στις 22 Οκτωβρίου τα φύλλα είχαν χαμηλότερη συγκέντρωση συνολικών καροτενοειδών ανά μονάδα ξηράς ουσίας (ολ καρ) από τις 11 Αυγούστου (Πίν. 3.27). Η διαφορά αυτή στα ολ καρ βρέθηκε στα φύλλα και των δύο μεταχειρίσεων. Τα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης είχαν παρόμοια ολ καρ με τα φύλλα του μάρτυρα. Αυτό βρέθηκε και στις δύο ημερομηνίες μετρήσεων.

Η συγκέντρωση συνολικών καροτενοειδών ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (ολ καρ εφ) στις 22 Οκτωβρίου ήταν χαμηλότερη από την ολ καρ εφ στις 11 Αυγούστου (Πίν. 3.27). Αυτή η διαφορά βρέθηκε μόνο στα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης, ενώ τα φύλλα του μάρτυρα είχαν παρόμοια ολ καρ εφ στις δύο ημερομηνίες μετρήσεων. Η ολ καρ εφ των φύλλων της ορθολογικής λίπανσης ήταν παρόμοια με την ολ καρ εφ των φύλλων του μάρτυρα. Αυτό βρέθηκε και στις δύο ημερομηνίες μετρήσεων.

Η σχετική περιεκτικότητα των φύλλων σε νερό (ΣΠΝ) στις 22 Οκτωβρίου ήταν χαμηλότερη από τη ΣΠΝ των φύλλων στις 11 Αυγούστου (Πίν. 3.28). Συγκεκριμένα, αυτή η διαφορά μεταξύ των δύο ημερομηνιών μετρήσεων βρέθηκε μόνο στα φύλλα του μάρτυρα. Τα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης είχαν υψηλότερη ΣΠΝ από τα φύλλα του μάρτυρα. Η διαφορά αυτή βρέθηκε στις 22 Οκτωβρίου, ενώ στις 11 Αυγούστου τα φύλλα των δύο μεταχειρίσεων είχαν παρόμοια ΣΠΝ.



**Πίνακας 3.28** Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων και της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη σχετική περιεκτικότητα των φύλλων σε νερό (ΣΠΝ), στο έλλειμμα κορεσμού νερού (ΕΚΝ) και στην ενυδάτωση των φύλλων (ΕΝΥΔ) μηλιάς ποικιλίας Gala. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=4.

Χρόνος	Μεταχείριση	ΣΠΝ (%)	ΕΚΝ (%)	ΕΝΥΔ (mg cm <sup>-2</sup> )
11-Αυγ	Μάρτυρας	70,9 a	29,1 b	11,4 b
	Ορθολογική	71,6 a	28,4 b	11,1 b
22-Οκτ	Μάρτυρας	67,0 b	33,0 a	12,0 ab
	Ορθολογική	72,8 a	27,2 b	12,5 a
Σημαντικότητα	Χρόνος	ΜΣ	ΜΣ	**
	Μεταχείριση	*	*	ΜΣ

ΜΣ μη σημαντική διαφορά, \* σημαντικότητα 5%, \*\* σημαντικότητα 1%

Στις 22 Οκτωβρίου το έλλειμμα κορεσμού νερού (ΕΚΝ) των φύλλων ήταν υψηλότερο από τις 11 Αυγούστου (Πίν. 3.28). Η αύξηση αυτή του ΕΚΝ βρέθηκε μόνο στα φύλλα του μάρτυρα. Τα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης είχαν χαμηλότερο ΕΚΝ από τα φύλλα του μάρτυρα. Η διαφορά αυτή βρέθηκε μόνο στις μετρήσεις στις 22 Οκτωβρίου, καθώς στις 11 Αυγούστου το ΕΚΝ των φύλλων των δύο μεταχειρίσεων ήταν παρόμοιο.

**Πίνακας 3.29** Επίδραση της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη μάζα καρπού (ΜΚ) και στη σκληρότητα σάρκας (ΣΣ) καρπών μηλιάς ποικιλίας Gala. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.

Μεταχείριση	ΜΚ (g)	ΣΣ (kgF)
Μάρτυρας	202	5,92 b
Ορθολογική	202	6,50 a
Σημαντικότητα	ΜΣ	**

ΜΣ μη σημαντική διαφορά, \*\* σημαντικότητα 1%

Η ενυδάτωση των φύλλων (ΕΝΥΔ) στις 22 Οκτωβρίου ήταν υψηλότερη από την ΕΝΥΔ στις 11 Αυγούστου. (Πίν. 3.28). Αυτό βρέθηκε μόνο στα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης, ενώ

τα φύλλα του μάρτυρα είχαν παρόμοια ΕΝΥΔ στις δύο ημερομηνίες μετρήσεων. Τα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης είχαν παρόμοια ΕΝΥΔ με τα φύλλα του μάρτυρα. Αυτό βρέθηκε και στις δύο ημερομηνίες μετρήσεων.

Η μάζα καρπού (ΜΚ) της ορθολογικής λίπανσης ήταν παρόμοια με τη ΜΚ του μάρτυρα (Πίν. 3.29).

Οι καρποί της ορθολογικής λίπανσης είχαν μεγαλύτερη (κατά 10%) σκληρότητα σάρκας (ΣΣ) από τους καρπούς του μάρτυρα (Πίν. 3.29).

**Πίνακας 3.30** Επίδραση της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στην παράμετρο φωτεινότητας L\* (ΠΦ L\*), στην παράμετρο a\* και στην παράμετρο b\* φλοιού καρπών μηλιάς ποικιλίας Gala. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.

Μεταχείριση	ΠΦ L*	a*	b*
Μάρτυρας	59,9 a	22,8 b	26,7 a
Ορθολογική	57,0 b	26,5 a	24,9 b
Σημαντικότητα	**	***	***

\*\* σημαντικότητα 1%, \*\*\* σημαντικότητα 1%

Η παράμετρος φωτεινότητας L\* (ΠΦ L\*) των καρπών της ορθολογικής λίπανσης ήταν μικρότερη από την ΠΦ L\* αυτών του μάρτυρα (Πίν. 3.30).

Οι καρποί της ορθολογικής λίπανσης είχαν υψηλότερη παράμετρο a\* από τους καρπούς του μάρτυρα (Πίν. 3.30).

Η παράμετρος b\* των καρπών της ορθολογικής λίπανσης ήταν μικρότερη από την b\* των καρπών του μάρτυρα (Πίν. 3.30).

Το ποσοστό % διαλυτών στερεών συστατικών (ΔΣΣ) των καρπών της ορθολογικής λίπανσης βρέθηκε παρόμοιο με το ποσοστό % ΔΣΣ των καρπών του μάρτυρα (Πίν. 3.31).

Οι καρποί της ορθολογικής λίπανσης είχαν χαμηλότερη οξύτητα (ΟΞ) από αυτούς του μάρτυρα (Πίν. 3.31).

Οι καρποί της ορθολογικής λίπανσης είχαν υψηλότερο λόγο διαλυτών στερεών συστατικών προς οξύτητα ( $\frac{\Delta\Sigma}{\text{ΟΞ}}$ ) από αυτούς του μάρτυρα (Πίν. 3.31).

**Πίνακας 3.31** Επίδραση της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στην περιεκτικότητα διαλυτών στερεών συστατικών ( $\Delta\Sigma\Sigma$ ), στην οξύτητα ( $O\Xi$ ) και στον λόγο διαλυτών στερεών συστατικών προς οξύτητα ( $\frac{\Delta\Sigma\Sigma}{O\Xi}$ ) καρπών μηλιάς ποικιλίας Gala. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.

Μεταχείριση	$\Delta\Sigma\Sigma$ (%)	$O\Xi$ (%)	$\frac{\Delta\Sigma\Sigma}{O\Xi}$
Μάρτυρας	10,8 a	0,285 a	38,2 b
Ορθολογική	10,9 a	0,268 b	40,9 a
Σημαντικότητα	ΜΣ	*	***

ΜΣ μη σημαντική διαφορά, \* σημαντικότητα 5%, \*\*\* σημαντικότητα 1%

**Πίνακας 3.32** Επίδραση της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη συγκέντρωση ξηράς ουσίας καρπού ( $\Xi OK$ ) και στον δείκτη αμύλου ( $\Delta AM$ ) καρπών μηλιάς ποικιλίας Gala. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.

Μεταχείριση	$\Xi OK$ (%)	$\Delta AM$
Μάρτυρας	12,7 b	6,53 a
Ορθολογική	13,0 a	6,60 a
Σημαντικό- τητα	**	ΜΣ

ΜΣ μη σημαντική διαφορά, \*\* σημαντικότητα 1%

Το ποσοστό % ξηράς ουσίας ( $\Xi OK$ ) των καρπών της ορθολογικής λίπανσης ήταν υψηλότερο από το ποσοστό %  $\Xi OK$  των καρπών του μάρτυρα (Πίν. 3.32).

Οι καρποί της ορθολογικής λίπανσης είχαν παρόμοιο δείκτη αμύλου με τους καρπούς του μάρτυρα (Πίν. 3.32).

### 3.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΙΚΙΛΙΑ FUJI

**Πίνακας 3.33** Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων και της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στον φθορισμό χλωροφύλλης (Fv/Fm) και στο υδατικό δυναμικό βλαστού (ΥΔΒ) μηλιάς ποικιλίας Fuji. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.

Χρόνος	Μεταχείριση	Fv/Fm	ΥΔΒ
10-Αυγ	Μάρτυρας	0,781 b	-1,41 a
	Ορθολογική	0,783 b	-1,41 a
21-Οκτ	Μάρτυρας	0,805 a	-1,38 a
	Ορθολογική	0,798 a	-1,36 a
Σημαντικότητα	Χρόνος	**	ΜΣ
	Μεταχείριση	ΜΣ	ΜΣ

ΜΣ μη σημαντική διαφορά, \*\* σημαντικότητα 1%

Ο φθορισμός χλωροφύλλης (Fv/Fm) στις 21 Οκτωβρίου ήταν υψηλότερος από τον Fv/Fm στις 10 Αυγούστου (Πίν. 3.33). Η αύξηση αυτή στην τιμή του Fv/Fm μεταξύ των δύο ημερομηνιών μετρήσεων βρέθηκε στα φύλλα και των δύο μεταχειρίσεων. Τα φύλλα στην ορθολογική λίπανση είχαν παρόμοια τιμή Fv/Fm με τα φύλλα του μάρτυρα. Αυτό βρέθηκε και στις δύο ημερομηνίες μετρήσεων.

Στις 21 Οκτωβρίου το υδατικό δυναμικό βλαστού (ΥΔΒ) ήταν παρόμοιο με τις 10 Αυγούστου (Πίν. 3.33). Αυτό βρέθηκε στα δέντρα και των δύο μεταχειρίσεων. Το ΥΔΒ στην ορθολογική λίπανση ήταν παρόμοιο με το ΥΔΒ του μάρτυρα. Αυτό βρέθηκε και στις δύο ημερομηνίες μετρήσεων.

Στις 21 Οκτωβρίου η θερμοκρασία καρπού (T καρπού) ήταν χαμηλότερη από τις 10 Αυγούστου (Πίν. 3.34). Η διαφορά αυτή μεταξύ των δύο ημερομηνιών μετρήσεων βρέθηκε σημαντική και στις δύο μεταχειρίσεις και στα δύο τμήματα του δέντρου. Η T καρπού στην ορθολογική λίπανση ήταν χαμηλότερη από τη T καρπού του μάρτυρα. Αυτό βρέθηκε και στα δύο τμήματα του δέντρου στις 21 Οκτωβρίου, ενώ η T καρπού ήταν παρόμοια μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων στα δύο τμήματα του δέντρου στις 10 Αυγούστου. Το κατώτερο τμήμα του δέντρου είχε χαμηλότερη T καρπού από το ανώτερο τμήμα. Η διαφορά αυτή στη T καρπού μεταξύ των δύο τμημάτων του δέντρου βρέθηκε και στις δύο μεταχειρίσεις στις 21 Οκτωβρίου και στην ορθολογική λίπανση στις 10 Αυγούστου, ενώ η διαφορά των δύο επιπέδων στον μάρτυρα στις 10 Αυγούστου ήταν ελάχιστη και μη σημαντική.

**Πίνακας 3.34** Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων, εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) και της θέσης του καρπού στη θερμοκρασία καρπού (T καρπού) μηλιάς ποικιλίας Fuji. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.

Χρόνος	Μεταχείριση	Θέση	T καρπού (°C)
10-Αυγ	Μάρτυρας	Κάτω	31,1 a
		Πάνω	30,8 ab
	Ορθολογική	Κάτω	31,2 a
		Πάνω	30,1 b
21-Οκτ	Μάρτυρας	Κάτω	27,2 d
		Πάνω	28,7 c
	Ορθολογική	Κάτω	25,3 e
		Πάνω	27,5 d
Σημαντικότητα	Χρόνος		***
	Μεταχείριση		***
	Θέση		**

\*\* σημαντικότητα 1%, \*\*\* σημαντικότητα 1%

**Πίνακας 3.35** Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων, της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) και της θέσης της κόμης στη θερμοκρασία κόμης (T κόμης) και στον δείκτη υδατικής καταπόνησης καλλιέργειας (ΔΥΚΚ) μηλιάς ποικιλίας Fuji. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.

Χρόνος	Μεταχείριση	Θέση	T κόμης (°C)	ΔΥΚΚ
10-Αυγ	Μάρτυρας	Κάτω	28,7 b	0,36 c
		Πάνω	30,4 a	0,49 ab
	Ορθολογική	Κάτω	27,5 c	0,27 d
		Πάνω	29,1 b	0,37 c

21-Οκτ	Μάρτυρας	Κάτω	20,0 e	0,46 b
		Πάνω	20,3 e	0,48 ab
	Ορθολογική	Κάτω	20,2 e	0,45 b
		Πάνω	21,1 d	0,52 a
Σημαντικότητα	Χρόνος		***	***
	Μεταχείριση		*	***
	Θέση		***	***

\* σημαντικότητα 5%, \*\*\* σημαντικότητα 1%

Η θερμοκρασία κόμης (T κόμης) στις 21 Οκτωβρίου ήταν χαμηλότερη από την T κόμης στις 10 Αυγούστου (Πίν. 3.35). Αυτό ήταν κάτι που βρέθηκε και στις δύο μεταχειρίσεις και στα δύο τμήματα της κόμης. Στην ορθολογική λίπανση η T κόμης ήταν χαμηλότερη από τον μάρτυρα. Αυτό βρέθηκε στις 10 Αυγούστου και στις δύο θέσεις μέτρησης και στην πάνω θέση μέτρησης στις 21 Οκτωβρίου. Αντίθετα, στις 21 Οκτωβρίου στην κάτω θέση μέτρησης η T κόμης ήταν παρόμοια στις δύο μεταχειρίσεις. Το κάτω τμήμα της κόμης είχε χαμηλότερη T κόμης από το πάνω τμήμα. Η διαφορά αυτή μεταξύ των δύο τμημάτων ήταν σημαντική και στις δύο μεταχειρίσεις στις 10 Αυγούστου και στην ορθολογική λίπανση στις 21 Οκτωβρίου, ενώ στον μάρτυρα στις 21 Οκτωβρίου η T κόμης των δύο τμημάτων της κόμης ήταν παρόμοια.

Στις 21 Οκτωβρίου ο δείκτης υδατικής καταπόνησης καλλιέργειας (ΔΥΚΚ) ήταν υψηλότερος από τις 10 Αυγούστου (Πίν. 3.35). Η διαφορά αυτή μεταξύ των ημερομηνιών μετρήσεων βρέθηκε και στα δύο τμήματα της κόμης στην ορθολογική λίπανση και στο κάτω τμήμα στον μάρτυρα, ενώ ο ΔΥΚΚ του πάνω τμήματος στον μάρτυρα ήταν παρόμοιος στις δύο ημερομηνίες μετρήσεων. Ο ΔΥΚΚ της ορθολογικής λίπανσης ήταν μικρότερος από τον ΔΥΚΚ του μάρτυρα. Αυτό βρέθηκε και στα δύο τμήματα της κόμης στις 10 Αυγούστου, ενώ τα δύο τμήματα της κόμης είχαν παρόμοιο ΔΥΚΚ στις 21 Οκτωβρίου και στις δύο μεταχειρίσεις. Το κάτω τμήμα της κόμης είχε χαμηλότερο ΔΥΚΚ από το πάνω τμήμα. Αυτό βρέθηκε και στις δύο μεταχειρίσεις στις 10 Αυγούστου και στην ορθολογική λίπανση στις 21 Οκτωβρίου, ενώ τα δύο τμήματα της κόμης στον μάρτυρα στις 21 Οκτωβρίου είχαν παρόμοιο ΔΥΚΚ.

**Πίνακας 3.36** Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων και της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη θερμοκρασία γυμνού σκιαζόμενου εδάφους (ΤΓΕΣ), στη θερμοκρασία σκιαζόμενου εδάφους με ζιζάνια (ΤΖΕΣ), στη θερμοκρασία γυμνού φωτιζόμενου εδάφους (ΤΓΕΦ) και στη θερμοκρασία φωτιζόμενου εδάφους με ζιζάνια (ΤΖΕΦ) μηλιάς ποικιλίας Fuji. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=3.

Χρόνος	Μεταχείριση	ΤΓΕΣ (°C)	ΤΖΕΣ (°C)	ΤΓΕΦ (°C)	ΤΖΕΦ (°C)
10-Αυγ	Μάρτυρας	26,7 a	-	-	-
	Ορθολογική	28,4 a	27,8 a	-	-
21-Οκτ	Μάρτυρας	13,9 b	13,2 b	28,3 a	19,7 a
	Ορθολογική	14,2 b	13,0 b	28,4 a	17,8 b
Σημαντικότητα	Χρόνος	***	***	ΜΣ	ΜΣ
	Μεταχείριση	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	**

ΜΣ μη σημαντική διαφορά, \*\* σημαντικότητα 1%, \*\*\* σημαντικότητα 1%

Η θερμοκρασία γυμνού σκιαζόμενου εδάφους (ΤΓΕΣ) στις 21 Οκτωβρίου ήταν χαμηλότερη από την ΤΓΕΣ στις 10 Αυγούστου (Πίν. 3.36). Η διαφορά αυτή στην ΤΓΕΣ μεταξύ των δύο ημερομηνιών μετρήσεων βρέθηκε και στις δύο μεταχειρίσεις. Η ορθολογική λίπανση είχε παρόμοια ΤΓΕΣ με τον μάρτυρα και στις δύο ημερομηνίες μετρήσεων.

Στις 21 Οκτωβρίου η θερμοκρασία σκιαζόμενου εδάφους με ζιζάνια (ΤΖΕΣ) ήταν χαμηλότερη από τις 10 Αυγούστου (Πίν. 3.36) μόνο στην ορθολογική λίπανση που μετρήθηκε. Η ΤΖΕΣ της ορθολογικής λίπανσης δεν διέφερε από την ΤΖΕΣ του μάρτυρα μόνο στις 21 Οκτωβρίου που μετρήθηκε.

Η θερμοκρασία γυμνού φωτιζόμενου εδάφους (ΤΓΕΦ) της ορθολογικής λίπανσης δεν διέφερε από την ΤΓΕΦ του μάρτυρα στις 21 Οκτωβρίου (Πίν. 3.36).

Η ορθολογική λίπανση εμφάνισε χαμηλότερη θερμοκρασία φωτιζόμενου εδάφους με ζιζάνια (ΤΖΕΦ) από τον μάρτυρα στις 21 Οκτωβρίου (Πίν. 3.36).

**Πίνακας 3.37** Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων και της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη συγκέντρωση ξηράς ουσίας (ΞΟ) και στο ειδικό βάρος φύλλου (ΕΒΦ) μηλιάς ποικιλίας Fuji. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.

Χρόνος	Μεταχείριση	ΞΟ (%)	ΕΒΦ g m <sup>-2</sup>
11-Αυγ	Μάρτυρας	42,7 b	8,51 a
	Ορθολογική	43,5 a	8,52 a
22-Οκτ	Μάρτυρας	43,1 ab	8,67 a
	Ορθολογική	42,7 b	8,53 a
Σημαντικότητα	Χρόνος	ΜΣ	ΜΣ
	Μεταχείριση	ΜΣ	ΜΣ

ΜΣ μη σημαντική διαφορά

Το ποσοστό % ξηράς ουσίας (ΞΟ) των φύλλων στις 22 Οκτωβρίου ήταν παρόμοιο με το ποσοστό ΞΟ των φύλλων στις 11 Αυγούστου (Πίν. 3.37). Η διαφορά αυτή βρέθηκε στα φύλλα του μάρτυρα, ενώ στα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης μειώθηκε από τις 11 Αυγούστου στις 22 Οκτωβρίου. Τα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης είχαν παρόμοιο ποσοστό % ΞΟ με τα φύλλα του μάρτυρα. Αυτό βρέθηκε στις 22 Οκτωβρίου, ενώ στις 11 Αυγούστου τα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης είχαν υψηλότερο ποσοστό % ΞΟ από τα φύλλα του μάρτυρα.

Στις 22 Οκτωβρίου το ειδικό βάρος φύλλων (ΕΒΦ) ήταν παρόμοιο με τις 11 Αυγούστου (Πίν. 3.37). Αυτό βρέθηκε στα φύλλα και των δύο μεταχειρίσεων. Το ΕΒΦ των φύλλων της ορθολογικής λίπανσης ήταν παρόμοιο με το ΕΒΦ των φύλλων του μάρτυρα. Αυτό βρέθηκε και στις δύο ημερομηνίες μετρήσεων.

Στις 22 Οκτωβρίου η συγκέντρωση χλωροφύλλης a ανά μονάδα ξηράς ουσίας (χλφα) ήταν υψηλότερη από τις 11 Αυγούστου (Πίν. 3.38). Αυτή η διαφορά στη χλφα βρέθηκε στα φύλλα του μάρτυρα, καθώς τα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης είχαν παρόμοια χλφα στις δύο ημερομηνίες μετρήσεων. Η χλφα των φύλλων της ορθολογικής λίπανσης ήταν υψηλότερη από τη χλφα των φύλλων του μάρτυρα. Η διαφορά αυτή στη χλφα βρέθηκε μόνο στις 11 Αυγούστου, ενώ στις 22 Οκτωβρίου στα φύλλα των δύο μεταχειρίσεων δεν βρέθηκε διαφορά.



**Πίνακας 3.38** Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων και της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη συγκέντρωση χλωροφύλλης a ανά μονάδα ξηράς ουσίας (χλφα), χλωροφύλλης b ανά μονάδα ξηράς ουσίας (χλφb), συνολικής χλωροφύλλης ανά μονάδα ξηράς ουσίας (ολ χλφ) και στον λόγο χλωροφύλλης a προς χλωροφύλλη b ( $\frac{\chi\lambda\phi a}{\chi\lambda\phi b}$ ) μηλιάς ποικιλίας Fuji. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.

Χρόνος	Μεταχείριση	χλφα (mg g <sup>-1</sup> )	χλφb (mg g <sup>-1</sup> )	ολ χλφ (mg g <sup>-1</sup> )	$\frac{\chi\lambda\phi a}{\chi\lambda\phi b}$
11-Αυγ	Μάρτυρας	6,83 b	2,14 ab	8,99 b	3,19 b
	Ορθολογική	7,35 a	2,27 a	9,66 a	3,25 b
22-Οκτ	Μάρτυρας	7,33 a	2,07 b	9,39 ab	3,56 a
	Ορθολογική	7,31 a	2,06 b	9,38 ab	3,55 a
Σημαντικότητα	Χρόνος	*	*	ΜΣ	***
	Μεταχείριση	*	ΜΣ	*	ΜΣ

ΜΣ μη σημαντική διαφορά, \* σημαντικότητα 5%, \*\*\* σημαντικότητα 1%

Η συγκέντρωση χλωροφύλλης b ανά μονάδα ξηράς ουσίας (χλφb) στις 22 Οκτωβρίου μειώθηκε σε σχέση με τη χλφb στις 11 Αυγούστου (Πίν. 3.38). Η μείωση αυτή βρέθηκε στα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης, ενώ η διαφορά στα φύλλα του μάρτυρα ήταν ελάχιστη και μη σημαντική. Η χλφb στα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης ήταν παρόμοια με τη χλφb στα φύλλα του μάρτυρα. Αυτό βρέθηκε και στις δύο ημερομηνίες μετρήσεων.

Στις 22 Οκτωβρίου η συγκέντρωση συνολικής χλωροφύλλης ανά μονάδα ξηράς ουσίας (ολ χλφ) των φύλλων ήταν παρόμοια με τις 11 Αυγούστου (Πίν. 3.38). Αυτό ήταν κάτι που βρέθηκε στα φύλλα και των δύο μεταχειρίσεων. Η ολ χλφ των φύλλων της ορθολογικής λίπανσης ήταν υψηλότερη από την ολ χλφ των φύλλων του μάρτυρα. Αυτό βρέθηκε στις 11 Αυγούστου, ενώ στις 22 Οκτωβρίου η ολ χλφ ήταν παρόμοια στα φύλλα των δύο μεταχειρίσεων.

Στις 22 Οκτωβρίου ο λόγος χλωροφύλλης a προς χλωροφύλλη b ( $\frac{\chi\lambda\phi a}{\chi\lambda\phi b}$ ) ήταν υψηλότερος από τις 11 Αυγούστου (Πίν. 3.38). Αυτή η διαφορά βρέθηκε στα φύλλα και των δύο μεταχειρίσεων. Ο λόγος  $\frac{\chi\lambda\phi a}{\chi\lambda\phi b}$  των φύλλων της ορθολογικής λίπανσης ήταν παρόμοιος με τον λόγο  $\frac{\chi\lambda\phi a}{\chi\lambda\phi b}$  των φύλλων του μάρτυρα. Αυτό βρέθηκε και στις δύο ημερομηνίες μετρήσεων.

**Πίνακας 3.39** Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων και της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη συγκέντρωση χλωροφύλλης a ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (χλφα εφ), χλωροφύλλης b ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (χλφβ εφ), συνολικής χλωροφύλλης ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (ολ χλφ εφ), συνολικών καροτενοειδών ανά μονάδα ξηράς ουσίας (ολ καρ) και συνολικών καροτενοειδών ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (ολ καρ εφ) μηλιάς ποικιλίας Fuji. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.

Χρόνος	Μεταχείριση	χλφα εφ (mg m <sup>-2</sup> )	χλφβ εφ (mg m <sup>-2</sup> )	ολ χλφ εφ (mg m <sup>-2</sup> )	ολ καρ (mg g <sup>-1</sup> )	ολ καρ εφ (mg m <sup>-2</sup> )
11-Αυγ	Μάρτυρας	558 b	175 b	734 b	1,63 c	131 c
	Ορθολογική	598 a	184 a	782 a	1,87 ab	152 b
22-Οκτ	Μάρτυρας	607 a	171 b	777 a	1,84 b	153 b
	Ορθολογική	595 a	168 b	761 ab	1,93 a	157 a
Σημ.	Χρόνος	*	***	ΜΣ	***	***
	Μεταχείριση	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	***	***

ΜΣ μη σημαντική διαφορά, \* σημαντικότητα 5%, \*\*\* σημαντικότητα 1%

Στις 22 Οκτωβρίου η συγκέντρωση χλωροφύλλης a ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (χλφα εφ) ήταν υψηλότερη από τις 11 Αυγούστου (Πίν. 3.39). Η αύξηση αυτή βρέθηκε στα φύλλα του μάρτυρα, ενώ τα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης η χλφα εφ ήταν παρόμοια στις δύο ημερομηνίες μετρήσεων. Τα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης είχαν υψηλότερη χλφα εφ από τα φύλλα του μάρτυρα. Συγκεκριμένα, η διαφορά αυτή στη χλφα εφ βρέθηκε μόνο στις 11 Αυγούστου.

Στις 22 Οκτωβρίου τα φύλλα είχαν χαμηλότερη συγκέντρωση χλωροφύλλης b ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (χλφβ εφ) από τις 11 Αυγούστου (Πίν. 3.39). Αυτή η μείωση βρέθηκε μόνο στα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης, καθώς τα φύλλα του μάρτυρα είχαν παρόμοιες τιμές χλφβ εφ στις δύο ημερομηνίες μετρήσεων. Τα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης είχαν παρόμοια χλφβ εφ με τα φύλλα του μάρτυρα. Αυτό βρέθηκε στις 22 Οκτωβρίου, ενώ στις 11 Αυγούστου τα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης είχαν υψηλότερες τιμές χλφβ εφ από τα φύλλα του μάρτυρα.

Στις 22 Οκτωβρίου τα φύλλα είχαν υψηλότερη συγκέντρωση συνολικής χλωροφύλλης ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (ολ χλφ εφ) από τις 11 Αυγούστου μόνο στον μάρτυρα, ενώ τα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης είχαν ελάχιστη και μη σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ημερομηνιών μετρήσεων (Πίν. 3.39). Τα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης είχαν υψηλότερη

ολ χλφ εφ από τα φύλλα του μάρτυρα μόνο στις 11 Αυγούστου, ενώ στις 22 Οκτωβρίου η ολ χλφ εφ μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων διέφερε ελάχιστα και μη σημαντικά.

Στις 22 Οκτωβρίου τα φύλλα είχαν υψηλότερη συγκέντρωση συνολικών καροτενοειδών ανά μονάδα ξηράς ουσίας (ολ καρ) από τις 11 Αυγούστου (Πίν. 3.39). Η διαφορά αυτή βρέθηκε μόνο στα φύλλα του μάρτυρα, καθώς τα ολ καρ της ορθολογικής λίπανσης διέφεραν ελάχιστα και μη σημαντικά μεταξύ των δύο ημερομηνιών μετρήσεων. Τα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης είχαν υψηλότερη ολ καρ από τα φύλλα του μάρτυρα. Αυτό βρέθηκε και στις δύο ημερομηνίες μετρήσεων.

Η συγκέντρωση συνολικών καροτενοειδών ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (ολ καρ εφ) στις 22 Οκτωβρίου ήταν υψηλότερη από την ολ καρ εφ στις 11 Αυγούστου (Πίν. 3.39). Αυτή η διαφορά στην ολ καρ εφ βρέθηκε στα φύλλα και των δύο μεταχειρίσεων. Η ολ καρ εφ των φύλλων της ορθολογικής λίπανσης ήταν υψηλότερη από την ολ καρ εφ των φύλλων του μάρτυρα. Αυτό βρέθηκε και στις δύο ημερομηνίες μετρήσεων.

**Πίνακας 3.40** Επίδραση της ημερομηνίας μετρήσεων και της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη σχετική περιεκτικότητα των φύλλων σε νερό (ΣΠΝ), στο έλλειμμα κορεσμού νερού (ΕΚΝ) και στην ενυδάτωση των φύλλων (ΕΝΥΔ) μηλιάς ποικιλίας Fuji. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=4.

Χρόνος	Μεταχείριση	ΣΠΝ (%)	ΕΚΝ (%)	ΕΝΥΔ (mg cm <sup>-2</sup> )
11-Αυγ	Μάρτυρας	76,4 a	23,6 c	14,3 a
	Ορθολογική	74,2 b	25,8 b	14,1 a
22-Οκτ	Μάρτυρας	68,3 c	31,9 a	12,7 b
	Ορθολογική	68,3 c	31,7 a	12,7 b
Σημαντικότητα	Χρόνος	***	***	***
	Μεταχείριση	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ

ΜΣ μη σημαντική διαφορά, \*\*\* σημαντικότητα 1%

Η σχετική περιεκτικότητα των φύλλων σε νερό (ΣΠΝ) στις 22 Οκτωβρίου ήταν χαμηλότερη από τη ΣΠΝ στις 11 Αυγούστου (Πίν. 3.40). Η μείωση αυτή στη ΣΠΝ βρέθηκε και στις δύο μεταχειρίσεις. Τα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης είχαν χαμηλότερη ΣΠΝ από αυτά του

μάρτυρα μόνο στις 11 Αυγούστου, καθώς η ΣΠΝ στις 22 Οκτωβρίου ήταν παρόμοια στις δύο μεταχειρίσεις.

Στις 22 Οκτωβρίου το έλλειμμα κορεσμού νερού (ΕΚΝ) ήταν υψηλότερο από τις 11 Αυγούστου (Πίν. 3.40). Η αύξηση του ΕΚΝ βρέθηκε και στις δύο μεταχειρίσεις. Τα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης είχαν υψηλότερο ΕΚΝ από τα φύλλα του μάρτυρα μόνο στις 11 Αυγούστου, ενώ τα φύλλα των δύο μεταχειρίσεων είχαν παρόμοιο ΕΚΝ στις 22 Οκτωβρίου.

Η ενυδάτωση (ΕΝΥΔ) των φύλλων στις 22 Οκτωβρίου ήταν χαμηλότερη από την ΕΝΥΔ στις 11 Αυγούστου (Πίν. 3.40). Αυτή η διαφορά στην ΕΝΥΔ βρέθηκε στα φύλλα και των δύο μεταχειρίσεων. Τα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης είχαν παρόμοια ΕΝΥΔ με τα φύλλα του μάρτυρα και στις δύο ημερομηνίες μετρήσεων.

**Πίνακας 3.41** Επίδραση της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη μάζα καρπού (ΜΚ) και στη σκληρότητα σάρκας (ΣΣ) καρπών μηλιάς ποικιλίας Fuji. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.

<b>Μεταχείριση</b>	<b>ΜΚ (g)</b>	<b>ΣΣ (kgF)</b>
Μάρτυρας	218 b	5,34 a
Ορθολογική	224 a	5,05 a
Σημαντικότητα	*	ΜΣ

ΜΣ μη σημαντική διαφορά, \* σημαντικότητα 5%

Η μάζα (ΜΚ) των καρπών της ορθολογικής λίπανσης ήταν μεγαλύτερη (κατά 3%) από τη ΜΚ του μάρτυρα (Πίν. 3.41).

Οι καρποί της ορθολογικής λίπανσης είχαν παρόμοια σκληρότητα σάρκας (ΣΣ) με τους καρπούς του μάρτυρα (Πίν. 3.41).

Η παράμετρος φωτεινότητας L\* (ΠΦ L\*) των καρπών της ορθολογικής λίπανσης ήταν υψηλότερος από τον ΠΦ L\* αυτών του μάρτυρα (Πίν. 3.42).

Οι καρποί της ορθολογικής λίπανσης είχαν υψηλότερη παράμετρο a\* από τους καρπούς του μάρτυρα (Πίν. 3.42).

Η παράμετρος b\* των καρπών της ορθολογικής λίπανσης ήταν παρόμοια με την b\* των καρπών του μάρτυρα (Πίν. 3.42).

**Πίνακας 3.42** Επίδραση της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στην παράμετρο φωτεινότητας L\* (ΠΦ L\*), στην παράμετρο a\* και στην παράμετρο b\* καρπών μηλιάς ποικιλίας Fuji. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.

Μεταχείριση	ΠΦ L*	a*	b*
Μάρτυρας	61,1 b	7,76 b	30,7 a
Ορθολογική	64,1 a	2,35 a	31,8 a
Σημαντικότητα	***	***	ΜΣ

ΜΣ μη σημαντική διαφορά, \*\*\* σημαντικότητα 1%

**Πίνακας 3.43** Επίδραση της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στην περιεκτικότητα διαλυτών στερεών συστατικών (ΔΣΣ), στην οξύτητα (ΟΞ) και στον λόγο διαλυτών στερεών συστατικών προς οξύτητα ( $\frac{\Delta\Sigma\Sigma}{\text{ΟΞ}}$ ) καρπών μηλιάς ποικιλίας Fuji. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.

Μεταχείριση	ΔΣΣ (%)	ΟΞ (%)	$\frac{\Delta\Sigma\Sigma}{\text{ΟΞ}}$
Μάρτυρας	13,7 a	0,329 a	41,6 a
Ορθολογική	12,7 b	0,346 a	36,9 b
Σημαντικότητα	***	ΜΣ	**

ΜΣ μη σημαντική διαφορά, \*\* σημαντικότητα 1%, \*\*\* σημαντικότητα 1%

Οι καρποί της ορθολογικής λίπανσης είχαν χαμηλότερο ποσοστό % διαλυτών στερεών συστατικών (ΔΣΣ) από αυτούς του μάρτυρα (Πίν. 3.43).

Το ποσοστό % οξύτητας (ΟΞ) των καρπών της ορθολογικής λίπανσης ήταν παρόμοιο με το ποσοστό % ΟΞ των καρπών του μάρτυρα (Πίν. 3.43).

Οι καρποί της ορθολογικής λίπανσης είχαν χαμηλότερο λόγο διαλυτών στερεών συστατικών προς οξύτητα ( $\frac{\Delta\Sigma\Sigma}{\text{ΟΞ}}$ ) από τους καρπούς του μάρτυρα (Πίν. 3.43).

Το ποσοστό % ξηράς ουσίας (ΞΟΚ) των καρπών της ορθολογικής λίπανσης ήταν παρόμοιο με το ποσοστό % ΞΟΚ των καρπών του μάρτυρα (Πίν. 3.44).

Οι καρποί της ορθολογικής λίπανσης είχαν παρόμοιο δείκτη αμύλου (ΔΑΜ) με τους καρπούς του μάρτυρα (Πίν. 3.44).

**Πίνακας 3.44** Επίδραση της εφαρμογής ορθολογικής λίπανσης ή πλήρους λίπανσης (μάρτυρας) στη συγκέντρωση ξηράς ουσίας καρπού (ΞΟΚ) και στον δείκτη αμύλου (ΔΑΜ) καρπών μηλιάς ποικιλίας Fuji. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. N=6.

Μεταχείριση	ΞΟΚ (%)	ΔΑΜ
Μάρτυρας	14,9 a	7,22 a
Ορθολογική	14,6 a	6,98 a
Σημαντικό- τητα	ΜΣ	ΜΣ

ΜΣ μη σημαντική διαφορά

### 3.5 ΕΙΣΡΟΕΣ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ

#### 3.5.1 Ποικιλία Scarlett

**Πίνακας 3.45** Εισροές θρεπτικών για την ποικιλία Scarlett στη μεταχείριση Μάρτυρας (σε kg ανά στρέμμα).

ΤΥΠΟΣ ΛΙΠΑΝΣΗΣ	N	P	K	Ca
15-5-20 (Βασική)	10,5	3,5	14	-
15,5-0-0+26,5Ca (Υδρολίπανση)	4,65	-	-	7,95
CaCl <sub>2</sub> (Διαφυλλικά)	-	-	-	0,25
<b>Συνολικά</b>	<b>15,15</b>	<b>3,5</b>	<b>14</b>	<b>8,2</b>

Στον Πίν. 3.45 καταγράφονται οι συνολικές εισροές θρεπτικών για τη μεταχείριση Μάρτυρας στα δέντρα της ποικιλίας Scarlett. Η εφαρμογή αζώτου (N) έγινε σε δόσεις (συγκεκριμένα τέσσερεις) με τη μεγαλύτερη ποσότητα (περίπου τα 2/3) να εφαρμόζεται με τη βασική λίπανση και το υπόλοιπο 1/3 με τις τρεις εφαρμογές νιτρικού ασβεστίου (15,5-0-0+26,5CaO) με τη μορφή υδρολίπανσης. Η εφαρμογή του καλίου (K) και του φωσφόρου (P)

έγινε άπαξ με την εφαρμογή πλήρους λιπάσματος στη βασική λίπανση. Το ασβέστιο (Ca) εφαρμόστηκε τόσο με υδρολίπανση με τη μορφή νιτρικού ασβεστίου (σε τρεις δόσεις) όσο και διαφυλλικά σε δύο δόσεις με τη μορφή χλωριούχου ασβεστίου (CaCl<sub>2</sub>).

**Πίνακας 3.46** Εισροές θρεπτικών για την ποικιλία Scarlett στη μεταχείριση Ορθολογική Λίπανση (σε kg ανά στρέμμα τα N, P, K, Ca και S, σε g ανά στρέμμα τα B και Zn).

	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>S</b>	<b>B</b>	<b>Zn</b>
0-0-52+45S (Βασική)	-	-	8,32	-	7,2	-	-
Σκεύασμα B (Διαφυλλικά)	-	-	-	-	-	87,5	-
Σκεύασμα Zn (Διαφυλλικά)	-	-	-	-	-	-	408
12-61-0 (Διαφυλλικά + Υδρολίπανση)	0,12 + 0,5	0,61 + 2,56	-	-	-	-	-
15,5-0-0+26,5Ca (Υδρολίπανση)	4,65	-	-	7,95	-	-	-
Σκεύασμα Ca (Διαφυλλικά)	-	-	-	0,25	-	-	-
13-0-46 (Υδρολίπανση)	1	-	3,4	-	-	-	-
CaCl <sub>2</sub> (Διαφυλλικά)	-	-	-	0,14	-	-	-
46-0-0 (Διαφυλλικά)	0,92	-	-	-	-	-	-

<b>Συνολικά</b>	<b>7,2</b>	<b>3,17</b>	<b>11,72</b>	<b>8,34</b>	<b>7,2</b>	<b>87,5</b>	<b>408</b>
-----------------	------------	-------------	--------------	-------------	------------	-------------	------------

Στον Πίν. 3.46 καταγράφονται οι συνολικές εισροές θρεπτικών για τη μεταχείριση Ορθολογική Λίπανση στα δέντρα της ποικιλίας Scarlett. Η εφαρμογή του αζώτου (N) έγινε σε επτά δόσεις, συγκεκριμένα στην έναρξη της ανθοφορίας με φωσφορικό μονοαμμώνιο (12-61-0) διαφυλλικά, στη συνέχεια με φωσφορικό μονοαμμώνιο με υδρολίπανση στην πτώση πετάλων, τρεις εφαρμογές νιτρικού ασβεστίου (15,5-0-0+26,5CaO) με υδρολίπανση μέχρι μέσα Ιουνίου, μία εφαρμογή νιτρικού καλίου (13-0-46) με υδρολίπανση στα μέσα Ιουλίου και εφαρμογή ουρίας (46-0-0) και φωσφορικού μονοαμμώνιου (συνδυαστικά) μετασυλλεκτικά. Ο φώσφορος (P) εφαρμόστηκε σε τρεις δόσεις, στην ανθοφορία και μετασυλλεκτικά διαφυλλικά με φωσφορικό μονοαμμώνιο και στην πτώση πετάλων με φωσφορικό μονοαμμώνιο με υδρολίπανση. Το κάλιο (K) εφαρμόστηκε σε δύο δόσεις, μία με θειικό κάλιο (0-0-52+45S) σαν βασική λίπανση και μία με νιτρικό κάλιο με υδρολίπανση στα μέσα Ιουλίου. Το ασβέστιο (Ca) εφαρμόστηκε σε εννιά δόσεις, συγκεκριμένα τρεις φορές με υδρολίπανση νιτρικού ασβεστίου, τέσσερις φορές με διαφυλλική εφαρμογή σκευάσματος Ca από το στάδιο μικρού καρπιδίου και δύο φορές με χλωριούχο ασβέστιο (CaCl<sub>2</sub>) κοντά στη συγκομιδή. Το θείο (S) εφαρμόστηκε με τη βασική λίπανση θειικού καλίου. Το βόριο (B) και ο ψευδάργυρος (Zn) εφαρμόστηκαν σε δύο δόσεις, την πρώτη διαφυλλικά στην έναρξη της άνθισης συνδυαστικά με το φωσφορικό μονοαμμώνιο διαφυλλικά και τη δεύτερη διαφυλλικά σε συνδυασμό με την ουρία και το φωσφορικό μονοαμμώνιο.

**Πίνακας 3.47** Συνολικές εισροές και ποσοστιαία μεταβολή των κύριων θρεπτικών στοιχείων άζωτο (N), φώσφορος (P) και κάλιο (K) μεταξύ της Ορθολογικής Λίπανσης και του Μάρτυρα για την ποικιλία Scarlett.

<b>Θρεπτικό Στοιχείο</b>	<b>Μάρτυρας</b>	<b>Ορθολογική Λίπανση</b>	<b>Μεταβολή (%)</b>
N (σε kg ανά στρέμμα)	15,15	7,2	-53
P (σε kg ανά στρέμμα)	3,5	3,17	-9
K (σε kg ανά στρέμμα)	14	11,72	-16

Στον Πίν. 3.47 καταγράφονται οι συνολικές ποσότητες εισροών των κύριων θρεπτικών και η ποσοστιαία μεταβολή στην ποσότητα του αζώτου (N), του φωσφόρου (P) και του καλίου (K)



μεταξύ του Μάρτυρα και της Ορθολογικής Λίπανσης στα δέντρα της ποικιλίας Scarlett. Στην Ορθολογική Λίπανση εφαρμόστηκε 53% λιγότερο N σε σχέση με τον Μάρτυρα. Ακόμη, ο P που εφαρμόστηκε στην Ορθολογική Λίπανση ήταν 9% λιγότερος σε σχέση με τον Μάρτυρα. Τέλος, στα δέντρα της Ορθολογικής Λίπανσης εφαρμόστηκε 16% λιγότερο K από τα δέντρα του Μάρτυρα.

### 3.5.2 Ποικιλία Gala

**Πίνακας 3.48** Εισροές θρεπτικών για την ποικιλία Gala στη μεταχείριση Μάρτυρας (σε kg ανά στρέμμα).

<b>ΤΥΠΟΣ ΛΙΠΑΝΣΗΣ</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>
15-5-20 (Βασική)	10,5	3,5	14	-
15,5-0-0+26,5Ca (Υδρολίπανση)	4,65	-	-	7,95
CaCl <sub>2</sub> (Διαφυλλικά)	-	-	-	0,25
<b>Συνολικά</b>	<b>15,15</b>	<b>3,5</b>	<b>14</b>	<b>8,2</b>

Στον Πίν. 3.48 καταγράφονται οι συνολικές εισροές θρεπτικών για τη μεταχείριση Μάρτυρας στα δέντρα της ποικιλίας Gala. Η εφαρμογή αζώτου (N) έγινε σε δόσεις (συγκεκριμένα τέσσερεις) με τη μεγαλύτερη ποσότητα (περίπου τα 2/3) να εφαρμόζεται με τη βασική λίπανση και το υπόλοιπο 1/3 με τις τρεις εφαρμογές νιτρικού ασβεστίου (15,5-0-0+26,5CaO) με τη μορφή υδρολίπανσης. Η εφαρμογή του καλίου (K) και του φωσφόρου (P) έγινε άπαξ με την εφαρμογή πλήρους λιπάσματος στη βασική λίπανση. Το ασβέστιο (Ca) εφαρμόστηκε τόσο με υδρολίπανση με τη μορφή νιτρικού ασβεστίου (σε τρεις δόσεις) όσο και διαφυλλικά σε δύο δόσεις με τη μορφή χλωριούχου ασβεστίου (CaCl<sub>2</sub>).

**Πίνακας 3.49** Εισροές θρεπτικών για την ποικιλία Gala στη μεταχείριση Ορθολογική Λίπανση (σε kg ανά στρέμμα τα N, P, K, Ca και S, σε g ανά στρέμμα τα B και Zn).

	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>S</b>	<b>B</b>	<b>Zn</b>
0-0-52+45S	-	-	8,32	-	7,2	-	-

(Βασική)							
Σκεύασμα Β (Διαφυλλικά)	-	-	-	-	-	87,5	-
Σκεύασμα Ζη (Διαφυλλικά)	-	-	-	-	-	-	408
12-61-0 (Διαφυλλικά + Υδρολίπανση)	0,12 + 0,5	0,61 + 2,56	-	-	-	-	-
15,5-0-0+26,5Ca (Υδρολίπανση)	4,65	-	-	7,95	-	-	-
Σκεύασμα Ca (Διαφυλλικά)	-	-	-	0,25	-	-	-
13-0-46 (Υδρολίπανση)	1	-	3,4	-	-	-	-
CaCl <sub>2</sub> (Διαφυλλικά)	-	-	-	0,07	-	-	-
46-0-0 (Διαφυλλικά)	0,92	-	-	-	-	-	-
<b>Συνολικά</b>	<b>7,2</b>	<b>3,17</b>	<b>11,72</b>	<b>8,27</b>	<b>7,2</b>	<b>87,5</b>	<b>408</b>

Στον Πίν. 3.49 καταγράφονται οι συνολικές εισροές θρεπτικών για τη μεταχείριση Ορθολογική Λίπανση στα δέντρα της ποικιλίας Gala. Η εφαρμογή του αζώτου (N) έγινε σε επτά δόσεις, συγκεκριμένα στην έναρξη της ανθοφορίας με φωσφορικό μονοαμμώνιο (12-61-0) διαφυλλικά, στη συνέχεια με φωσφορικό μονοαμμώνιο με υδρολίπανση στην πτώση πετάλων, τρεις εφαρμογές νιτρικού ασβεστίου (15,5-0-0+26,5CaO) με υδρολίπανση μέχρι μέσα Ιουνίου, μία εφαρμογή νιτρικού καλίου (13-0-46) με υδρολίπανση στα μέσα Ιουλίου

και εφαρμογή ουρίας (46-0-0) και φωσφορικού μονοαμμώνιου (συνδυαστικά) μετασυλλεκτικά. Ο φώσφορος (P) εφαρμόστηκε σε τρεις δόσεις, στην ανθοφορία και μετασυλλεκτικά διαφυλλικά με φωσφορικό μονοαμμώνιο και στην πτώση πετάλων με φωσφορικό μονοαμμώνιο με υδρολίπανση. Το κάλιο (K) εφαρμόστηκε σε δύο δόσεις, μία με θειικό κάλιο (0-0-52+45S) σαν βασική λίπανση και μία με νιτρικό κάλιο με υδρολίπανση στα μέσα Ιουλίου. Το ασβέστιο (Ca) εφαρμόστηκε σε οκτώ δόσεις, συγκεκριμένα τρεις φορές με υδρολίπανση νιτρικού ασβεστίου, τέσσερις φορές με διαφυλλική εφαρμογή σκευάσματος Ca από το στάδιο μικρού καρπιδίου και μία φορά με χλωριούχο ασβέστιο (CaCl<sub>2</sub>) ένα μήνα πριν τη συγκομιδή. Το θείο (S) εφαρμόστηκε με τη βασική λίπανση θειικού καλίου. Το βόριο (B) και ο ψευδάργυρος (Zn) εφαρμόστηκαν σε δύο δόσεις, την πρώτη διαφυλλικά στην έναρξη της άνθισης συνδυαστικά με το φωσφορικό μονοαμμώνιο και τη δεύτερη διαφυλλικά σε συνδυασμό με την ουρία και το φωσφορικό μονοαμμώνιο.

**Πίνακας 3.50** Συνολικές ποσότητες και ποσοστιαία μεταβολή των κύριων θρεπτικών στοιχείων άζωτο (N), φώσφορος (P) και κάλιο (K) μεταξύ της Ορθολογικής Λίπανσης και του Μάρτυρα για την ποικιλία Gala.

<b>Θρεπτικό Στοιχείο</b>	<b>Μάρτυρας</b>	<b>Ορθολογική Λίπανση</b>	<b>Μεταβολή (%)</b>
N (σε kg ανά στρέμμα)	15,15	7,2	-53
P (σε kg ανά στρέμμα)	3,5	3,17	-9
K (σε kg ανά στρέμμα)	14	11,72	-16

Στον Πίν. 3.50 καταγράφονται οι συνολικές ποσότητες θρεπτικών και η ποσοστιαία μεταβολή στην ποσότητα του αζώτου (N), του φωσφόρου (P) και του καλίου (K) μεταξύ του Μάρτυρα και της Ορθολογικής Λίπανσης στα δέντρα της ποικιλίας Gala. Στην Ορθολογική Λίπανση εφαρμόστηκε 53% λιγότερο N σε σχέση με τον Μάρτυρα. Ακόμη, ο P που εφαρμόστηκε στην Ορθολογική Λίπανση ήταν 9% λιγότερος σε σχέση με τον Μάρτυρα. Τέλος, στα δέντρα της Ορθολογικής Λίπανσης εφαρμόστηκε 16% λιγότερο K από τα δέντρα του Μάρτυρα.

### 3.5.3 Ποικιλία Fuji

**Πίνακας 3.51** Εισροές θρεπτικών για την ποικιλία Fuji στη μεταχείριση Μάρτυρας (σε kg ανά στρέμμα).

<b>ΤΥΠΟΣ</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>

<b>ΛΙΠΑΝΣΗΣ</b>				
15-5-20 (Βασική)	13,5	4,5	18	-
15,5-0-0+26,5Ca (Υδρολίπανση)	4,65	-	-	7,95
CaCl <sub>2</sub> (Διαφυλλικά)	-	-	-	0,25
<b>Συνολικά</b>	<b>18,15</b>	<b>4,5</b>	<b>18</b>	<b>8,2</b>

Στον Πίν. 3.51 καταγράφονται οι συνολικές εισροές θρεπτικών για τη μεταχείριση Μάρτυρας στα δέντρα της ποικιλίας Fuji. Η εφαρμογή αζώτου (N) έγινε σε δόσεις (συγκεκριμένα τέσσερεις) με τη μεγαλύτερη ποσότητα (περίπου τα 2/3) να εφαρμόζεται με τη βασική λίπανση και το υπόλοιπο 1/3 με τις τρεις εφαρμογές νιτρικού ασβεστίου (15,5-0-0+26,5CaO) με τη μορφή υδρολίπανσης. Η εφαρμογή του καλίου (K) και του φωσφόρου (P) έγινε άπαξ με την εφαρμογή πλήρους λιπάσματος στη βασική λίπανση. Το ασβέστιο (Ca) εφαρμόστηκε τόσο με υδρολίπανση με τη μορφή νιτρικού ασβεστίου (σε τρεις δόσεις) όσο και διαφυλλικά σε δύο δόσεις με τη μορφή χλωριούχου ασβεστίου (CaCl<sub>2</sub>).

**Πίνακας 3.52** Εισροές θρεπτικών για την ποικιλία Fuji στη μεταχείριση Ορθολογική Λίπανση (σε kg ανά στρέμμα τα N, P, K, Ca και S, σε g ανά στρέμμα τα B και Zn).

	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>S</b>	<b>B</b>	<b>Zn</b>
0-0-52+45S (Βασική)	-	-	8,32	-	7,2	-	-
Σκεύασμα B (Διαφυλλικά)	-	-	-	-	-	87,5	-
Σκεύασμα Zn (Διαφυλλικά)	-	-	-	-	-	-	408
12-61-0	0,12 +	0,61 +	-	-	-	-	-

(Διαφυλλικά + Υδρολίπανση)	0,5	2,56					
15,5-0-0+26,5Ca (Υδρολίπανση)	4,65	-	-	7,95	-	-	-
Σκεύασμα Ca (Διαφυλλικά)	-	-	-	0,25	-	-	-
13-0-46 (Υδρολίπανση)	1	-	3,4	-	-	-	-
CaCl <sub>2</sub> (Διαφυλλικά)	-	-	-	0,14	-	-	-
46-0-0 (Διαφυλλικά)	0,92	-	-	-	-	-	-
<b>Συνολικά</b>	<b>7,2</b>	<b>3,17</b>	<b>11,72</b>	<b>8,34</b>	<b>7,2</b>	<b>87,5</b>	<b>408</b>

Στον Πίν. 3.52 καταγράφονται οι συνολικές εισροές θρεπτικών για τη μεταχείριση Ορθολογική Λίπανση στα δέντρα της ποικιλίας Fuji. Η εφαρμογή του αζώτου (N) έγινε σε επτά δόσεις, συγκεκριμένα στην έναρξη της ανθοφορίας με φωσφορικό μονοαμμώνιο (12-61-0) διαφυλλικά, στη συνέχεια με φωσφορικό μονοαμμώνιο με υδρολίπανση στην πτώση πετάλων, τρεις εφαρμογές νιτρικού ασβεστίου (15,5-0-0+26,5CaO) με υδρολίπανση μέχρι μέσα Ιουνίου, μία εφαρμογή νιτρικού καλίου (13-0-46) με υδρολίπανση στα μέσα Ιουλίου και εφαρμογή ουρίας (46-0-0) και φωσφορικού μονοαμμώνιου (συνδυαστικά) μετασυλλεκτικά. Ο φώσφορος (P) εφαρμόστηκε σε τρεις δόσεις, στην ανθοφορία και μετασυλλεκτικά διαφυλλικά με φωσφορικό μονοαμμώνιο και στην πτώση πετάλων με φωσφορικό μονοαμμώνιο με υδρολίπανση. Το κάλιο (K) εφαρμόστηκε σε δύο δόσεις, μία με θειικό κάλιο (0-0-52+45S) σαν βασική λίπανση και μία με νιτρικό κάλιο με υδρολίπανση στα μέσα Ιουλίου. Το ασβέστιο (Ca) εφαρμόστηκε σε εννιά δόσεις, συγκεκριμένα τρεις φορές με υδρολίπανση νιτρικού ασβεστίου, τέσσερις φορές με διαφυλλική εφαρμογή σκευάσματος Ca από το στάδιο μικρού καρπιδίου και δύο φορές με χλωριούχο ασβέστιο (CaCl<sub>2</sub>) κοντά στη συγκομιδή. Το θείο (S) εφαρμόστηκε με τη βασική λίπανση θειικού

καλίου. Το βόριο (B) και ο ψευδάργυρος (Zn) εφαρμόστηκαν σε δύο δόσεις, την πρώτη διαφυλλικά στην έναρξη της άνθισης συνδυαστικά με το φωσφορικό μονοαμμώνιο διαφυλλικά και τη δεύτερη διαφυλλικά σε συνδυασμό με την ουρία και το φωσφορικό μονοαμμώνιο.

**Πίνακας 3.53** Συνολική ποσότητα και ποσοστιαία μεταβολή των κύριων θρεπτικών στοιχείων άζωτο (N), φώσφορος (P) και κάλιο (K) μεταξύ της Ορθολογικής Λίπανσης και του Μάρτυρα για την ποικιλία Fuji.

<b>Θρεπτικό Στοιχείο</b>	<b>Μάρτυρας</b>	<b>Ορθολογική Λίπανση</b>	<b>Μεταβολή (%)</b>
N (σε kg ανά στρέμμα)	18,15	7,2	-60
P (σε kg ανά στρέμμα)	4,5	3,17	-30
K (σε kg ανά στρέμμα)	18	11,72	-35

Στον Πιν. 3.53 καταγράφεται η συνολική ποσότητα εισροών θρεπτικών και η ποσοστιαία μεταβολή στην ποσότητα του αζώτου (N), του φωσφόρου (P) και του καλίου (K) μεταξύ του Μάρτυρα και της Ορθολογικής Λίπανσης στα δέντρα της ποικιλίας Fuji. Στην Ορθολογική Λίπανση εφαρμόστηκε 60% λιγότερο N σε σχέση με τον Μάρτυρα. Ακόμη, ο P που εφαρμόστηκε στην Ορθολογική Λίπανση ήταν 30% λιγότερος σε σχέση με τον Μάρτυρα. Τέλος, στα δέντρα της Ορθολογικής Λίπανσης εφαρμόστηκε 35% λιγότερο K από τα δέντρα του Μάρτυρα.

### 3.6 ΚΟΣΤΟΣ ΛΙΠΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΜΑΡΤΥΡΑ ΚΑΙ ΤΗΣ ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΗΣ ΛΙΠΑΝΣΗΣ

**Πίνακας 3.54** Ενδεικτικό κόστος λίπανσης για τη μεταχείριση Μάρτυρας στις ποικιλίες Scarlett, Gala και Fuji (οι τιμές είναι σε ευρώ ανά στρέμμα).

<b>Τύπος λιπάσματος (συσκευασία)</b>	<b>Scarlett</b>	<b>Gala</b>	<b>Fuji</b>
15-5-20 (Σάκος 25 kg)	52,92 (70 kg)	52,92 (70 kg)	68,04 (90 kg)
15,5-0-0+26,5CaO	16,20	16,20	16,20

(Σάκος 25 kg)	(30 kg)	(30 kg)	(30 kg)
CaCl <sub>2</sub>	0,64	0,64	0,64
(Σάκος 25 kg)	(800 g)	(800 g)	(800 g)
<b>Συνολικά</b>	<b>69,76</b>	<b>69,76</b>	<b>84,88</b>

Στον Πιν. 3.54 καταγράφεται το κόστος λίπανσης ανά στρέμμα για τη μεταχείριση Μάρτυρας για τις ποικιλίες Scarlett, Gala και Fuji. Συγκεκριμένα, για τις ποικιλίες Scarlett και Gala το κόστος της βασικής λίπανσης ανήλθε στα 52,92 ευρώ ανά στρέμμα, το κόστος του νιτρικού ασβεστίου ήταν 16,20 ευρώ ανά στρέμμα και του χλωριούχου ασβεστίου 0,64 ευρώ ανά στρέμμα. Στην ποικιλία Fuji το κόστος της βασικής λίπανσης ήταν 68,04 ευρώ ανά στρέμμα, ενώ το κόστος ανά στρέμμα των νιτρικού και χλωριούχου ασβεστίου ήταν ίδιο με τις ποικιλίες Scarlet και Gala.

**Πίνακας 3.55** Ενδεικτικό κόστος λίπανσης για τη μεταχείριση Ορθολογική Λίπανση στις ποικιλίες Scarlett, Gala και Fuji (οι τιμές είναι σε ευρώ ανά στρέμμα).

<b>Τύπος λιπάσματος (συσκευασία)</b>	<b>Scarlett</b>	<b>Gala</b>	<b>Fuji</b>
0-0-52+45S (Σάκος 40 kg)	12,8 (16 kg)	12,8 (16 kg)	12,8 (16 kg)
Σκεύασμα Β (Φιάλη 1 L)	3,15 (350 mL)	3,15 (350 mL)	3,15 (350 mL)
Σκεύασμα Zn (Φιάλη 1 L)	5,60 (350 mL)	5,60 (350 mL)	5,60 (350 mL)
12-61-0 (Σάκος 25 kg)	7,28 (5,2 kg)	7,28 (5,2 kg)	7,28 (5,2 kg)
15,5-0-0+26,5CaO	16,20	16,20	16,20

(Σάκος 25 kg)	(30 kg)	(30 kg)	(30 kg)
Σκεύασμα Ca (20% w/v CaO)  (Φιάλη 1 L)	10  (1,25 L)	10  (1,25 L)	10  (1,25 L)
13-0-46  (Σάκος 25 kg)	9,77  (7,4 kg)	9,77  (7,4 kg)	9,77  (7,4 kg)
CaCl <sub>2</sub>  (Σάκος 25 kg)	0,32  (400 g)	0,16  (400 g)	0,32  (400 g)
46-0-0  (Σάκος 40 kg)	1,05  (2 kg)	1,05  (2 kg)	1,05  (2 kg)
<b>Συνολικά</b>	<b>66,17</b>	<b>66,01</b>	<b>66,17</b>

Στον Πιν. 3.55 καταγράφεται το κόστος λίπανσης ανά στρέμμα για τη μεταχείριση Ορθολογική Λίπανση για τις ποικιλίες Scarlett, Gala και Fuji. Συγκεκριμένα, και για τις τρεις ποικιλίες το κόστος του θεικού καλίου ανήλθε στα 12,8 ευρώ ανά στρέμμα, το κόστος του σκευάσματος βορίου στα 3,15 ευρώ ανά στρέμμα, του σκευάσματος ψευδαργύρου στα 5,60 ευρώ ανά στρέμμα, του φωσφορικού μονοαμμώνιου στα 7,28 ευρώ ανά στρέμμα, του νιτρικού ασβεστίου στα 16,20 ευρώ ανά στρέμμα, του σκευάσματος ασβεστίου στα 10 ευρώ ανά στρέμμα, του νιτρικού καλίου στα 9,77 ευρώ ανά στρέμμα και της ουρίας στα 1,05 ευρώ ανά στρέμμα. Η μόνη διαφορά εντοπίστηκε στο χλωριούχο ασβέστιο, το κόστος του οποίου στις ποικιλίες Scarlett και Fuji ήταν 0,32 ευρώ ανά στρέμμα και στην ποικιλία Gala ήταν 0,16 ευρώ ανά στρέμμα.



#### 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Το έδαφος της περιοχής μελέτης χαρακτηρίζεται ως πολύ καλό με παραλλακτικότητα κατά θέσεις. Αν το έδαφος είναι χαμηλό σε ασβέστιο, ο συνδυασμός υψηλού μαγνησίου και χαμηλού ασβεστίου μπορεί να έχει αρνητικές συνέπειες στην ποιότητα και συντηρησιμότητα του καρπού. Το εδαφικό μαγγάνιο είναι σε ανεπάρκεια αλλά δεν αναμένεται να έχει κάποιο αρνητικό αποτέλεσμα στην καλλιέργεια. Για τον εδαφικό φώσφορο πρέπει να μελετηθεί η βελτίωση της θρέψης P του φυτού με στοχευμένους διαφυλλικούς ψεκασμούς ή προϊόντα και με υδρολίπανση.

Η ορθολογική λίπανση φαίνεται να βοήθησε μερικώς στην καλύτερη θρέψη των δέντρων, αλλά σε γενικές γραμμές η θρέψη των δέντρων ήταν πολύ καλή. Ιδιαίτερη σημασία πρέπει να δοθεί στην (πιθανόν) περαιτέρω μείωση της αζωτούχου λίπανσης και στη βελτιστοποίηση της θρέψης με ασβέστιο.

Η φυλλοδιαγνωστική ανάλυση έδειξε ότι η καλιούχος θρέψη των δέντρων της ορθολογικής λίπανσης ήταν καλύτερη σε σχέση με το μάρτυρα στις ποικιλίες Gala και Fuji, παρά την εφαρμογή 16% και 35% λιγότερου καλίου, αντίστοιχα. Μια πιθανή εξήγηση για αυτό είναι ότι η εφαρμογή του καλίου στην ορθολογική λίπανση έγινε σε δύο δόσεις σε αντίθεση με μία στον μάρτυρα. Κάτι ακόμη που πιθανώς πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι ότι η δεύτερη εφαρμογή καλίου έγινε με υδρολίπανση, που αυξάνει την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής. Ακόμη, στην ποικιλία Scarlett βρέθηκαν υψηλότερες τιμές καλίου σε σχέση με τις άλλες δύο ποικιλίες, τόσο στην Ορθολογική λίπανση όσο και στον Μάρτυρα. Λαμβάνοντας υπόψη ότι τα δέντρα της ποικιλίας Scarlett είναι εμβολιασμένα σε υποκείμενο MM106, δηλαδή ζωηρότερο υποκείμενο από το EM9 στο οποίο είναι εμβολιασμένα τα δέντρα των άλλων δύο ποικιλιών, φαίνεται ότι υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ της ζωηρότητας του υποκειμένου και της πρόσληψης καλίου. Αυτό είναι κάτι που σημείωσαν και οι Fallahi et al. (2013). Από τα ανωτέρω είναι προφανές ότι ανάλογα το υποκείμενο και την αναμενόμενη παραγωγή πρέπει και να τροποποιείται η καλιούχος λίπανση. Σίγουρα πάντως η εφαρμογή του καλίου τοπικά και κύρια στην αρδευόμενη περιοχή θα βοηθήσει στην αύξηση της αποτελεσματικότητας χρήσης του K από τα φυτά.

Μια ακόμη παρατήρηση άξια αναφοράς είναι ότι στην ορθολογική λίπανση αυξήθηκε η συγκέντρωση μαγνησίου στα φύλλα των δέντρων όλων των ποικιλιών και των δύο μεταχειρίσεων, παρόλο που δεν εφαρμόστηκε μαγγάνιο. Σύμφωνα με τον Stiles (2004b) το εδαφικό pH παίζει το σημαντικότερο ρόλο στην πρόσληψη του μαγνησίου σε συνδυασμό με τη μηχανική σύσταση. Συγκεκριμένα, μειώνεται η πρόσληψη σε αλκαλικά pH και σε εδάφη

επιρρεπή στην έκπλυση, δηλαδή σε εδάφη με χονδρόκοκκη σύσταση (Hoying et al. 2004). Επιπλέον, σύμφωνα με τον Σωτηρόπουλο (2014β), η υψηλή εδαφική υγρασία σε συνδυασμό με την ύπαρξη υψηλής οργανικής ουσίας διευκολύνουν ακόμη περισσότερο την πρόσληψη του μαγγανίου. Συνεπώς, επειδή οι καιρικές συνθήκες που επικρατούσαν στον μηλεώνα ήταν ξηροθερμικές, ήτοι υψηλές θερμοκρασίες και σχεδόν μηδενικές βροχοπτώσεις κατά τη βλαστική περίοδο, σε συνδυασμό με το σχετικά ελαφρύ έδαφος και τη μέτρια οργανική ουσία, είναι πιθανό να υπήρξε μια μείωση του εδαφικού pH επί της γραμμής λόγω της λιπαντικής αγωγής, με αποτέλεσμα να βελτιωθεί η πρόσληψη του μαγγανίου χωρίς να υπάρξει έξτρα χορήγησή του.

Σε ότι αφορά στην ποικιλία Scarlett, τα δέντρα στην Ορθολογική Λίπανση ήταν πιο καταπονημένα από αυτά του Μάρτυρα στις 14 Αυγούστου. Αυτό φαίνεται να επηρέασε τη λειτουργία των φύλλων των εν λόγω δέντρων. Πιο συγκεκριμένα, ο Δείκτης Υδατικής Καταπόνησης Καλλιέργειας (ΔΥΚΚ) ήταν υψηλότερος σε αυτά (στο κάτω μέρος της κόμης), ενώ και το Υδατικό Δυναμικό Βλαστού ήταν χαμηλότερο. Ακόμη, το μικρότερο ποσοστό % Ξηράς Ουσίας (ΞΟ) και το χαμηλότερο Ειδικό Βάρος Φύλλου (ΕΒΦ) δείχνουν τη χειρότερη λειτουργία των φύλλων. Αντίθετα με ότι πιθανώς θα περίμενε κανείς λόγω των ανωτέρω, ο λόγος Fv/Fm ήταν οριακά υψηλότερος στα δέντρα της ορθολογικής λίπανσης, ενώ και η θερμοκρασία κόμης ήταν παρόμοια στις δύο μεταχειρίσεις. Κάτι ακόμη άξιο αναφοράς είναι η καλύτερη υδατική κατάσταση στην οποία βρίσκονταν τα φύλλα της Ορθολογικής Λίπανσης όπως φαίνεται από τις αντίστοιχες παραμέτρους (ΣΠΝ, ΕΚΝ, ΕΝΥΔ). Επιπλέον, τα δέντρα στην Ορθολογική Λίπανση είχαν λιγότερη χλωροφύλλη ανά μονάδα φυλλικής επιφάνειας, κάτι που πιθανότατα οφείλεται στη μειωμένη κατά 53%, σε σχέση με τον Μάρτυρα, εφαρμογή αζώτου.

Παράλληλα στην ποικ. Scarlett, η χλωροφύλλη b ανά μονάδα ΞΟ ήταν χαμηλότερη στα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης σε σχέση με τα φύλλα του μάρτυρα, με το λόγο  $chl\alpha/chl\beta$  να είναι υψηλότερος. Αυτό δείχνει καλύτερο φωτισμό της κόμης – λιγότερη σκίαση. Αντίθετα, η χαμηλότερη θερμοκρασία σκιαζόμενου εδάφους με ζιζάνια στα δέντρα της Ορθολογικής Λίπανσης δείχνει ότι αυτά φαίνεται να είχαν «πυκνότερη» κόμη από αυτά του μάρτυρα. Μια ακόμη «παράδοξη» παρατήρηση έχει να κάνει με τα καρτενοειδή στα ανωτέρω δέντρα τον Αύγουστο. Η συγκέντρωση των καρτενοειδών ανά μονάδα ΞΟ στην ορθολογική λίπανση αυξήθηκε σε σχέση με τον Μάρτυρα, ενώ τα καρτενοειδή ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου μειώθηκαν σε σχέση με τον Μάρτυρα. Η αύξηση των καρτενοειδών οφείλεται στη μειωμένη ξηρά ουσία που συσσωρεύτηκε στα φύλλα της ορθολογικής λίπανσης. Και από εδώ αποδεικνύεται η σημασία της έκφρασης των αποτελεσμάτων της

συγκέντρωσης οργανικών ουσιών με διάφορες μεθόδους για να κατανοηθεί τελικά το αποτέλεσμα και να μην οδηγηθούμε σε λάθος συμπεράσματα.

Από τα ανωτέρω εξάγεται ότι τα φυτά Ορθολογικής Λίπανσης της ποικ. Scarlett ήταν πιο καταπονημένα από τα φυτά του Μάρτυρα και τα φύλλα τους λειτουργούσαν χειρότερα, παρόλο που ήταν σε καλύτερη υδατική κατάσταση. Τα αρνητικά αυτά σημεία στην Ορθολογική Λίπανση που βρέθηκαν τον Αύγουστο φαίνεται να αναιρέθηκαν τον Οκτώβριο, μετά τη συγκομιδή των καρπών. Έτσι, αυξήθηκε η ολική χλωροφύλλη, κυρίως λόγω της αύξησης της χλωροφύλλης b (πιθανώς λόγω αυξημένης σκίασης), ενώ βελτιώθηκε η υδατική κατάσταση των φύλλων, καθώς μειώθηκε το Έλλειμμα Κορεσμού Νερού (ΕΚΝ). Ακόμη, φαίνεται ότι ξεκίνησε η μεταφορά ΞΟ από τα φύλλα προς το δέντρο, κατ' επέκταση η γήρανση των φύλλων, καθώς στα φύλλα του Μάρτυρα παρατηρήθηκε μείωση της ΞΟ. Παράλληλα, παρατηρήθηκε γενικά αύξηση της θερμοκρασίας κόμης, όπως επίσης και του ΔΥΚΚ, ενώ το ΥΔΒ μειώθηκε όπως και ο λόγος Fv/Fm, κάτι που δείχνει αύξηση της καταπόνησης, τη στιγμή που οι θερμοκρασίες εδάφους μειώθηκαν. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από την ξηρασία που επικράτησε στην περιοχή, καθώς από τις αρχές Σεπτεμβρίου η βροχόπτωση ήταν 0 mm, ενώ και οι μέγιστες θερμοκρασίες παρέμειναν σε υψηλά επίπεδα, κάτι που επέτεινε την καταπόνηση του Αυγούστου.

Επιπλέον, μια παραλλακτικότητα φαίνεται ότι υπάρχει και επί της κόμης των δέντρων της ποικ. Scarlett. Συγκεκριμένα, στο πάνω μέρος της κόμης η θερμοκρασία ήταν υψηλότερη από το κάτω, κάτι που καταγράφηκε μόνο τον Αύγουστο, καθώς τον Οκτώβριο δεν βρέθηκε διαφορά. «Αντίστροφα» ήταν τα πράγματα σε ότι έχει να κάνει με τους καρπούς. Στο πάνω μέρος της κόμης οι καρποί είχαν χαμηλότερη θερμοκρασία από το κάτω, παρότι προφανώς οι καρποί στο πάνω μέρος της κόμης δέχονταν περισσότερο φως. Τον Αύγουστο ήταν λογικό να έχει υψηλότερη θερμοκρασία η κόμη στο πάνω μέρος, καθώς δέχεται περισσότερο φως. Αυτό αν οδήγησε σε αυξημένη διαπνοή και οι καρποί ήταν μερικώς σκιαζόμενοι από φύλλα και συγχρόνως διέπνεαν αποτελεσματικά, τότε μπορεί να εξηγηθεί η χαμηλότερη θερμοκρασία τους. Αντίθετα, δεν εξηγείται η υψηλότερη θερμοκρασία καρπού στο κατώτερο μέρος της κόμης σε σχέση με τη θερμοκρασία καρπού στο πάνω μέρος της κόμης.

Συνεχίζοντας στους καρπούς της ποικ. Scarlett, αυτοί της Ορθολογικής Λίπανσης είχαν γενικά ανώτερα ποιοτικά χαρακτηριστικά από αυτούς του Μάρτυρα. Συγκεκριμένα, ήταν σκληρότεροι, είχαν καλύτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, ενώ το χρώμα φλοιού και η ωριμότητα ήταν παρόμοια με τους καρπούς του Μάρτυρα. Ακόμη, στα δέντρα της Ορθολογικής Λίπανσης ήταν ελαφρά μειωμένος ο αριθμός των καρπών και μειώθηκε

σημαντικά η παραγωγή καρπών ανά δέντρο σε σχέση με τα δέντρα του Μάρτυρα. Παράλληλα, η μάζα των καρπών στην Ορθολογική Λίπανση ήταν μεγαλύτερη σε σχέση με τους καρπούς του Μάρτυρα. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στον μικρότερο αριθμό των καρπών των δέντρων της Ορθολογικής Λίπανσης, αφού λόγω καταπόνησης η λειτουργία των φύλλων αλλά και της κόμης εν γένει έπρεπε να είναι χειρότερη σε σχέση με τον Μάρτυρα, κάτι που πιθανόν να επηρέαζε αρνητικά την ανάπτυξη του καρπού, αν ο αριθμός καρπών των δύο μεταχειρίσεων ήταν παρόμοιος. Αναφέρεται η λέξη 'πιθανόν, καθώς οι 'καταναλωτές' των παραγόμενων φωτοσυνθετικών προϊόντων στο δέντρο είναι οι καρποί και η βλάστηση. Αν η βλάστηση (και λόγω μειωμένης αζωτούχου λίπανσης) ήταν μικρότερη, τότε μπορεί περισσότεροι υδατάνθρακες να ήταν διαθέσιμοι για την ανάπτυξη των καρπών.

Στην ποικιλία Gala, τον Αύγουστο δεν φάνηκε κάποια καταπόνηση των φυτών της Ορθολογικής Λίπανσης σε σχέση με αυτά του Μάρτυρα, καθώς το ΥΔΒ ήταν παρόμοιο, ο λόγος Fv/Fm μεγαλύτερος στην Ορθολογική, η θερμοκρασία κόμης χαμηλότερη όπως και ο ΔΥΚΚ, ενώ η θερμοκρασία εδάφους ήταν χαμηλότερη. Τον Οκτώβριο η εικόνα άλλαξε ως προς το ΥΔΒ και τον ΔΥΚΚ, σύμφωνα με τα οποία τα δέντρα της Ορθολογικής Λίπανσης ήταν πιο καταπονημένα. Σε ότι αφορά στη λειτουργία των φύλλων, ενώ τον Αύγουστο τα φύλλα της Ορθολογικής Λίπανσης και του Μάρτυρα είχαν παρόμοια χλωροφύλλη (μόνες εξαιρέσεις η υψηλότερη χλφ b ανά μονάδα ΞΟ και η χαμηλότερη χλφ a ανά μονάδα φυλλικής επιφάνειας για την Ορθολογική), τον Οκτώβριο η χλωροφύλλη ήταν γενικά λιγότερη στα φύλλα των δέντρων της Ορθολογικής Λίπανσης, μια πιθανή απόρροια της μειωμένης κατά 53% αζωτούχου λίπανσης σε σχέση με τον Μάρτυρα. Τα ανωτέρω μπορεί να σημαίνουν και καλύτερη λειτουργία των φύλλων τον Αύγουστο λόγω της παρουσίας των ισχυρών 'καταναλωτών', δηλαδή των μήλων σε αυτή την πρώιμης ωρίμανσης ποικιλία. Με την απομάκρυνση των καρπών (εμπορική συγκομιδή) στα τέλη Αυγούστου τα φύλλα της Ορθολογικής Λίπανσης προχώρησαν στον γηρασμό πιο γρήγορα από τα φύλλα του μάρτυρα. Διαφορές στα καροτενοειδή μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων δεν φάνηκαν, ενώ τον Οκτώβριο αυτά μειώθηκαν σε σχέση με τον Αύγουστο (ανά μονάδα ΞΟ) πιθανόν λόγω μείωσης της θερμικής καταπόνησης κατά το θέρος.

Παράλληλα, από πλευράς υδατικής κατάστασης, τον Αύγουστο τα φύλλα των δέντρων ποικ. Gala της Ορθολογικής Λίπανσης ήταν σε παρόμοια κατάσταση με αυτών του Μάρτυρα, όμως τον Οκτώβριο η υδατική κατάσταση των φύλλων της Ορθολογικής Λίπανσης ήταν καλύτερη σε σχέση με τα φύλλα του Μάρτυρα και παρόμοια με τον Αύγουστο, με την ενυδάτωση φύλλου στην Ορθολογική να αυξάνεται τον Οκτώβριο. Ακόμη, το ποσοστό %

ΞΟ των φύλλων ήταν παρόμοιο στις δύο μεταχειρίσεις και αυξήθηκε τον Οκτώβριο σε σχέση με τον Αύγουστο, όπως και το ΕΒΦ, το οποίο όμως τον Οκτώβριο ήταν υψηλότερο στα φύλλα της Ορθολογικής Λίπανσης. Σε συνδυασμό, δε, με τη γενικά μειωμένη χλωροφύλλη τον Οκτώβριο σε σχέση με τον Αύγουστο (πιθανώς λόγω γήρανσης των φύλλων), όπως και με τα λιγότερα καροτενοειδή (πιθανώς λόγω μείωσης της καταπόνησης), φαίνεται ότι τα φύλλα δεν μετέφεραν αρκετή ΞΟ προς το δέντρο μέχρι τον Οκτώβριο, παρότι μέρος του Ν των χλωροφυλλών είχε ήδη απομακρυνθεί προς τους αποθηκευτικούς ιστούς του δέντρου.

Δεν μετρήθηκαν σημαντικές διαφορές στην καταπόνηση μεταξύ του πάνω και του κάτω μέρους της κόμης στην ποικ. Gala, όπως και στη θερμοκρασία μεταξύ των δύο. Η θερμοκρασία καρπού του Μάρτυρα βρέθηκε χαμηλότερη στο πάνω μέρος σε σχέση με το κάτω, με την Ορθολογική Λίπανση να μην εμφανίζει τέτοια διαφορά. Αυτό ήταν κάτι μη αναμενόμενο, καθώς κανείς θα περίμενε λόγω σκίασης στο κάτω μέρος να είναι υψηλότερη η θερμοκρασία καρπού. Θα πρέπει να διερευνηθεί ο ρόλος που πιθανόν να έπαιξαν τα αντιχαλαζικά δίκτυα σε αυτό.

Περνώντας στους καρπούς ποικ. Gala, η Ορθολογική Λίπανση είχε παρόμοιο αριθμό καρπών σε σχέση με τον Μάρτυρα, με μικρότερη όμως παραγωγή ανά δέντρο, παρότι δεν βρέθηκε σημαντική διαφορά στη μάζα των καρπών μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων. Ακόμη, οι καρποί της Ορθολογικής Λίπανσης ήταν πιο δροσεροί από αυτούς του Μάρτυρα στο κάτω μέρος της κόμης. Φαίνεται ότι γενικά οι καρποί της Ορθολογικής Λίπανσης υπερτερούσαν σε ποιοτικά χαρακτηριστικά από αυτούς του Μάρτυρα, καθώς είχαν καλύτερο χρώμα φλοιού, ήταν πιο σκληροί και με υψηλότερο ποσοστό % ΞΟ περικαρπίου, αν και γενικώς οι καρποί και των δύο μεταχειρίσεων ήταν χαμηλής οργανοληπτικής ποιότητας.

Η μεγάλη διαφορά στη λήψη μετρήσεων της ποικιλίας Fuji σε σχέση με τις άλλες δύο ποικιλίες ήταν ότι οι καρποί συλλέχθηκαν μετά από τις μετρήσεις φυτού και φύλλων του Οκτωβρίου. Πιο αναλυτικά, τον Οκτώβριο η θερμοκρασία κόμης μειώθηκε, ο λόγος Fv/Fm αυξήθηκε και το ΥΔΒ παρέμεινε σταθερό σε σχέση με τον Αύγουστο, όμως ο ΔΥΚΚ αυξήθηκε. Σε συνδυασμό δε με τη χειρότερη υδατική κατάσταση των φύλλων τον Οκτώβριο, λόγω μειωμένου ΣΠΝ και αυξημένου ΕΚΝ σε σχέση με τον Αύγουστο, και τα υψηλότερα καροτενοειδή φαίνεται να υπάρχει καταπόνηση στα δέντρα. Που όμως οφείλεται αυτή η καταπόνηση; Προφανώς, στην παρατεταμένη ανομβρία και διατήρηση υψηλών σχετικά θερμοκρασιών μέχρι και την περίοδο των μετρήσεων αγρού και εργαστηρίου στο φυτό και φύλλα. Η ΞΟ και το ΕΒΦ των φύλλων δεν μεταβλήθηκε τον Οκτώβριο, όπως και η

συγκέντρωση χλωροφύλλης, κατά συνέπεια η γήρανση δεν φαίνεται να έχει προχωρήσει. Η ξηρασία και οι υψηλές μέγιστες θερμοκρασίες αέρα μέχρι τον Οκτώβριο, σε συνδυασμό με την πιθανή έλλειψη νερού μέσω πιο αραιής άρδευσης δημιουργούν τις συνθήκες για την καταπόνηση. Παρόλα αυτά όμως τα φύλλα συνέχισαν να λειτουργούν κανονικά μέσα στον Οκτώβριο, γιατί οι καρποί είναι ισχυροί 'καταναλωτές', σε αντίθεση με τις υπόλοιπες μελετηθείσες ποικιλίες, όπου οι καρποί είχαν απομακρυνθεί και τα φύλλα προχώρησαν περισσότερο προς τη γήρανση.

Τα δέντρα ποικ. Fuji που δέχθηκαν Ορθολογική Λίπανση ήταν λιγότερο καταπονημένα από τα δέντρα του Μάρτυρα τον Αύγουστο. Δεν υπήρχαν διαφορές μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων στη θερμοκρασία του εδάφους, όπως και στο ποσοστό % ΞΟ και στο ΕΒΦ των φύλλων. Ακόμη, παρόλο που τον Οκτώβριο δεν υπήρχε διαφορά μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων στη συγκέντρωση χλωροφύλλης, τον Αύγουστο η Ορθολογική Λίπανση είχε υψηλότερη συγκέντρωση χλωροφυλλών σε σχέση με τον Μάρτυρα, κάτι μη αναμενόμενο λόγω της μειωμένης κατά 60% αζωτούχου λίπανσης που εφαρμόστηκε σε αυτήν σε σχέση με τον Μάρτυρα. Σε ότι έχει να κάνει με τα καροτενοειδή, που είναι ένας δείκτης καταπόνησης, η Ορθολογική Λίπανση είχε υψηλότερη συγκέντρωση και στις δύο ημερομηνίες μετρήσεων. Αυτό τον Αύγουστο συνδυάστηκε και με χειρότερη υδατική κατάσταση των φύλλων, ακόμη μία ένδειξη καταπόνησης. Επομένως, παρότι τα φύλλα ποικ. Fuji τον Αύγουστο φαίνονταν από κάποιες μετρήσεις πιο καταπονημένα, η λειτουργία τους φαίνεται ότι δεν επηρεάστηκε. Ακόμη, κάποια παραλλακτικότητα παρατηρήθηκε εντός της κόμης των δέντρων. Συγκεκριμένα, η θερμοκρασία και η καταπόνηση της κόμης ήταν υψηλότερη στο πάνω μέρος σε σχέση με το κάτω. Επιπλέον, οι καρποί ήταν πιο ζεστοί στο πάνω μέρος της κόμης σε σχέση με το κάτω, κάτι που καταγράφηκε μόνο τον Οκτώβριο. Αυτές οι μετρήσεις είναι φυσιολογικές για την ποικ. Fuji, η οποία είναι πολύ έντονης βλαστικής ανάπτυξης και αναμένεται το κατώτερο μέρος αυτών των δέντρων να είναι το πιο σκιαζόμενο σε συνδυασμό με τα αντιχλαζικά δίχτυα.

Σε ότι αφορά στους καρπούς ποικ. Fuji, τα δέντρα της Ορθολογικής Λίπανσης είχαν ελαφρά μικρότερο αριθμό καρπών από αυτά του Μάρτυρα, με την παραγωγή καρπών να είναι παρόμοια μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων. Στην Ορθολογική Λίπανση οι καρποί ήταν πιο δροσεροί, μόνο όμως τον Οκτώβριο, σε σχέση με τους καρπούς του Μάρτυρα. Αυτό θα αναμενόταν να βελτιώσει το χρώμα των καρπών της Ορθολογικής Λίπανσης (ειδικά σε συνδυασμό με τα υψηλότερα καροτενοειδή των φύλλων), κάτι που δεν συνέβη, καθώς αυτοί είχαν λιγότερο επίχρωμα σε σχέση με αυτούς του Μάρτυρα. Παράλληλα, παρόλο που δεν υπήρχαν διαφορές στη σκληρότητα της σάρκας, στον δείκτη αμύλου και στο ποσοστό % ΞΟ

περικαρπίου, η οργανοληπτική ποιότητα των καρπών της Ορθολογικής Λίπανσης ήταν υποδεέστερη από αυτή των καρπών του Μάρτυρα. Η μάζα των καρπών της Ορθολογικής Λίπανσης ήταν μεγαλύτερη από αυτή του Μάρτυρα, κάτι που εξισορρόπησε τον μικρότερο αριθμό καρπών και επετεύχθη παρόμοια παραγωγή.

Το ΥΔΒ των δέντρων ποικ. Fuji το μεσημέρι είναι μία παράμετρος που δείχνει την καταπόνηση των φυτών. Θεωρείται από τους πιο αντιπροσωπευτικούς δείκτες της υδατικής κατάσταση-καταπόνησης του φυτού (Jones, 2004). Όμως, σε καταπονημένα φυτά η παραλλακτικότητα του είναι σημαντική σύμφωνα με τους Naor & Cohen (2003). Σύμφωνα με συγκεκριμένους ερευνητές, η ίδια η παραλλακτικότητα του ΥΔΒ μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν ένδειξη καταπόνησης. Ακόμη, το υδατικό δυναμικό βλαστού παρουσιάζει καλή συσχέτιση με τις αλλαγές στη διαθεσιμότητα της εδαφικής υγρασίας, ενώ παρόλο που υπάρχει μεταβολή του κατά τη διάρκεια της ημέρας, σταθεροποιείται δύο φορές, την αυγή και το μεσημέρι για περίπου δύο ώρες, οπότε και μπορούν να λάβουν χώρα οι μετρήσεις (Naor, 2000), χρονική περίοδος (μεσημέρι) που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις στο παρόν πείραμα. Όπως είναι λογικό, οι τιμές του ΥΔΒ το μεσημέρι επηρεάζονται από τη διαπνοή και από τις συνθήκες εξάτμισης (Doltra et al., 2007). Παράλληλα, τιμές του ΥΔΒ μικρότερες από  $-1,0$  MPa για αρκετές ημέρες πριν τη συγκομιδή μείωσαν σημαντικά την τελική παραγωγή, κάτι που εντάθηκε ακόμη περισσότερο με τιμές μικρότερες από  $-1,5$  MPa (Lopez et al., 2018, Naor, 2014), ενώ υπάρχει και σημαντική συσχέτιση με το μέγεθος των καρπών (Naor, 2000, Naor et al., 2008, Shackel et al., 1997). Επομένως, τουλάχιστον σε ότι αφορά στις ποικιλίες Scarlett και Gala φαίνεται ότι η έλλειψη ικανής ποσότητας αρδευτικού νερού, σε συνδυασμό με την ξηρασία της θερινής και φθινοπωρινής περιόδου, οδήγησαν στη μείωση του ΥΔΒ τον Οκτώβριο σε σχέση με τον Αύγουστο. Αντίθετα, στην ποικιλία Fuji το ΥΔΒ δεν μεταβλήθηκε, οπότε είναι βάσιμο να υποθέσουμε ότι αυτό συνέβη λόγω της άρδευσης των δέντρων μιας και δεν είχε γίνει η συγκομιδή των καρπών κατά τις μετρήσεις του Οκτωβρίου. Ακόμη, δεν φάνηκε να υπάρχει συσχέτιση μεταξύ ΥΔΒ και μεγέθους καρπού, σε αντίθεση με όσα βρήκαν οι Naor et al. (2008), αν και αυτό είναι κάτι που πρέπει να μελετηθεί σε μεγαλύτερη διάρκεια μέσα στην καλλιεργητική περίοδο. Επιπλέον, η ύπαρξη αντιχαλαζικών δικτύων φαίνεται να επηρέασε σε κάποιο βαθμό το ΥΔΒ, ιδιαίτερα κατά τον Οκτώβριο, καθώς στα Scarlett, που δεν υπήρχε δίχτυ, το ΥΔΒ ήταν σημαντικά χαμηλότερο από τα Gala και τα Fuji που υπήρχε, με τα Scarlett να παρουσιάζουν χαμηλότερο ΥΔΒ από το ελάχιστο  $-1,73$  MPa που βρήκαν οι Doltra et al. (2007) (μέσος όρος των δύο μεταχειρίσεων  $-2,06$ ,  $-1,66$  και  $-1,37$  MPa, αντίστοιχα, για Scarlett, Gala, Fuji).

Περνώντας στον λόγο  $F_v/F_m$ , αξίζει να σημειωθεί ότι είναι πιο ευαίσθητος στις μεταβολές των κλιματικών δεδομένων σε σχέση με το  $\Psi_{AB}$  (Werner et al., 2002, Murambi et al., 2018a), επομένως είναι πιθανό να επηρεάστηκε από τις σταθερά υψηλές θερμοκρασίες την ώρα των μετρήσεων. Λαμβάνοντας υπόψη ξανά την έλλειψη δικτύων στην ποικιλία Scarlett είναι αναμενόμενη η σαφώς μικρότερη τιμή του  $F_v/F_m$  τόσο τον Αύγουστο όσο και τον Οκτώβριο σε σχέση με τις Gala και Fuji (Για τη σύγκριση, οι μέσες τιμές των δύο μεταχειρίσεων τον Αύγουστο ήταν 0,765, 0,780 και 0,782, αντίστοιχα, και τον Οκτώβριο 0,755, 0,789 και 0,802, αντίστοιχα). Είναι σύνηθες η υδατική καταπόνηση να συνδυάζεται και με υψηλή ροή ηλιακής ακτινοβολίας που επιδεινώνει τον ρυθμό φωτοσύνθεσης (Ma et al., 2015b). Κάτι άλλο αξιο αναφοράς είναι ότι σύμφωνα με τους Murambi et al. (2018a) η τιμή  $F_v/F_m$  κάτω από την οποία φαίνεται να υπάρχει καταπόνηση είναι 0,79. Έτσι, για τον Αύγουστο η μόνη τιμή που ήταν ίση με την τιμή αναφοράς ήταν οριακά αυτή της Ορθολογικής Λίπανσης της ποικιλίας Gala, ενώ όλες οι άλλες τιμές ήταν χαμηλότερες. Για τον Οκτώβριο, η ποικιλία Fuji και στις δύο μεταχειρίσεις ήταν η μόνη που είχε υψηλότερες τιμές από 0,79. Παράλληλα, οι μετρήσεις του ΣΠΝ φαίνεται να δημιουργούν ορισμένα παράδοξα, καθώς δεν φαίνεται να υπάρχει συσχέτιση με το  $F_v/F_m$  όπως θα αναμενόταν βάσει άλλων μελετών (Ma et al., 2015a, Zhang et al., 2010). Αυτό δείχνει ότι οι «συμβιβασμοί» στη φωτοσύνθεση μάλλον οφείλονταν περισσότερο σε κλιματικούς παράγοντες όπως η υψηλή θερμοκρασία, η σχετική υγρασία και η ένταση του φωτός (αυτό κατά κύριο λόγο στην ποικιλία Scarlett η οποία δεν είχε αντιχαλαζικά δίκτυα). Πράγματι, μεταξύ των τριών ποικιλιών η Scarlett είχε γενικά τον μικρότερο λόγο  $F_v/F_m$ , πράγμα που δείχνει ότι το «περισσότερο» φως που δέχονται τα εν λόγω δέντρα δημιουργεί πρόβλημα στη φωτοσύνθεση, το οποίο είναι αναμενόμενο (Murambi et al., 2018a, Ma et al., 2015a, Murambi et al., 2018b). Σύμφωνα επίσης με τους Ma et al. (2015b), κρίσιμο σημείο στο ΣΠΝ φαίνεται να είναι το 75%, πάνω από το οποίο οι διαφορές στην ένταση του φωτός δεν επηρεάζουν τη φωτοσυνθετική λειτουργία. Οι Liu et al. (2012) πρότειναν ότι η αύξηση της ΣΠΝ είναι απόκριση στην υδατική καταπόνηση. Επομένως, υψηλότερες τιμές δείχνουν πιο καταπονημένα φυτά! Ο λόγος για αυτό είναι οι διάφορες μορφολογικές τροποποιήσεις που λαμβάνουν χώρο υπό συνθήκες καταπόνησης, όπως η πάχυνση των φύλλων για τον περιορισμό της απώλειας νερού μέσω διαπνοής από την περιοχή του μεσοφύλλου (Lo Gullo & Salleo, 1988, Liu et al., 2012). Λαμβάνοντας υπόψη αυτό λοιπόν, η αύξηση της ΣΠΝ στην ποικιλία Scarlett συμφωνεί με τις υπόλοιπες παραμέτρους που δείχνουν υδατική καταπόνηση. Οι αποκρίσεις Gala και Fuji θα αναλυθούν περαιτέρω.



Ο ΔΥΚΚ είναι συνάρτηση της σχετικής διαπνοής, ως εκ τούτου εξαιρετικά ευαίσθητος στις μεταβολές του εδαφικού νερού (Osroosh et al., 2016a). Ακόμη, σημαντικό ρόλο παίζει στη διαμόρφωσή του και η διαφορά της θερμοκρασίας της κόμης και της θερμοκρασίας του αέρα. Τις φωτεινές ώρες τις ημέρας η διαφορά αυτή είναι μεγαλύτερη κατ' απόλυτη τιμή για τα μη καταπονημένα δέντρα σε σχέση με τα καταπονημένα (Osroosh et al., 2016a). Χαρακτηριστική είναι η μεταβολή του ΔΥΚΚ μέσα στη μέρα, όπως έδειξε ο Nagy (2015). Δυο ακόμη σημαντικές παράμετροι που παίζουν ρόλο στη διαμόρφωση του ΔΥΚΚ είναι η σχετική υγρασία (RH) και η ταχύτητα του αέρα, η οποία επηρεάζει την RH. Αυτό ιδιαίτερα στη μηλιά παίζει σημαντικό ρόλο, καθώς τα φύλλα της είναι πολύ καλά «συνδεδεμένα» με την ατμόσφαιρα (Dragoni et al., 2005), επομένως μια αλλαγή στις κλιματικές παραμέτρους μεταφράζεται σε αλλαγή στον ΔΥΚΚ. Σε γενικές γραμμές, η δραστηριότητα των δέντρων παρουσιάζει μέγιστα αργά το πρωί και αργά το απόγευμα και μειώνεται κατά τις μεσημεριανές ώρες. Γενικώς, προξενεί εντύπωση η σχετικά χαμηλότερη θερμοκρασία κόμης τον Αύγουστο στα Scarlett σε σχέση με Gala και Fuji, κυρίως λόγω της μη ύπαρξης δικτύων σε αυτά. Η μέγιστη θερμοκρασία αέρα την ημέρα της μέτρησης ήταν 33,7 °C (36,6 °C και 35,9 °C αντίστοιχα για τις άλλες δύο ποικιλίες, με σχετικές υγρασίες 73,5%, 63,8% και 61%, αντίστοιχα). Σύμφωνα με τους Meszaros et al. (2019) αναμένεται μείωση της θερμοκρασίας αέρα και αύξηση της RH κάτω από τα δίκτυα. Ακόμη, οι Lopez et al. (2018) προτείνουν ότι σε καλλιέργεια μηλιάς υπό υδατική καταπόνηση, η χρήση δικτύων σκίασης φαίνεται να μειώνει τις συνέπειες της καταπόνησης. Επιπλέον, η χρήση δικτύων φαίνεται να «σταθεροποιεί» τις κλιματικές συνθήκες, δηλαδή η ηλιακή ακτινοβολία και η μέγιστη θερμοκρασία μειώνονται, η ελάχιστη θερμοκρασία αυξάνεται, η ταχύτητα και η κυκλοφορία του αέρα μειώνονται και, σαν αποτέλεσμα των ανωτέρω, η RH μειώνεται (Iglesias & Alegre, 2006). Η ένταση των συγκεκριμένων αλλαγών είναι σε άμεση σχέση με το χρώμα και την πυκνότητα των δικτύων, όπως επίσης και από το κλίμα στην περιοχή του οπωρώνα (Meszaros et al., 2019, Iglesias & Alegre, 2006). Εν προκειμένω, λοιπόν, φαίνεται ότι από τις τρεις ποικιλίες που εξετάζονται, οι όποιες δυσλειτουργίες της Scarlett είναι πιθανότερο να οφείλονται στην καταπόνηση λόγω υψηλής έντασης φωτός – ηλιακής ακτινοβολίας. Αντίθετα, κάτω από τα αντιχαλαζικά δίκτυα των δύο ποικιλιών φαίνεται ότι εγκλωβίζεται ο αέρας με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας αέρα. Επιστρέφοντας στον ΔΥΚΚ, η αύξηση της RH έχει σαν συνέπεια τη μείωση της διαπνοής, άρα μειώνεται και ο δροσισμός του φύλλου, με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας αυτού (Lin et al., 2017). Επίσης, σε ελαιώνα τα υδατικά καταπονημένα δέντρα είχαν υψηλό ΔΥΚΚ (στην περιοχή του 0,8) υπό συνθήκες υψηλής ηλιακής ακτινοβολίας, σε αντίθεση με επαρκώς αρδευόμενα δέντρα, των οποίων ο ΔΥΚΚ ήταν κοντά στο 0, ενώ υπό συννεφιά ο ΔΥΚΚ των καταπονημένων

δέντρων έπεσε στην περιοχή του 0,3, με αυτό των επαρκώς αρδευόμενων να είναι ξανά κοντά στο 0 (Agam et al., 2013). Γνωρίζοντας ότι ο ΔΥΚΚ είναι συνάρτηση της σχετικής διαπνοής (Osroosh et al., 2016b) και ότι η διαπνοή είναι άμεσα συσχετισμένη με την υγρασία του αέρα (απόλυτη και σχετική), φαίνεται να αποκτούν μια πιθανή εξήγηση οι σημαντικά μεγαλύτερες τιμές του ΔΥΚΚ των Gala και Fuji σε σχέση με τα Scarlett τον Αύγουστο, όπως επίσης και η μικρή σχετικά παραλλακτικότητα τους σχετικά με τη θέση της κόμης που εξετάζεται. Ακόμη, ο ΔΥΚΚ μεταξύ δικτυοσκεπών και μη μηλεώνων εξομοιώνεται από το μεσημέρι (12:00) και μετά (Nagy, 2015). Υπάρχει η περίπτωση ο ΔΥΚΚ να είναι «παραπλανητικά» χαμηλός λόγω υψηλής ταχύτητας του αέρα τοπικά (Andrews et al., 1992). Επομένως, αν ληφθεί υπόψη ότι στα Scarlett δεν υπήρχε δίχτυ, τότε πιθανώς να εξηγείται έτσι ο αρκετά χαμηλότερος ΔΥΚΚ σε σχέση με τις άλλες δύο ποικιλίες, καθώς η ταχύτητα ανέμου είναι πολύ πιθανό να ήταν υψηλότερη στα Scarlett λόγω μη ύπαρξης δικτυού. Χαρακτηριστική είναι η επιδείνωση του ΔΥΚΚ τον Οκτώβριο σε σχέση με τον Αύγουστο και για τις τρεις ποικιλίες. Τα Fuji είχαν γενικά τον χαμηλότερο ΔΥΚΚ, όπως και τη χαμηλότερη θερμοκρασία κόμης (και τη μεγαλύτερη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ θερμοκρασίας κόμης και θερμοκρασίας αέρα τον Οκτώβριο,  $-9,80\text{ }^{\circ}\text{C}$  στα Fuji σε σχέση με  $-5,83\text{ }^{\circ}\text{C}$  και  $-3,18\text{ }^{\circ}\text{C}$  για Gala και Scarlett, αντίστοιχα), κάτι που δείχνει υψηλότερη διαπνοή, άρα καλύτερη ανταλλαγή αερίων και λειτουργία φύλλου, ενώ είναι πιθανόν τα Fuji να αρδεύονταν τακτικότερα μέχρι και τον Οκτώβριο λόγω οψιμότερης συγκομιδής (που υποστηρίζεται και από το υψηλότερο ΥΔΒ). Παράλληλα, μια γενική θεώρηση είναι ότι οι τιμές ΔΥΚΚ για μη καταπονημένα δέντρα κυμαίνονται μεταξύ 0,2-0,3 (Paltineanu et al., 2011, Nagy, 2015). Με βάση αυτό λοιπόν, μη καταπονημένα ήταν τα Scarlett τον Αύγουστο (με τις επιφυλάξεις που αναφέρθηκαν ανωτέρω για την ισχύ των μετρήσεων) και το κάτω μέρος της κόμης τον Αύγουστο στα Fuji. Σε ότι αφορά στις μεταχειρίσεις, τον Αύγουστο σε Gala και Fuji τα δέντρα της Ορθολογικής Λίπανσης είχαν χαμηλότερο ΔΥΚΚ από τον Μάρτυρα, ενώ τον Οκτώβριο στα Gala αντιστράφηκε αυτό και στα Fuji δεν παρατηρήθηκε διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων. Στα Scarlett, η Ορθολογική Λίπανση είχε υψηλότερες τιμές ΔΥΚΚ και στις δύο ημερομηνίες μετρήσεων. Κάτι ακόμη ενδιαφέρον είναι η διαφορά στον ΔΥΚΚ μεταξύ άνω (υψηλότερος) και κάτω (χαμηλότερος) τμήματος της κόμης στα Fuji και στις δύο ημερομηνίες μετρήσεων. Πιθανόν λόγω σχετικά μεγάλης ζωνρότητας το κάτω μέρος να σκιαζόταν περισσότερο σε σχέση με τις άλλες ποικιλίες, ένα συμπέρασμα στο οποίο συνεπικουρεί και η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ άνω και κάτω τμήματος της κόμης. Κάτι αντίστοιχο παρατηρήθηκε και στα Scarlett μόνο τον Αύγουστο, αν και σε αυτή την περίπτωση μάλλον συνετέλεσε η έλλειψη δικτύων.

Η συζήτηση σχετικά με τη συγκέντρωση των χλωροφυλλών και των καροτενοειδών φαίνεται να έχει πιο πολύ νόημα για τα Fuji με βάση τα παραπάνω, τουλάχιστον για τον Οκτώβριο. Κατ' αρχάς, η υψηλή συγκέντρωση χλωροφύλλης είναι άμεσα συνδεδεμένη με την αζωτούχο θρέψη του φυτού, αλλά σημαντικό ρόλο παίζει και το πάχος του φύλλου, το οποίο αυξάνεται κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, κάτι το οποίο είναι και ένδειξη ωριμότητας του φύλλου (Nielsen et al., 1995, Prsa et al., 2007). Ακόμη, υψηλές συγκριτικά τιμές χλωροφύλλης b έχουν παρατηρηθεί σε φύλλα που προσαρμόστηκαν στη σκιά, καθώς η χλωροφύλλη b χρησιμεύει στο να «παγιδεύει» διαφορετικής έντασης ακτινοβολίες διευρύνοντας το εύρος απορρόφησης (Anderson et al., 1972, Eggink et al., 2001). Επομένως, στην ποικιλία Scarlett η αύξηση της ολικής χλωροφύλλης τον Οκτώβριο προφανώς οφείλεται στην πάχυνση των φύλλων καθώς αυτά γηράζουν, κάτι που υποδεικνύεται και από το αυξημένο ΣΠΝ σαν προσαρμογή στην καταπόνηση λόγω έλλειψης νερού, ενώ και η μείωση της ΞΟ του φύλλου δείχνει την έναρξη μεταφοράς των στοιχείων από το φύλλο προς τον σκελετό εν όψει χειμώνα. Σημαντικό να αναφερθεί επίσης είναι ότι η μείωση του λόγου Fv/Fm είναι πιθανόν να οφείλεται στην επί μακρόν έκθεση σε υψηλές ημερήσιες θερμοκρασίες σε συνδυασμό με την υψηλή σχετικά ένταση φωτός λόγω έλλειψης δικτύων και την έλλειψη ισχυρών καταναλωτών (καρποί) (Fan et al., 2010, Losciale et al., 2010). Είναι αρκετά πιθανό λοιπόν η άρση των αρνητικών συνεπειών του Αυγούστου που προαναφέρθηκε, να οφείλεται στην καλύτερη λειτουργία των δέντρων σε συνδυασμό με την έλλειψη καρπών, άρα και τη μη μεταφορά των όποιων εισροών σε αυτούς. Κάτι ακόμη άξιο αναφοράς είναι ότι τον Αύγουστο η Ορθολογική Λίπανση βελτίωσε κάπως την υδατική κατάσταση του φύλλου, ίσως λόγω των περισσότερο «χρονικά» τοποθετημένων (αν και μειωμένων σε ποσότητα κατά 16% σε Scarlett και Gala και 35% σε Fuji) εφαρμογών καλίου, που ως γνωστόν είναι ωσμωτικά ενεργό, με αποτέλεσμα καλύτερη συγκράτηση νερού. Ακόμη, η αυξημένη χλωροφύλλη b του Μάρτυρα ίσως δείχνει υψηλότερη σκίαση των εν λόγω δέντρων, κάτι που «δένει» με το περισσότερο άζωτο που εφαρμόστηκε. Σε ότι αφορά στα Gala, τον Οκτώβριο η ολική χλωροφύλλη μειώθηκε σε σχέση με τον Αύγουστο, κάτι που δεν θα αναμενόταν βάσει των προηγούμενων. Πιθανόν η εφαρμογή νιτρικού καλίου τον Ιούλιο να λειτούργησε διαφορετικά στα Gala σε σχέση με τις άλλες δύο ποικιλίες, καθώς οι καρποί ήταν πιο κοντά στην ωρίμανση-συγκομιδή με αποτέλεσμα το άζωτο, νιτρικής μορφής, να «πέρασε» στα φύλλα και σταδιακά να υπήρξε μείωση της χλωροφύλλης που παράχθηκε λόγω αυτού, όπως αναφέρουν οι Nielsen et al. (1995), οδεύοντας προς την φυλλόπτωση. Και εδώ θα είχε ενδιαφέρον η αντίδραση του φυτού αν συνεχιζόταν η τακτική άρδευση (καθώς αυτή φαίνεται ότι εφαρμόζονταν πιο αραιά μετασυσλλεκτικά) ή αν λάμβανε χώρα κάποια βροχόπτωση σε συνδυασμό με την έλλειψη

καρπών για μεγαλύτερο μάλιστα διάστημα από τα Scarlett. Η υδατική κατάσταση του φυτού είναι καίρια για τη βιοσύνθεση χλωροφύλλης (η έντονη υδατική καταπόνηση εμποδίζει τη σύνθεση χλωροφύλλης) και γενικά για την αξιοποίηση του φωτός, αφού όσο πιο «μεστό» είναι ένα φύλλο (υψηλό ΕΒΦ) τόσο υψηλότερο φωτοσυνθετικό ρυθμό παρουσιάζει (Bhusal et al., 2019). Εντύπωση προκαλεί σε αμφοτέρες τις ποικιλίες η μείωση ή μη αύξηση της συγκέντρωσης καροτενοειδών τον Οκτώβριο, πιθανώς η καταπόνηση λόγω ακτινοβολίας να μειώθηκε, άρα η φωτοσυνθετική συσκευή να «απαιτούσε» λιγότερη προστασία, παρά τις διαρκείς υψηλές μέγιστες θερμοκρασίες. Στα Fuji η ολική χλωροφύλλη (με μείωση της  $b$ , πιθανόν να δείχνει μια μείωση της σκίασης στην Ορθολογική Λίπανση, κάτι που επαυξάνεται από την αύξηση της τιμής του λόγου  $chl\alpha/chl\beta$ , η οποία προφανώς λειτούργησε αυξάνοντας το λόγο  $Fv/Fm$ ) παρέμεινε σταθερή, ενώ η μείωση του ποσοστού % ΕΟ έδειχνε τη μεταφορά θρεπτικών από τα φύλλα προς το δέντρο ενόψει χειμώνα. Τα καροτένια αυξήθηκαν, πιθανώς λόγω καταπόνησης από την ηλιακή ακτινοβολία. Γενικώς, τα δέντρα που δέχτηκαν Ορθολογική Λίπανση φάνηκε να λειτουργούσαν καλύτερα τον Αύγουστο σε σχέση με τον Οκτώβριο.

Η σύγκριση μεταξύ της ποικιλίας Gala και της ποικιλίας Fuji φαίνεται να έχει αρκετό νόημα. Εν προκειμένω, οι δύο αυτές ποικιλίες βρίσκονταν κάτω από λευκό αντιχαλαζικό δίκτυ και ήταν εμβολιασμένες στο ίδιο υποκείμενο, το M9. Ως γνωστόν τα Fuji είναι πιο λαίμαργης βλαστικής ανάπτυξης δέντρα και φυσικά περίπου δυο μήνες πιο όψιμα στην ωρίμανση καρπού σε σχέση με τα Gala. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η απότομη πτώση του ΣΠΝ μεταξύ των δύο ημερομηνιών που βρέθηκε στα Fuji είναι σύμφωνη με τα αποτελέσματα που βρήκαν οι Lo Bianco & Francaviglia (2012), ενώ σύμφωνη είναι και η συγκριτικά πιο απότομη πτώση του ΣΠΝ (σε μικρότερο έλλειμμα κορεσμού ατμών, μάλιστα) των Fuji σε σχέση με τα Gala. Ακόμη, οι ίδιοι βρήκαν ότι τα Gala παρουσίασαν κλείσιμο των στομάτων μέσα στον Ιούλιο, πριν να «προχωρήσει» πολύ η καταπόνηση τους. Αντίθετα, τα Fuji παρουσίασαν κλείσιμο των στομάτων τον Αύγουστο και μετά, κάτι που δείχνει ότι είναι ο ανταγωνισμός από τους καρπούς που ρυθμίζει το κλείσιμο ή όχι των στομάτων (αλλά και η σημαντικά υψηλότερη φυλλική επιφάνεια του δέντρου που διαπνέει έντονα!), επομένως η χρήση του νερού στα Fuji είναι πιο πλούσια σε σχέση με τα «συντηρητικά» Gala (Lo Bianco & Francaviglia, 2012). Παράλληλα, ο Lo Bianco (2019) βρήκε ότι η πιο λαίμαργη ανάπτυξη των Fuji τα έκανε πιο αποτελεσματικά υπό συνθήκες έλλειψης νερού (ελλειμματική άρδευση) σε σχέση με τα Gala. Προς επίρρωση της αποτελεσματικότητας των Fuji υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης (που συμπίπτει συνήθως με τη θερμική και συχνά και με την καταπόνηση λόγω ακτινοβολίας), αυτά συμπεριφέρθηκαν καλύτερα από την ποικιλία

Hongro σε καταστάσεις έλλειψης νερού (Bhusal et al., 2019). Όλα αυτά έρχονται να «δέσουν» με τα αποτελέσματα που βρέθηκαν στην παρούσα εργασία, καθώς η μείωση του ΣΠΝ τον Οκτώβριο και η αύξηση του Fv/Fm έδειξε ότι η ποικιλία Fuji λειτουργούσε αποτελεσματικά σύμφωνα και με τις παραπάνω μελέτες.

Σε ότι αφορά στους καρπούς, εντύπωση προκαλεί το ότι η θερμοκρασία των καρπών στο πάνω μέρος της κόμης ήταν χαμηλότερη απ' ότι στο κάτω, τη στιγμή που η θερμοκρασία της κόμης βρισκόνταν αντίστροφα. Αυτό παρατηρήθηκε στα Scarlett, στα Gala (στον Μάρτυρα) και στα Fuji (τον Αύγουστο). Αν ληφθεί υπόψη ότι αυτό δεν παρατηρήθηκε στα Fuji (τον Οκτώβριο), που ήταν κοντά στη συγκομιδή τις ημερομηνίες των μετρήσεων, τότε πιθανώς υπάρχει μια ένδειξη ότι αυτό το φαινόμενο σχετίζεται με την ωριμότητα του καρπού, με τους καρπούς Gala του Μάρτυρα να είναι μεν κοντά στη συγκομιδή αλλά με μειωμένο χρώμα. Ακόμη, η πιθανότητα να οφείλεται στον καλύτερο αερισμό του πάνω μέρους δεν φαίνεται να συγκεντρώνει πολλές πιθανότητες, καθώς τότε θα αναμενόταν να ισχύει και στα Gala και στα Fuji τον Οκτώβριο. Φαίνεται οι μη ώριμοι καρποί να αντιστέκονται στην αλλαγή της θερμοκρασίας, πιθανώς λόγω συγκριτικά αυξημένης διαπνοής σε σχέση με την κόμη, κάτι που όσο ωριμάζουν αναστέλλεται (ίσως λόγω παραγωγής περισσότερων κηρών στον φλοιό και μείωσης των χλωροφυλλών ή/και αυξημένης συγκέντρωσης αμπισισικού οξέος, που ως γνωστόν προάγει την ωρίμανση και μειώνει τη διαπνοή ρυθμίζοντας τη στοματική λειτουργία). Κάτι ακόμη άξιο αναφοράς είναι η αισθητή διαφορά στο χρώμα και στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των καρπών της Ορθολογικής Λίπανσης σε σχέση με αυτούς του Μάρτυρα, υπέρ των δεύτερων, στα Fuji, παρόλο που οι πρώτοι είχαν χαμηλότερη θερμοκρασία από τους δεύτερους. Είναι πιθανό αυτό να οφείλεται σε τυχαιότητα αφού μιλάμε για μια μέτρηση και κοντά στη συγκομιδή, ενώ γενικά φάνηκαν πιο ανώριμοι. Επομένως, η αιτία μπορεί να βρίσκεται σε αυτό που εξηγείται και στην προηγούμενη περίπτωση. Ακόμη, οι καρποί της Ορθολογικής Λίπανσης ήταν μεγαλύτεροι συγκριτικά με αυτούς του Μάρτυρα, κάτι που πιθανώς να παίζει ρόλο στην ταχύτητα της ωρίμανσης. Φυσικά, η μεγάλη διαφορά στην αζωτούχο λίπανση μεταξύ των δύο δημιουργεί αυτό το παράδοξο. Ίσως αυτή η μικρή ποσότητα αζώτου που εφαρμόστηκε τον Ιούλιο ως νιτρικό κάλιο να συνετέλεσε στη μείωση του χρωματισμού, καθώς στον Μάρτυρα η προσθήκη αζώτου σταμάτησε τον Ιούνιο. Άρα, ίσως ήταν προτιμότερη από αυτή την άποψη η εφαρμογή θειικού καλίου. Τέλος, σε ότι αφορά στα Gala όπως αναφέρθηκε η ποιότητα τους ήταν γενικώς χαμηλή, αν και καλύτερη στην Ορθολογική Λίπανση. Άξιο αναφοράς είναι ότι οι Kalcsits et al. (2019) βρήκαν ότι η ποιότητα και η μετασυλλεκτική ανθεκτικότητα των καρπών ήταν σημαντικά υψηλότερες σε καρπούς από το πάνω μέρος της

κόμης, κάτι το οποίο θα άξιζε να επιβεβαιωθεί και για τις συνθήκες της υπό εξέταση περιοχής.

Σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων προκύπτουν στο περιβαλλοντικό αποτύπωμα που αφήνουν. Κατ' αρχάς η παραγωγή αζωτούχων λιπασμάτων είναι εξαιρετικά ενεργοβόρα, επομένως η συνέπειες της στο περιβάλλον είναι μεγάλες. Ως γνωστόν, η τελική μορφή αζώτου στο έδαφος είναι η νιτρική, στην οποία καταλήγουν τόσο η αμιδική (ουρία) όσο και η αμμωνιακή. Τα νιτρικά ιόντα είναι ευαίσθητα στην έκπλυση σε βαθύτερα στρώματα, επομένως ιδιαίτερα απειλητικά για τα υπόγεια ύδατα. Η μειωμένη λοιπόν εφαρμογή αζώτου σε συνδυασμό με τις περισσότερες δόσεις που αυτά εφαρμόστηκαν, πιο ταιριασμένες στις κατά περίοδο ανάγκες των δέντρων, σημαίνει μικρότερο κίνδυνο έκπλυσης σε βαθύτερα στρώματα. Επίσης, η εφαρμογές των λιπασμάτων, με εξαίρεση το κοκκώδες θειικό κάλιο, έγιναν με υδρολίπανση και διαφυλλικά, επομένως δεν υπήρξε εξτρά κατανάλωση ενέργειας υπό μορφή καυσίμων και φθοράς των γεωργικών μηχανημάτων, αφού στη μεν πρώτη περίπτωση υπήρξε συνδυασμός με τις ενέργειες για την άρδευση, ενώ στη δεύτερη έγινε συνδυασμός με τους ψεκασμούς για φυτοπροστασία. Σε ότι αφορά στο θειικό κάλιο, αυτό εφαρμόστηκε με τον τρόπο που εφαρμόστηκε η βασική λίπανση, επομένως δεν υπήρξε αύξηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος από την εφαρμογή των λιπασμάτων στην Ορθολογική Λίπανση σε σχέση με τον Μάρτυρα.

Βάσει του κόστους των λιπασμάτων στην ορθολογική λίπανση είχαμε ένα μικρό κέρδος στις ποικιλίες Scarlett και Gala και ένα σημαντικό κέρδος στην ποικιλία Fuji. Στην ορθολογική λίπανση απαιτήθηκαν περαιτέρω εφαρμογές θρεπτικών είτε διαφυλλικά είτε με υδρολίπανση. Οι εφαρμογές υδρολίπανσης δεν αναμένεται να έχουν περαιτέρω κόστος στον παραγωγό, ενώ οι διαφυλλικές εφαρμογές σκευασμάτων Ca, αν αυτά έχουν συνδυαστικότητα με τα φυτοφάρμακα, μπορούν να εφαρμοστούν με τους ψεκασμούς φυτοπροστασίας, άρα να μην αυξήσουν το κόστος λίπανσης με εξτρά χρήση μηχανημάτων, χρόνο εργασίας και καύσιμα. Φαίνεται λοιπόν ότι η ορθολογική λίπανση έχει και ένα οικονομικό κέρδος για τον παραγωγό, πέραν του περιβαλλοντικού κέρδους από τη μείωση της χρήσης N.

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η κλιματική αλλαγή και οι συνέπειες τις έχουν κάνει αισθητή την παρουσία τους στη χώρα μας. Αυτό αφορά κύρια τις καλλιέργειες, που είναι άμεσα συνδεδεμένες με το κλίμα της περιοχής που αναπτύσσονται. Ειδικότερα, σε ότι αφορά στη μηλιά, είναι μια καλλιέργεια που έχει αρκετές απαιτήσεις σε ψύχος στο λήθαργο, όσο και σε δροσιά το καλοκαίρι για καλύτερο χρωματισμό των καρπών. Επομένως, είναι σημαντικό να γίνει γνωστό το πώς ανταποκρίνεται στην κλιματική αλλαγή και στις πιθανές καταπονήσεις που αυτή επιφέρει, ενώ εξίσου σημαντική είναι και η μείωση των εισροών μέσω λίπανσης και η βελτιστοποίηση του χρόνου εφαρμογής των θρεπτικών στη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Αυτοί ήταν οι στόχοι της παρούσας μελέτης.

Γενικώς τα δέντρα της ποικιλίας Scarlett φάνηκαν να μην αντιδρούν όπως θα αναμενόταν στην εφαρμογή της Ορθολογικής Λίπανσης, καθώς την περίοδο του Αυγούστου δεν λειτουργούσαν ικανοποιητικά με αποτέλεσμα να βρεθεί μείωση στην ποσότητα των καρπών. Η φαινομενική, τουλάχιστον, βελτίωση της κατάστασης τον Οκτώβριο, φυσικά, δεν ήταν δυνατόν να επηρεάσει τους καρπούς, αλλά θα πρέπει να μελετηθεί η επίδραση της στην άνθιση την επόμενη άνοιξη. Η ποιότητα των καρπών βέβαια βελτιώθηκε. Επομένως, η Ορθολογική Λίπανση δεν κατάφερε να αντιμετωπίσει την καταπόνηση (υψηλές μέγιστες θερμοκρασίες, ξηρασία, ακτινοβολία). Επειδή η σκίαση παίζει σημαντικό ρόλο στην αποφυγή της καταπόνησης και στη συγκεκριμένη ποικιλία δεν υπήρχαν δίκτυα, θα πρέπει να μελετηθεί ένας τρόπος που να δημιουργούνται συνθήκες δροσισμού. Σε κάθε περίπτωση, το κάλιο παραμένει το στοιχείο κλειδί, τόσο στην καταπόνηση όσο και στην ποιότητα των καρπών.

Στα δέντρα ποικ. Gala, η αντίδραση τους στην Ορθολογική Λίπανση και το συγκεκριμένο περιβάλλον φάνηκε να είναι καλύτερη σε σχέση με τα Scarlett. Ίσως αυτό είναι και ο λόγος που προτείνεται η επιλογή της ποικιλίας σε πεδινές περιοχές, καθώς είναι συντηρητική στη χρήση του νερού. Η Ορθολογική Λίπανση βελτίωσε τα χαρακτηριστικά των καρπών της, ενώ εμπεριέχει ρίσκο η εκτίμηση της κατάστασης βάσει του χρόνου, καθώς η άρδευση μάλλον ήταν περιορισμένη μετασυλλεκτικά για μεγάλο διάστημα σε συνδυασμό με την ξηρασία, όπως και στα Scarlett. Είναι αλήθεια πάντως ότι η εφαρμογή Ορθολογικής Λίπανσης φαίνεται να επιδείνωσε τη λειτουργία των δέντρων τον Οκτώβριο.

Τα δέντρα στην ποικιλία Fuji έδειξαν την καλύτερη συμπεριφορά σε σχέση με τον χρόνο, ενώ και η εφαρμογή της Ορθολογικής Λίπανσης βελτίωσε τη λειτουργία τους, τουλάχιστον τον Αύγουστο. Επιβεβαιώθηκε ότι η ποικιλία Fuji είναι ανθεκτική στην καταπόνηση, λόγω

της δυνατότητας να χρησιμοποιεί αποτελεσματικά το διαθέσιμο νερό. Τον Οκτώβριο η κατάσταση εξισορροπήθηκε, και πάλι με καλή λειτουργία των φυτών. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στην ποιότητα των καρπών, καθώς είτε θα χρειάζονταν περισσότερο χρόνο να ωριμάσουν, είτε με κάποια τροποποίηση στη λίπανση ή σε κάποια άλλη πρακτική. Σημείο κλειδί για το πόσο επιτυχημένη ήταν συνολικά η Ορθολογική Λίπανση θα είναι η αντίδραση των δέντρων μετά το σπάσιμο του λήθαργου, τόσο από πλευράς ανθοφορίας όσο και καρπόδεσης. Η ποικιλία παρουσιάζει έντονο το φαινόμενο της παρενιαυτοφορίας, επομένως η ορθή διαχείριση της θρέψης θα πρέπει να έχει θετική επίδραση πάνω σε αυτό.

Καίριας σημασίας είναι η περαιτέρω εξέταση της απόκρισης των δέντρων, επεμβαίνοντας αυτή τη φορά στην άρδευση. Η χρήση του νερού λόγω της κλιματικής αλλαγής πρέπει να είναι ιδιαίτερα προσεκτική, ενώ πολλές από τις παραμέτρους που εξετάζονται επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από τη διαθεσιμότητα του νερού άρα και από την άρδευση. Ακόμη, τα αποτελέσματα προς τον Οκτώβριο θα ήταν πιο εκμεταλλεύσιμα αν υπήρχαν και τα αντίστοιχα δεδομένα άρδευσης. Χρήσιμη θα ήταν επίσης η μέτρηση των παραμέτρων σε μεγαλύτερη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου και ίσως περισσότερες φορές στην ίδια μέρα προκειμένου να γίνει αντιληπτή η επιρροή των ακραίων θερμοκρασιών και άλλων περιβαλλοντικών συνθηκών.

Ακόμη, η μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων λόγω της μειωμένης χρήσης αζωτούχων λιπασμάτων δεν είχε αρνητική επίδραση, τουλάχιστον όχι σημαντική, στην παραγωγή. Έτσι, η Ορθολογική Λίπανση είναι βιώσιμη από περιβαλλοντικής πλευράς. Από οικονομικής άποψης, η μείωση του κόστους λίπανσης (μικρότερης έντασης σε Scarlett και Gala, μεγαλύτερης σε Fuji) εξοικονόμησε χρήματα στην τσέπη του παραγωγού. Αν υποθεθεί ότι η τιμή των μήλων του Μάρτυρα είναι ίδια με την τιμή αυτών της Ορθολογικής Λίπανσης, τότε αυτή είναι και οικονομικά βιώσιμη, βελτιώνοντας μάλιστα την οικονομική κατάσταση του παραγωγού σε σχέση με τη συνήθη γεωργική πρακτική χωρίς όμως να αναδειξεί και άλλα θετικά για την καλλιέργεια σημεία παρότι αυτό ήταν μέρος της αρχικής μας υπόθεσης.



## 6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ελληνική

Καραμπουρνιώτης Γ.Α., Λιακόπουλος Γ. και Νικολόπουλος Δ. (2012). Φυσιολογία Καταπονήσεων των Φυτών. Εκδόσεις Έμβρυο, Αθήνα. Σελ. 29-130.

Κουκουλάκης Π. (1995). Βασικές αρχές ορθολογικής λίπανσης των φυτών. Γεωργία-Κτηνοτροφία, 9, 43-60.

Μανέτας Γ., Γραμματικόπουλος Γ., Πετροπούλου Γ. και Ψαράς Γ.Κ. (2015). Εργαστηριακές ασκήσεις φυσιολογίας φυτών [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Σελ. 29-54. Διαθέσιμο: <http://hdl.handle.net/11419/2693> [Πρόσβαση: 26/9/2021]

Νάνος Γ. (2013). Δενδροκομία Ι – Σημειώσεις για ειδικά θέματα. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Τμήμα Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Δενδροκομίας.

Σωτηρόπουλος Θ. (2014a). Θρέψη και λίπανση γιγαρτόκαρπων οπωροφόρων. Γεωργία – Κτηνοτροφία, 6, 140–148.

Σωτηρόπουλος Θ. (2014b). Οι ποικιλίες της μηλιάς. Γεωργία – Κτηνοτροφία, 6, 40–46.

Σωτηρόπουλος Θ. (2015). Εγχειρίδιο Λίπανσης Φυλλοβόλων Οπωροφόρων Δένδρων. ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ, Τμήμα Φυλλοβόλων Οπωροφόρων Δένδρων Νάουσας. Διαθέσιμο: [https://www.elgo.gr/images/pdf/egxeiridio\\_lipansis\\_fyllov\\_opwrof.pdf](https://www.elgo.gr/images/pdf/egxeiridio_lipansis_fyllov_opwrof.pdf) [Πρόσβαση: 26/9/2021]

Σωτηρόπουλος Θ. (2016). Μονογραφία ποικιλιών, υποκειμένων και συστημάτων διαμόρφωσης μηλιάς στην Ελλάδα. ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ, Τμήμα Φυλλοβόλων Οπωροφόρων Δέντρων Νάουσας. Διαθέσιμο: <https://pomologyinstitute.gr/wp-content/uploads/2018/11/> [Πρόσβαση: 26/9/2021]

Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (2012). Οδηγίες ολοκληρωμένης φυτοπροστασίας στην καλλιέργεια της μηλιάς. Υ.Π.Α.Α.Τ. - Διεύθυνση Προστασίας Φυτικής Παραγωγής. Διαθέσιμο: [http://www.minagric.gr/images/stories/docs/agrotis/Georgika\\_Farmaka/olokl\\_fitoprostasia/Milia\\_October2020.pdf](http://www.minagric.gr/images/stories/docs/agrotis/Georgika_Farmaka/olokl_fitoprostasia/Milia_October2020.pdf) [Πρόσβαση: 26/9/2021]

Taiz L. and Zeiger E. (2012). Φυσιολογία Φυτών. Εκδόσεις Utopia. Σελ 195-438.

### **Ξενόγλωσση**

Agam N., Cohen Y., Alchanatis V. and Ben-Gal A. (2013). How sensitive is the CWSI to changes in solar radiation? *International Journal of Remote Sensing*, 34(17), 6109–6120.

Aggelopoulou K.D., Pateras D., Fountas S., Gemtos T.A. and Nanos G.D. (2010). Soil spatial variability and site-specific fertilization maps in an apple orchard. *Precision Agriculture*, 12(1), 118–129.

Anderson J.M., Goodchild D. and Boardman N. (1973). Composition of the photosystems and chloroplast structure in extreme shade plants. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Bioenergetics*, 325(3), 573–585.

Andrews P.K., Chalmers D.J. and Moremong M. (1992). Canopy-air temperature differences and soil water as predictors of water stress of apple trees grown in a humid, temperate climate. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 117(3), 453–458.

Atay E., Hucbourg B., Drevet A. and Lauri P.R. (2019). Effects of preharvest deficit irrigation treatments in combination with reduced nitrogen fertilization on orchard performance of nectarine with emphasis on postharvest diseases and pruning weights. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 18(1), 207–217.

Bhusal N., Han S.G. and Yoon T.M. (2019). Impact of drought stress on photosynthetic response, leaf water potential, and stem sap flow in two cultivars of bi-leader apple trees (*Malus × domestica* Borkh.). *Scientia Horticulturae*, 246, 535–543.

Brown P. and Hu H. (1996). Phloem mobility of boron is species dependent: evidence for phloem mobility in sorbitol-rich species. *Annals of Botany*, 77(5), 497–506.

Caprio J.M. and Quamme H.A. (1999). Weather conditions associated with apple production in the Okanagan Valley of British Columbia. *Canadian Journal of Plant Science*, 79(1), 129–137.

Chen L.S. and Cheng L. (2004). Photosynthetic enzymes and carbohydrate metabolism of apple leaves in response to nitrogen limitation. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 79(6), 923–929.

- Cheng L., Dong S. and Fuchigami, L.H. (2002). Urea uptake and nitrogen mobilization by apple leaves in relation to tree nitrogen status in autumn. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 77(1), 13–18.
- Cheng, L., & Schupp, J. (2004). Nitrogen fertilization of apple orchards. *New York Fruit Quarterly*, 12(1), 22–25.
- de Angelis V., Sánchez E. and Tognetti, J. (2011). Timing of nitrogen fertilization influences color and anthocyanin content of apple (*Malus domestica* Borkh. cv ‘Royal Gala’) fruits. *International Journal of Fruit Science*, 11(4), 364–375.
- Dilmaghani M.R., Malakouti M.J., Neilsen G.H. and Fallahi, E. (2005). Interactive effects of potassium and calcium on K/Ca ratio and its consequences on apple fruit quality in calcareous soils of Iran. *Journal of Plant Nutrition*, 27(7), 1149–1162.
- Doltra J., Oncins J.A., Bonany J. and Cohen, M. (2006). Evaluation of plant-based water status indicators in mature apple trees under field conditions. *Irrigation Science*, 25(4), 351–359.
- Dragoni D., Lakso A. and Piccioni, R. (2005). Transpiration of apple trees in a humid climate using heat pulse sap flow gauges calibrated with whole-canopy gas exchange chambers. *Agricultural and Forest Meteorology*, 130(1–2), 85–94.
- Drogoudi P.D., Michailidis Z. and Pantelidis G. (2008). Peel and flesh antioxidant content and harvest quality characteristics of seven apple cultivars. *Scientia Horticulturae*, 115(2), 149–153.
- Eggink L.L., Park H. and Hooper J.K. (2001). The role of chlorophyll b in photosynthesis: Hypothesis. *BMC Plant Biology*, 1(2).
- Ernani P.R., Rogeri D.A., Proença M.M. and Dias J. (2008). Addition of nitrogen had no effect on yield and quality of apples in an high density orchard carrying a dwarf rootstock. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 30(4), 1113–1118.
- Fallahi E., Arzani K. and Fallahi B. (2013). Long-term leaf mineral nutrition in ‘Pacific Gala’ apple (*Malus × domestica* Borkh.) as affected by rootstock type and irrigation system during six stages of tree development. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 88(6), 685–692.

- Fallahi E., Conway W.S., Hickey K. and Sams C.E. (1997). The role of calcium and nitrogen in postharvest quality and disease resistance of apples. *HortScience*, 32(5), 831–835.
- Fallahi E., Fallahi B. and Kiester M.J. (2018). Evapotranspiration-based irrigation systems and nitrogen effects on yield and fruit quality at harvest in fully mature ‘Fuji’ apple trees over four years. *HortScience*, 53(1), 38–43.
- Fallahi E., Neilsen D., Neilsen G.H., Fallahi B. and Shafii, B. (2010). Efficient irrigation for optimum fruit quality and yield in apples. *HortScience*, 45(11), 1616–1625.
- Fan P.G., Li L.S., Duan W., Li W.D. and Li S.H. (2010). Photosynthesis of young apple trees in response to low sink demand under different air temperatures. *Tree Physiology*, 30(3), 313–325.
- Faniadis D. (2017). Fresh Deciduous Fruit Annual 2017, Global Agricultural Information Network, USDA Foreign Agricultural Service, (online), Available: [https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Fresh%20Deciduous%20Fruit%20Annual%202017\\_Rome\\_Greece\\_10-31-2017.pdf](https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Fresh%20Deciduous%20Fruit%20Annual%202017_Rome_Greece_10-31-2017.pdf) , [accessed 22/5/2021]
- FAOSTAT (2020). Crops and livestock products, Available: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> , [accessed 22/9/2021]
- Fulton A., Buchner R., Gilles C., Olson B., Bertagna N., Walton J., Schwankl L. and Shackel K. (2001). Rapid equilibration of leaf and stem water potential under field conditions in almonds, walnuts, and prunes. *HortTechnology*, 11(4), 609–615.
- Guak S., Neilsen D., Millard P. and Looney N.E. (2004). Leaf absorption, withdrawal and remobilization of autumn-applied urea-N in apple. *Canadian Journal of Plant Science*, 84(1), 259–264.
- Gullo M.A. and Salleo S. (1988). Different strategies of drought resistance in three Mediterranean sclerophyllous trees growing in the same environmental conditions. *New Phytologist*, 108(3), 267–276.
- Hancock, J.F., Luby, J.J., Brown, S.K., & Lobos, G.A. (2008). Apples. In J.F. Hancock (Ed.), *Temperate Fruit Crop Breeding: Germplasm to Genomics* (2008th ed., pp. 1–37). Springer. Available: <https://www.springer.com/gp/book/9781402069062> [Accessed: 20/6/2021]

- Hoying S., Fragione M. and Iungerman, K. (2004). Diagnosing apple tree nutritional status: leaf analysis interpretation and deficiency symptoms. *New York Fruit Quarterly*, 12(1), 16–19.
- Iglesias I. and Alegre S. (2006). The effect of anti-hail nets on fruit protection, radiation, temperature, quality and productivity of Mondial Gala apples. *Journal of Applied Horticulture*, 08(02), 91–100.
- Jones H.G. (1999). Use of infrared thermometry for estimation of stomatal conductance as a possible aid to irrigation scheduling. *Agricultural and Forest Meteorology*, 95(3), 139–149.
- Jones H.G. (2004). Irrigation scheduling: advantages and pitfalls of plant-based methods. *Journal of Experimental Botany*, 55(407), 2427–2436.
- Kaack K. and Pedersen H.L. (2014). Effects of potassium, phosphorus and nitrogen fertilization on endogenous ethylene and quality characteristics of apples (*Malus domestica* L.). *Journal of Plant Nutrition*, 37(7), 1148–1155.
- Kalcsits L., Mattheis J., Giordani L., Reid M. and Mullin K. (2019). Fruit canopy positioning affects fruit calcium and potassium concentrations, disorder incidence, and fruit quality for ‘Honeycrisp’ apple. *Canadian Journal of Plant Science*, 99(5), 761–771.
- Kittilsen L. (2009). *Business Planning and Economics of Apple Orchard Establishment and Cost of Production in Nova Scotia*. Nova Scotia Department of Agriculture Business Development and Economics Division. Available: <https://novascotia.ca/agri/documents/business-research/AppleProductionReport.pdf> [Accessed: 20/6/2021]
- Lakso A., Wünsche J., Palmer J. and Grappadelli, L.C. (1999). Measurement and modeling of carbon balance of the apple tree. *HortScience*, 34(6), 1040–1047.
- Liakos V., Smith E., Fountas S., Nanos G., Kalfountzos D. and Gemtos T. (2020). On-farm evaluation of variable rate fertilizer applications using yield-based mathematical formulae in a Greek apple orchard. *International Journal of Fruit Science*, 20(sup2), S48–S65.
- Lin H., Chen Y., Zhang H., Fu P. and Fan Z. (2017). Stronger cooling effects of transpiration and leaf physical traits of plants from a hot dry habitat than from a hot wet habitat. *Functional Ecology*, 31(12), 2202–2211.

- Liu B.H., Cheng L., Liang D., Zou Y.J. and Ma F.W. (2012). Growth, gas exchange, water-use efficiency, and carbon isotope composition of “Gala Gala” apple trees grafted onto 9 wild Chinese rootstocks in response to drought stress. *Photosynthetica*, 50(3), 401–410.
- lo Bianco R. (2019). Water-related variables for predicting yield of apple under deficit irrigation. *Horticulturae*, 5(1), 8.
- lo Bianco R. and Francaviglia D. (2012). Comparative responses of ‘Gala’ and ‘Fuji’ apple trees to deficit irrigation: Placement versus volume effects. *Plant and Soil*, 357(1–2), 41–58.
- Lopez G., Boini A., Manfrini L., Torres-Ruiz J., Pierpaoli E., Zibordi M., Losciale P., Morandi B. and Corelli-Grappadelli L. (2018). Effect of shading and water stress on light interception, physiology and yield of apple trees. *Agricultural Water Management*, 210, 140–148.
- Losciale P., Chow W.S. and Corelli Grappadelli L. (2010). Modulating the light environment with the peach ‘asymmetric orchard’: effects on gas exchange performances, photoprotection, and photoinhibition. *Journal of Experimental Botany*, 61(4), 1177–1192.
- Lu Y.L., Kang T.T., Gao J.B., Chen Z.J. and Zhou J.B. (2018). Reducing nitrogen fertilization of intensive kiwifruit orchards decreases nitrate accumulation in soil without compromising crop production. *Journal of Integrative Agriculture*, 17(6), 1421–1431.
- Luo Z., Liu H., Li W., Zhao Q., Dai J., Tian L. and Dong H. (2018). Effects of reduced nitrogen rate on cotton yield and nitrogen use efficiency as mediated by application mode or plant density. *Field Crops Research*, 218, 150–157.
- Lyu S., Lyu D., Du G. and Yang Y. (2017). Apple branch decomposition and nutrient turnover in the orchard soil. *BioResources*, 12(2).
- Ma P., Bai T.H., Wang X.Q. and Ma F.W. (2015a). Effects of light intensity on photosynthesis and photoprotective mechanisms in apple under progressive drought. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(9), 1755–1766.
- Ma P., Bai T.H. and Ma F.W. (2015b). Effects of progressive drought on photosynthesis and partitioning of absorbed light in apple trees. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(4), 681–690.



- McQueen J.C. and Minchin P.E.H. (2005). Brief look at sorbitol in 1-year-old shoots of apple (*Malus domestica*). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 33(1), 81–87.
- Mészáros M., Bělíková H., Čonka P. and Náměstek J. (2019). Effect of hail nets and fertilization management on the nutritional status, growth and production of apple trees. *Scientia Horticulturae*, 255, 134–144.
- Mihaljević I., Lepeduš H., Šimić D., Viljevac Vuletić M., Tomaš V., Vuković D., Dugalić K., Teklić T., Skendrović Babojelić M. and Zdunić Z. (2020). Photochemical efficiency of photosystem II in two apple cultivars affected by elevated temperature and excess light in vivo. *South African Journal of Botany*, 130, 316–326.
- Mills W.D. (1944). Efficient use of sulfur dusts and sprays during rain to control apple scab. *New York State College of Agriculture Cornell Ext. Bul* (Vol. 630, p. 4). New York State College of Agriculture, Extension Service.
- Mohamed A.Z., Osroosh Y., Peters R.T., Bates T., Campbell C.S. and Ferrer-Alegre F. (2020). Monitoring water status in apple trees using a sensitive morning crop water stress index\*. *Irrigation and Drainage*, 70(1), 27–41.
- Motesharezadeh B., Ma Q., Tabibi A.R., Fatemi R. and Bekhradi F. (2021). Nutritional, yield, and quality responses of apple, pear, and cherry to calcium nitrate application. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 52(10), 1132–1148.
- Mupambi G., Anthony B.M., Layne D.R., Musacchi S., Serra S., Schmidt T. and Kalcsits L.A. (2018). The influence of protective netting on tree physiology and fruit quality of apple: A review. *Scientia Horticulturae*, 236, 60–72.
- Mupambi G., Musacchi S., Serra S., Kalcsits L.A., Layne D.R. and Schmidt T. (2018). Protective netting improves leaf-level photosynthetic light use efficiency in ‘Honeycrisp’ apple under heat stress. *HortScience*, 53(10), 1416–1422.
- Musacchi S. and Serra S. (2018). Apple fruit quality: Overview on pre-harvest factors. *Scientia Horticulturae*, 234, 409–430.
- Nagy A. (2015). Thermographic evaluation of water stress in an apple orchard. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology*, 2(8), 2210–2215.

- Naor A. (2000). Midday stem water potential as a plant water stress indicator for irrigation scheduling in fruit trees. *Acta Horticulturae*, 537, 447–454.
- Naor A. (2014). Crop load and irrigation interactions – A new dimension of RDI. *Acta Horticulturae*, 1038, 113–119.
- Naor A. and Cohen S. (2003). Sensitivity and variability of maximum trunk shrinkage, midday stem water potential, and transpiration rate in response to withholding irrigation from field-grown apple trees. *HortScience*, 38(4), 547–551.
- Naor A., Naschitz S., Peres M. and Gal Y. (2008). Responses of apple fruit size to tree water status and crop load. *Tree Physiology*, 28(8), 1255–1261.
- Nava G., Dechen A.R. and Nachtigall G.R. (2007). Nitrogen and potassium fertilization affect apple fruit quality in southern Brazil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 39(1–2), 96–107.
- Neilsen D., Hogue E.J., Neilsen G.H. and Parchomchuk, P. (1995). Using SPAD-502 values to assess the nitrogen status of apple trees. *HortScience*, 30(3), 508–512.
- Neilsen D. and Neilsen G. (2002). Efficient use of nitrogen and water in high-density apple orchards. *HortTechnology*, 12(1), 19–25.
- Neilsen D. and Neilsen, G. (2009). Nutritional effects on fruit quality for apple trees. *New York Fruit Quarterly*, 17(3), 21–24.
- Neilsen D. and Neilsen G.H. (2001). Nitrogen and water management in high density apple orchards. Western Nutrient Management Conference, Salt Lake City, Utah.
- Neilsen D., Neilsen G.H., Guak S., Parchomchuk P. and Hogue E.J. (2002). Management of water and nitrogen in high density apple orchards. In *The Compact Fruit Tree* (pp. 92–96).
- Neilsen G.H., Neilsen D., Guak S.H. and Forge T. (2015). The effect of deficit irrigation and crop load on leaf and fruit nutrition of fertigated ‘Ambrosia’/‘M.9’ apple. *HortScience*, 50(9), 1387–1393.
- Neilsen G. and Neilsen D. (2006). The effect of K-fertilization on apple fruit Ca concentration and quality. *Acta Horticulturae*, 721, 177–184.



Nemeskéri E., Kovács-Nagy E., Nyéki J. and Sárdi V. (2015). Responses of apple tree cultivars to drought: carbohydrate composition in the leaves. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 39, 949–957.

o'Rourke D. (2003). World production, consumption and economic outlook for apples. In D.C. Ferree & I.J. Warrington (Eds.), *Apples: Botany, Production and Uses* (1<sup>st</sup> ed., pp. 15–30). CABI.

Osroosh Y., Peters R.T. and Campbell C.S. (2016a). Daylight crop water stress index for continuous monitoring of water status in apple trees. *Irrigation Science*, 34(3), 209–219.

Osroosh Y., Peters R.T., Campbell C.S. and Zhang Q. (2016b). Comparison of irrigation automation algorithms for drip-irrigated apple trees. *Computers and Electronics in Agriculture*, 128, 87–99.

Palmer J.W. and Dryden, G. (2006). Fruit mineral removal rates from New Zealand apple (*Malus domestica*) orchards in the Nelson region. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 34(1), 27–32.

Paltineanu C., Chitu E. and Tanasescu, N. (2011). Correlation between the crop water stress index and soil moisture content for apple in a loamy soil: a case study in southern Romania. *Acta Horticulturae*, 889, 257–264.

Peryea F.J., Neilsen G.H. and Faubion D. (2007). Start-timing for calcium chloride spray programs influences fruit calcium and bitter pit in 'Braeburn' and 'Honeycrisp' apples. *Journal of Plant Nutrition*, 30(8), 1213–1227.

Prsa I., Stampar F., Vodnik D. and Veberic R. (2007). Influence of nitrogen on leaf chlorophyll content and photosynthesis of 'Golden Delicious' apple. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science*, 57(3), 283–289.

Raese J.T., Drake S.R. and Curry E.A. (2007). Nitrogen fertilizer influences fruit quality, soil nutrients and cover crops, leaf color and nitrogen content, biennial bearing and cold hardiness of 'Golden Delicious.' *Journal of Plant Nutrition*, 30(10), 1585–1604.

Righetti T., Wilder K., Stebbins R., Burkhart D. and Hart J. (1998). *Nutrient Management Guide - Apples* (EM 8712). Oregon State University Extension Service. Available: <https://catalog.extension.oregonstate.edu/sites/catalog/files/project/pdf/em8712.pdf>

[Accessed: 20/6/2021]

Shackel K.A., Ahmadi H., Biasi W., Buchner R., Goldhamer D., Gurusinghe S., Hasey J., Kester D., Krueger B., Lampinen B., McGourty G., Micke W., Mitcham E., Olson B., Pelletrau K., Philips H., Ramos D., Schwankl L., Sibbett S. and Yeager J. (1997). Plant water status as an index of irrigation need in deciduous fruit trees. *HortTechnology*, 7(1), 23–29.

Šircelj H., Tausz M., Grill D. and Batič F. (2007). Detecting different levels of drought stress in apple trees (*Malus domestica* Borkh.) with selected biochemical and physiological parameters. *Scientia Horticulturae*, 113(4), 362–369.

Stiles W. (2004a). Soil analysis and interpretation. *New York Fruit Quarterly*, 12(1), 5–8.

Stiles W. (2004b). Micronutrient management in apple orchards. *New York Fruit Quarterly*, 12(1), 28–30.

Tian Z.W., Liu X.X., Gu S.L., Yu J.H., Zhang L., Zhang W.W., Jiang D., Cao W.X. and Dai T.B. (2018). Postponed and reduced basal nitrogen application improves nitrogen use efficiency and plant growth of winter wheat. *Journal of Integrative Agriculture*, 17(12), 2648–2661.

Torres C.A., Sepúlveda A., Leon L. and Yuri J.A. (2016). Early detection of sun injury on apples (*Malus domestica* Borkh.) through the use of crop water stress index and chlorophyll fluorescence. *Scientia Horticulturae*, 211, 336–342.

Turechek, W.W. (2004). Apple diseases and their management. In S.A.M.H. Naqvi (Ed.), *Diseases of Fruits and Vegetables* (Vol. 1, pp. 1–108). Springer Publishing. [E-book]. Available: <https://www.springer.com/gp/book/9781402018220> [Accessed: 10/7/2021]

Washington State University Tree Fruit Extension (2020). Leaf tissue analysis. Available: <http://treefruit.wsu.edu/orchard-management/soils-nutrition/leaf-tissue-analysis/> [Accessed: 10/7/2021]

Way R.D. and McLellan M.R. (1989). Apple cultivars for processing. In D.L. Downing (Ed.), *Processed Apple Products* (1st ed., pp. 1–30). Springer. [E-book]. Available: <https://www.springer.com/gp/book/9781468482270> [Accessed: 12/7/2021]

Wen B., Li C., Fu X., Li D., Li L., Chen X., Wu H., Cui X., Zhang X., Shen H., Zhang W., Xiao W. and Gao D. (2019). Effects of nitrate deficiency on nitrate assimilation and chlorophyll synthesis of detached apple leaves. *Plant Physiology and Biochemistry*, 142, 363–371.

Werner C., Correia O. and Beyschlag W. (2002). Characteristic patterns of chronic and dynamic photoinhibition of different functional groups in a Mediterranean ecosystem. *Functional Plant Biology*, 29(8), 999.

Wintermans J. and de Mots A. (1965). Spectrophotometric characteristics of chlorophylls a and b and their phenophytins in ethanol. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Biophysics Including Photosynthesis*, 109(2), 448–453.

Wünsche J.N. and Lakso A.N. (2000). Apple Tree Physiology– Implications for Orchard and Tree Management. *The Compact Fruit Tree* (pp. 82–88). International Dwarf Fruit Tree Association.

Zhang S.Y., Zhang G.C., Gu S.Y., Xia J.B. and Zhao J.K. (2010). Critical responses of photosynthetic efficiency of goldspur apple tree to soil water variation in semiarid loess hilly area. *Photosynthetica*, 48(4), 589–595.