



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

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**Διαχείριση της χλώρωσης σιδήρου στη δαμασκηνιά ποικ.
Angeleno**

Διαμάντης Παναγιώτης

Επιβλέπων Καθηγητής: Dr. Νάνος Γεώργιος

Βόλος 2024

Τριμελής εξεταστική επιτροπή:

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

●Βαγγέλας Ιωάννης, Αναπληρωτής Καθηγητής Φυτοπαθολογίας, Τμήμα Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (μέλος)

●Μαλέτσικα Περσεφόνη, Επίκουρη Καθηγήτρια, Τμήμα Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (μέλος)

Ευχαριστίες

Θα ήθελα, να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου, στον επιβλέποντα καθηγητή της παρούσας διατριβής, Δρ. Γεώργιο Νάνο, για την πολύτιμη καθοδήγησή του, καθ' όλην τη διάρκεια της παρούσας μελέτης. Η αγάπη του και το πάθος του, για τον κόσμο της δενδροκομίας, αποτέλεσαν τα εναύσματα, ώστε να ακολουθήσω κι εγώ αυτό το μονοπάτι, γι' αυτό και του είμαι βαθιά ευγνώμων.

Ακόμη, θα ήθελα, να ευχαριστήσω θερμά την κα. Ευαγγελία Παναγιωτάκη, μέλος Ε.ΔΙ.Π. του Π.Θ., την κα. Νικολίτσα Τομαρά, μέλος Ε.Τ.Ε.Π. του Π.Θ, καθώς και τα υπόλοιπα μέλη του εργαστηρίου δενδροκομίας, για τη βοήθεια που μου προσέφεραν, κατά τη διάρκεια των εργαστηριακών μετρήσεων, στο Εργαστήριο Δενδροκομίας.

Τέλος, ευχαριστώ καρδιακά τον πατέρα μου Κωνσταντίνο, ο οποίος αποτέλεσε τον εμπνευστή της παρούσας μελέτης, καθώς και που αφιέρωσε δεκάδες ώρες, για την καταγραφή πολλών δεδομένων, για την εργασία αυτή. Τον ευχαριστώ, δε, και για τη ηθική και οικονομική στήριξη, που απλόχερα μου προσέφερε, όλα αυτά τα έτη των σπουδών μου.

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η προσπάθεια μείωσης του προβλήματος της χλώρωσης της δαμασκηνιάς που προκαλείται από το υψηλό εδαφικό pH και την έλλειψη Fe στα φυτά. Σε ώριμα δέντρα δαμασκηνιάς ποικ. Angeleno στην περιοχή Νάουσας έγιναν οι εξής μεταχειρίσεις: μάρτυρας (χωρίς εφαρμογή Fe), έγχυση στον κορμό διαλύματος θεικού Fe, έγχυση στον κορμό διαλύματος χηλικού Fe, ή έγχυση στον κορμό θεικού Fe και μίγματος βιοδιεγερτών. Μετρήθηκαν ορισμένα χαρακτηριστικά των φύλλων και βλαστών και η ποιότητα καρπού. Τα δέντρα του μάρτυρα είχαν ελάχιστη χλωροφύλλη στα φύλλα (λόγω χλώρωσης), μειωμένη βλάστηση και μειωμένο μέγεθος καρπού και ποιότητα αυτού. Η εφαρμογή θεικού Fe βελτίωσε τα περισσότερα χαρακτηριστικά των φύλλων, βλαστών και καρπών σε ένα βαθμό. Αλλά η εφαρμογή χηλικού Fe είχε εντυπωσιακά αποτελέσματα με τις υψηλότερες συγκεντρώσεις ξηράς ουσίας και χλωροφυλλών στα φύλλα, το υψηλότερο ειδικό βάρος φύλλων και πολύ καλή ποιότητα καρπών σε σχέση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Η εφαρμογή του συνδυασμού θεικού Fe και μίγματος βιοδιεγερτών βελτίωσε σημαντικά τη λειτουργικότητα των φύλλων (όχι τόσο αποτελεσματικά όπως ο χηλικός Fe), αλλά έδωσε τους μεγαλύτερους καρπούς υψηλής ποιότητας (τους πιο γλυκείς, αλλά τους πιο μαλακούς) και την καλύτερη βλαστική ανάπτυξη, που ίσως σχετίζεται και με την παραγωγή της επόμενης χρονιάς. Η εφαρμογή των βιοδιεγερτών είχε σημαντική θετική επίδραση στην παραγωγικότητα των δέντρων σε συνδυασμό με την εφαρμογή θεικού Fe. Η οικονομικότητα των εφαρμογών πρέπει να μελετηθεί περισσότερο για να αποφασιστεί η καλύτερη χρήση των αποτελεσμάτων της μελέτης.

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή	1
1.1 Σημαντικότητα της Δαμασκηνιάς στην Ελλάδα και στον κόσμο	1
1.2 Διατροφική αξία νωπών και αποξηραμένων δαμάσκηνων	1
1.3 Εδαφικές και κλιματικές απαιτήσεις	2
1.4 Καλλιεργητικές τεχνικές	3
1.4.1 Φύτευση και διαμόρφωση	3
1.4.2 Κλάδεμα	3
1.4.3 Αραίωμα	4
1.4.4 Άρδευση	4
1.4.5 Βασική Λίπανση	5
1.5 Ρόλος και σημασία της εδαφικής οργανικής ουσίας στη διαθεσιμότητα των διαφόρων θρεπτικών	6
1.6 Χλώρωση ή τροφοπενία Fe	8
1.7 Συμπτώματα χλώρωσης	9
1.8 Αποθήκευση Fe εντός του φυτού	10
1.9 Συμμετοχή Fe σε ενζυμικά συστήματα του κυττάρου	10
1.10 Ο Fe στο έδαφος	10
1.11 Μείωση χλώρωσης σε αλκαλικά εδάφη	13
1.12 Γενικότερη Αντιμετώπιση ανεπάρκειας Fe	14
1.13 Καλή λειτουργία φύλλων και παραγωγή ποιοτικών καρπών	15
1.14 Χαρακτηριστικά καλής ποιότητας καρπού	16
1.15 Βιοδιεγέρτες και δράση αυτών, που μελετήθηκαν στην παρούσα εργασία	18
1.15.1 Γλουταθειόνη (GSH)	19
1.15.2 Η Acetyl Cysteine (NAC)	19
1.15.3 Σαλκυλικό οξύ (SA)	20
1.15.4 L – Ασκορβικό οξύ (Βιταμίνη C)	20
1.16 Σκοπός εργασίας	21
2 Υλικά και Μέθοδοι	22
2.1 Περιγραφή οπωρώνα μελέτης	22
2.2 Περιγραφή καλλιεργητικών τεχνικών του οπωρώνα μελέτης	22
2.2.1 Σεπτέμβριος	22
2.2.2 Δεκέμβριος	24
2.2.3. Φεβρουάριος	24
2.2.4 Μάρτιος	25

2.2.5	Απρίλιος.....	25
2.2.6	Μάιος	26
2.2.7	Ιούνιος.....	26
2.2.9	Αύγουστος.....	27
2.3	Περιγραφή μεταχειρίσεων	27
2.3.1	Έγχυση στον κορμό	28
2.4	Σύσταση διαλυμάτων	28
2.5	Δείγματα και Μετρήσεις.....	29
2.5.1	Μετρήσεις φύλλων	29
2.5.2	Μετρήσεις ποιότητας καρπών	30
2.5.3	Μετρήσεις βλαστών.....	32
2.6	Στατιστική ανάλυση.....	33
3	Αποτελέσματα.....	34
3.1	Μετρήσεις φύλλων	34
3.2	Μετρήσεις καρπών.....	39
3.3	Μετρήσεις κλάδων.....	48
4	Συζήτηση.....	52
4.1	Τρόπος δράσης των θρεπτικών, που εφαρμόζονται με έκχυση.....	52
4.2	Συνέπειες χλώρωσης, σε διάφορες έρευνες	52
4.3	Αποτελέσματα εφαρμογής θεικού Fe σε διάφορες έρευνες	54
4.4	Αποτελέσματα εφαρμογής χηλικού Fe σε διάφορες έρευνες	56
4.5	Αποτελέσματα εφαρμογής βιοδιεγερτών με έκχυση σε διάφορες έρευνες	57
4.6	Αποτελέσματα εφαρμογής βιοδιεγερτών, που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία, σε διάφορες έρευνες.....	57
4.6.1	Γλουταθειόνη	58
4.6.2	N-acetylcysteine.....	58
4.6.3	Σαλικυλικό οξύ (SA)	59
4.6.4	Ασκορβικό οξύ.....	59
4.7	Οικονομική ανάλυση διαφόρων μεθόδων παροχής Fe σε φυτά	60
5	Συμπεράσματα	62
6	Βιβλιογραφία	63

1. Εισαγωγή

1.1 Σημαντικότητα της Δαμασκηνιάς στην Ελλάδα και στον κόσμο

Οι κυριότερες περιοχές, όπου καλλιεργείται η δαμασκηνιά στην Ελλάδα, αποτελούν η Κεντρική Μακεδονία, η περιοχή του Βόλου και αρκετά νησιά (κυρίως ποικιλίες για αποξηράνση), με συνολική παραγωγή τους 13.000 τόνους (Βασιλακάκης 2016). Ακόμη, η μέση στρεμματική απόδοση της καλλιέργειας είναι ίση με περίπου 1 τόνο καρπών (Θεριός και Δημάση – Θεριού, 2013), ενώ οι εισαγωγές δαμάσκηνων (κύρια αποξηραμένων) στην Ελλάδα κατά το διάστημα 2002-2006 ανήλθαν στα 6 εκατομμύρια € ετησίως. Επίσης, κατά την ίδια περίοδο, οι εξαγωγές δαμάσκηνων της Ελλάδας ανήλθαν στο 1,5 εκατομμύριο € ετησίως. Οι κύριοι παραγωγοί δαμάσκηνων σε παγκόσμια κλίμακα είναι η Κίνα, οι ΗΠΑ, η Σερβία και το Μαυροβούνι, ενώ οι κυριότερες χώρες-εξαγωγείς είναι η Χιλή (62 εκατομμύρια €), οι ΗΠΑ, η Νότια Αφρική, η Ε.Ε. και η Αυστραλία. Ενώ οι κυριότεροι εισαγωγείς είναι η Ε.Ε., οι ΗΠΑ, ο Καναδάς, η Ρωσία, το Χονγκ Κονγκ και το Μεξικό (Θεριός και Δημάση – Θεριού, 2013).

1.2 Διατροφική αξία νωπών και αποξηραμένων δαμάσκηνων

Τα δαμάσκηνα, αποτελούνται κυρίως από υδατάνθρακες και ειδικότερα ζάχαρα. Πρακτικά, μια μερίδα τριών αποξηραμένων δαμάσκηνων περιέχει περίπου 60 θερμίδες και 15,3 γραμμάρια υδατανθράκων, εκ των οποίων τα 9,3 γραμμάρια είναι σάκχαρα. Τα δαμάσκηνα είναι πλούσια σε φυτικές ίνες, αλλά πτωχά σε λίπος και πρωτεΐνη. Ακόμη, αποτελούν σημαντική πηγή καλίου, αλλά και βιταμινών και αντιοξειδωτικών ουσιών πολύτιμων για την υγεία του ανθρώπου. Παρ' ότι η διατροφική αξία των νωπών δαμάσκηνων δε διαφέρει σημαντικά από αυτήν των αποξηραμένων, εντούτοις, τα τελευταία, υπερτερούν ως προς την περιεκτικότητά τους σε ενέργεια, κάλιο, υδατάνθρακες και φυτικές ίνες (Igwe and Charlton, 2020).

ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗ ΕΤΙΚΕΤΑ

Διατροφική αξία ανά μερίδα, με βάση τη συνιστώμενη ημερήσια πρόσληψη 2000kcal για ενήλικα.

Θερμίδες 57.6 kcal 2.9%	Λιπαρά 0.1 γρ. 0.1%	Κορ. Λιπαρά 0 γρ. 0%	Υδατ/κες 15.3 γρ. 5.6%	Φυτ. ίνες 1.8 γρ. 6.4%	Σάκχαρο 9.3 γρ. 10.3%	Πρωτεΐνη 0.6 γρ. 1.2%
Νάτριο 2 γρ. 0%						

Είναι 1. Πίνακας διατροφικής αξίας νωπών δαμάσκηνων (<https://foodforhealth.gr/leksiko-diatrofis/damaskino>)

1.3 Εδαφικές και κλιματικές απαιτήσεις

Η δαμασκηλιά ευδοκιμεί σχεδόν σε όλα τα εδάφη, αλλά θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν πριν το φύτευμα ενός αγροκτήματος, εάν είναι καλά στραγγιζόμενο και επίσης το μικροκλίμα της περιοχής. Σε εδάφη βαριά, τα οποία έχουν μεγάλο κορεσμό ύδατος, ευδοκιμούν ως υποκείμενα της το άγριο σπορόφυτο *P. cerasifera* και το *Myrobalan c29*. Οι γενότυποι *P. insititia* και *P. domestica* είναι ανθεκτικοί στο χειμερινό ψύχος και συγκεκριμένα ο δεύτερος μέχρι -20 βαθμούς κελσίου.

Η δαμασκηλιά για να καρποφορήσει είναι απαραίτητο οι ανθοφόροι οφθαλμοί να υποστούν κάποιες ώρες χαμηλών θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Οι απαιτήσεις των χαμηλών θερμοκρασιών εξαρτώνται από τον γενότυπο και είναι στην *P. domestica* 700-1100 ώρες κάτω από 7 βαθμούς κελσίου. Στην *P. salicina* είναι λιγότερες. Θα πρέπει επίσης να αποφεύγεται η καλλιέργεια της δαμασκηλιάς σε περιοχές με πολλές βροχοπτώσεις και υψηλή ατμοσφαιρική υγρασία την άνοιξη, διότι προσβάλλονται άνθη και βλαστοί από τον μύκητα *Monilinia laxa* (Θερίος, Δημάση – Θεριού, 2013).

1.4 Καλλιεργητικές τεχνικές

1.4.1 Φύτευση και διαμόρφωση

Η φύτευση των δενδρυλλίων πραγματοποιείται σε τετράγωνα ή ρόμβους σε αποστάσεις 6-7 x 6-7 μ ή και λιγότερο. Λόγω της ύπαρξης τόσο αυτογόνιμων, όσο και αυτόστειρων ποικιλιών, καθίσταται αναγκαία η φύτευση επικονιαστών, με συχνότητα φύτευσης: το 3^ο δέντρο κάθε τρίτης γραμμής (Θεριός και Δημάση – Θεριού, 2013). Η παραλαβή των φυταρίων γίνεται τον Νοέμβριο – Δεκέμβριο. Αρχικά, κόβονται οι σπασμένες ρίζες και στη συνέχεια οι άκρες των ριζών κατά 2-5 cm. Εν συνεχεία, ανοίγεται η οπή φύτευσης (καλό είναι να ανοίγονται 1-2 μήνες πριν τη φύτευση, για ηλιοαπολύμανση και καλύτερο αερισμό), με διαστάσεις 20-25 cm βάθος και 40 x 40 cm επιφάνεια (Γάτσιος, 2016).

Συνήθη συστήματα διαμόρφωσης της κόμης της δαμασκηνιάς είναι το κύπελλο, το ελεύθερο σφαιρικό και η κυπελλοπυραμίδα (Βασιλακάκης και Θεριός, 1984). Τέλος, παρ' ότι η δαμασκηνιά αποτελεί φυτό ανθεκτικό σε εδάφη με έντονη και μόνιμη υγρασία (λιμνάζοντα ύδατα), εντούτοις είναι σημαντικό μετά τη φύτευση, το έδαφος να διατηρεί μια ισορροπημένη υγρασία (Bartrum, 2010).

1.4.2 Κλάδεμα

Το κλάδεμα πραγματοποιείται κάθε έτος και αφαιρούνται βλαστοί, οι οποίοι είναι ασθενικοί, πυκνοί ή προστριβόμενοι. Πρωταρχικός στόχος του κλαδέματος είναι η ρύθμιση της παραγωγής και ο καλός φωτισμός της κόμης (Βασιλακάκης και Θεριός, 1984). Άλλος σκοπός του κλαδέματος είναι η διατήρηση κατάλληλου σχήματος, ώστε να επιτυγχάνεται αποτελεσματικότερη φυτοπροστασία, και διευκόλυνση της συγκομιδής (Γάτσιος, 2016). Ακόμη, οι καρποί της δαμασκηνιάς είναι μικροί σε μέγεθος, γι' αυτό αφήνονται πολλοί καρποφόροι βλαστοί, για την επίτευξη ικανοποιητικής παραγωγής. Αντίθετα, σε ποικιλίες με καρπούς μεγάλου μεγέθους, πραγματοποιούνται βραχύνσεις των καρποφόρων βλαστών. Τέλος, σημαντική είναι η γνώση του κύριου σημείου καρποφορίας, το οποίο είναι οι ροζέτες, για την *P. domestica* και οι μικτοί οφθαλμοί, για την *P. salicina* (Βασιλακάκης και Θεριός, 1984).

1.4.3 Αραιώμα

Το αραιώμα είναι απαραίτητο για την επίτευξη παραγωγής καρπών μεγαλύτερου μεγέθους. Πραγματοποιείται με το χέρι, και αφήνεται ένας καρπός κάθε 7-10 cm βλαστού (Θεριός και Δημάση – Θεριού, 2013). Ειδικότερα, το αραιώμα είναι μια τεχνική, που χρησιμοποιείται τους τελευταίους αιώνες, ώστε να βελτιωθεί ο όγκος των καρπών της τρέχουσας καλλιεργητικής περιόδου, καθώς και μειώνεται δραστικά ο κίνδυνος διάδοσης της μονίλιας από καρπό σε καρπό. Όπως αναφέρθηκε, πραγματοποιείται κυρίως με το χέρι, οπότε αποτελεί κοστοβόρα και χρονοβόρα τακτική. Από την άλλη πλευρά, υφίσταται και το μηχανικό αραιώμα, που γίνεται με δόνηση. Η διάρκεια της δόνησης του δέντρου είναι ανάλογη του αραιώματος που επιδιώκεται από τον παραγωγό. Συνήθως, διαρκεί 1-2 sec. Σημειωτέο, πως σε περίπτωση που ο καλλιεργητής επιθυμεί να κάνει χρήση αυτής της μεθόδου, οφείλει να προσδώσει κατάλληλο σχήμα στο δέντρο, ήτοι κορμό, άνω του 1 m και όχι κρεμοκλαδείς βλαστούς.

Τέλος, το χημικό αραιώμα βρίσκεται ακόμη σε πειραματικό στάδιο για τη δαμασκηλιά. Τα κυριότερα προβλήματα αφορούν την περίοδο που πρέπει να γίνει η επέμβαση και τον κίνδυνο για παγετό την ίδια περίοδο. Στην Γαλλία, γίνονταν παλιότερα χρήση προϊόντων του τύπου DNOC (δινιτροορθοκρεζόλη) στα 100 ppm, όταν έχουν ανοίξει 75-80% των ανθέων (Γάτσιος 2016). Στην Ελλάδα, δοκιμάζονται από παραγωγούς διάφορες καυστικές ουσίες, που όμως δεν έχουν μελετηθεί εντατικά και δεν έχουν σταθερά αποτελέσματα. Γενικά, δεν συνίσταται χημική αραιώση των δαμάσκηνων από την επιστημονική κοινότητα.

1.4.4 Άρδευση

Οι απαιτήσεις άρδευσης της δαμασκηλιάς είναι περί τα 200-300 m³ /στρ ετησίως. Η άρδευση θα πρέπει να συνεχίζεται και μετά τη συγκομιδή, διότι επηρεάζει σημαντικά τη διαφοροποίηση ανθοφόρων οφθαλμών και την αύξηση των βλαστών. Ανεπαρκής άρδευση ευθύνεται για καρπούς μικρούς, στυφούς και υπόξιους, ενώ οδηγεί και το δέντρο σε έντονη παρεννιαυτοφορία (Βασιλακάκης και Θεριός, 1984). Αναφορικά, με τις ποικιλίες αποξηραμένων δαμάσκηνων, προκύπτει το ερώτημα: γιατί και πόσο νερό χρειάζεται ένας καρπός, ο οποίος τελικά θα αποξηρανθεί; Το νερό χορηγείται στο έδαφος και όχι απευθείας στον καρπό. Έτσι, η περιεκτικότητα του καρπού σε νερό αποτελεί συνισταμένη της ποικιλίας, της παραγωγής σακχάρων

στα φύλλα, ήτοι σχετίζεται με τη φωτοσύνθεση και τη θρέψη. Έτσι σε περίπτωση όψιμης άρδευσης, το νερό θα διαλύσει τα σάκχαρα των καρπών, με αποτέλεσμα την κακή ποιότητά τους. Γι' αυτό, η άρδευση αρχίζει από τα μέσα του Μαΐου και σταματά, περίπου 1 μήνα προ της συγκομιδής για τις προς αποξήρανση ποικιλίες (Γάτσιος 2016).

1.4.5 Βασική Λίπανση

Η δαμασκηλιά είναι απαιτητική κυρίως σε άζωτο και κάλιο, ενώ οι απαιτήσεις σε φώσφορο είναι μικρές. Οι επιτραπέζιες ποικιλίες είναι πιο απαιτητικές σε άζωτο, ενώ οι αποξηραίνόμενες είναι πιο απαιτητικές σε κάλιο. Οι ανάγκες σε άζωτο ποικίλουν ανάλογα με την ηλικία του δέντρου. Για δέντρα 1-3 ετών δίνονται 100 g NH_4NO_3 / δέντρο, για 3-5 ετών 400 g NH_4NO_3 / δέντρο και για 5 ετών και άνω 1- 1,5 kg NH_4NO_3 / δέντρο. Η απαιτούμενη σε κάλιο λίπανση της δαμασκηλιάς είναι 25 kg / στρέμμα για κάθε διετία (Βασιλακάκης και Θεριός, 1984).

Ειδικότερα, τα αζωτούχα λιπάσματα χορηγούνται από εδάφους, όπου το νερό της άρδευσης ή της βροχής οδηγεί το άζωτο στη ζώνη των ριζών. Ωστόσο, ο φώσφορος και το κάλιο συγκρατούνται άμεσα από το αργιλοχουμικό σύμπλοκο, οπότε και εμφανίζεται πρόβλημα στην απορρόφησή τους από τις ρίζες. Γι' αυτό, η χορήγηση των δυο αυτών μακροθρεπτικών γίνεται διαφορετικά. Συγκεκριμένα, το κάλιο χορηγείται μετασυσλεκτικά, σε δυο δόσεις:

- Το 1/3 της ποσότητας μετά τη συγκομιδή των καρπών
- Τα υπόλοιπα 2/3 της ποσότητας στα τέλη Μαρτίου.

Γενικά, ισχύει, ότι κατά τα πρώτα έτη δίνονται προοδευτικά αύξουσες δόσεις, οι οποίες είναι: 5-8 μονάδες αζώτου, 5 μονάδες φωσφόρου και 8-10 μονάδες καλίου. Από την έναρξη της παραγωγής, οι δόσεις αυξάνονται σε: 8-12 μονάδες αζώτου, 8-10 μονάδες φωσφόρου και 18-20 μονάδες καλίου (Γάτσιος, 2016).

Οι πιο συχνές τροφοπενίες που παρουσιάζονται στη δαμασκηλιά είναι του αζώτου, του καλίου, του ψευδάργυρου, του βορίου, του μαγγανίου και του Fe. Τροφοπενία φωσφόρου δεν παρουσιάζει.

Επάρκεια αζώτου έχουμε όταν στα φύλλα η συγκέντρωση ανέρχεται σε 2,3-2,8%. Επάρκεια καλίου έχουμε όταν η συγκέντρωση στα φύλλα είναι 1% για τις επιτραπέζιες και 1,3% για τις αποξηραίνόμενες. Η τροφοπενία καλίου είναι αρκετά

συχνή και παρουσιάζεται στα φύλλα μέσα Ιουλίου. Προκαλείται περιμετρική χλώρωση και ξήρανση των φύλλων.

Κανονικά επίπεδα ψευδαργύρου έχουμε όταν στα φύλλα υπάρχουν 25-50 ppm Zn. Λιγότερο από 15 ppm έχουμε τροφопενία με μικροφυλλία, μικροκαρπία και βραχυγονάτωση. Αντιμετωπίζεται με ψεκασμούς Zn μετά τη συγκομιδή και στις αρχές της άνοιξης.

Συγκέντρωση βορίου στα φύλλα 33-50 ppm θεωρείται επαρκής. Έχουμε τροφопενία B, όταν αυτό είναι κάτω από 25 ppm. Η *P. domestica* είναι πιο ευπαθής στην έλλειψη B από την *P. salicina*. Ψεκασμοί την άνοιξη και μετά τη συγκομιδή με 60 gr βορικού οξέος ανά τόνο νερού ή άλλων σκευασμάτων διορθώνει την τροφопενία.

Στο μαγγάνιο επάρκεια έχουμε όταν στα φύλλα η συγκέντρωση είναι 53 με 93 ppm.

Αν υπάρχει τροφопενία Fe, τα φύλλα γίνονται σχεδόν λευκά, οι νευρώσεις παραμένουν πράσινες και εμφανίζουν περιμετρική χλώρωση και νέκρωση. Επαρκής συγκέντρωση είναι 100-250 ppm. Δες κατωτέρω για εκτενή ανάλυση σχετική με τη θρέψη του φυτού με Fe.

Τροφопενία χαλκού δεν παρουσιάζεται, διότι με τους χειμερινούς ψεκασμούς με χαλκούχα καλύπτονται οι ανάγκες.

Στο μαγνήσιο μία συγκέντρωση στα φύλλα άνω του 0,25% θεωρείται επαρκής. Συμπτώματα τροφопενίας είναι η μεσονεύρια νέκρωση και το κιτρίνισμα των φύλλων. Συνιστώνται προσθήκη θειϊκού καλιομαγνησίου στο έδαφος τέλος του χειμώνα και διαφυλλικοί ψεκασμοί μετά τη συγκομιδή με $MgNO_3$ ή $MgSO_4$ (Θεριός και Δημάση – Θεριού, 2013).

1.5 Ρόλος και σημασία της εδαφικής οργανικής ουσίας στη διαθεσιμότητα των διαφόρων θρεπτικών

Η οργανική ουσία, από πλευράς περιεκτικότητας θρεπτικών στοιχείων, χαρακτηρίζεται από υψηλή περιεκτικότητα σε N και σε S και μικρή περιεκτικότητα σε K, P, Mg και ιχνοστοιχεία (Cu, Mn, Zn, B κ.λπ.).

Στις οργανικές ενώσεις η κυτταρίνη είναι περίπου 2-10%, η λιγνίνη 35-50%, οι πρωτεΐνες 20-30% και λίπη, κηροί, οργανικά οξέα κ.λπ. από 1-8%. Κατά τη διάσπαση της οργανικής ουσίας, στοιχεία όπως το Ca, K, Mg,

απελευθερώνονται ως διαλυτά κατιόντα και προσκολλώνται στις αρνητικές επιφάνειες των τεμαχιδίων της αργίλου και των συμπλόκων μορίων του χούμου, από όπου ανταλλάσσονται από άλλα κατιόντα και έτσι καθίστανται διαθέσιμα για τα φυτά.

Το οργανικό N εμφανίζεται ως ιόν NH_4^+ , το οποίο μετά από βιολογική οξείδωση μετατρέπεται προς νιτρώδες NO_2 και αυτό προς νιτρικό ιόν NO_3 και στοιχειακό άζωτο.

Ο οργανικά συνδεδεμένος P εμφανίζεται με τη μορφή ανόργανων ιόντων H_2PO_4^- και HPO_4^{2-} . Το οργανικό συνδεδεμένο S συναντάται μετά τη διάσπαση της οργανικής ουσίας ως SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , H_2S και στοιχειακό θείο. Τα νιτρικά και θειικά ιόντα είναι πολύ ευδιάλυτα και μπορεί να εκλύονται, ενώ τα φωσφορικά ιόντα παραμένουν ως αδιάλυτες ενώσεις με Ca, Fe και Al.

Η μετατροπή χημικών στοιχείων της οργανικής ουσίας σε ανόργανες μορφές ονομάζεται ανοργανοποίηση και λόγω αυτής θρεπτικά στοιχεία που βρίσκονται αποθηκευμένα στην οργανική ουσία απελευθερώνονται και μπορούν να χρησιμοποιηθούν και πάλι από τα φυτά και τους μικροοργανισμούς. Η οργανική ουσία δεν παρέχει άμεσα τροφή στα φυτά, αλλά απαιτείται διάσπασή της από μικροοργανισμούς και η διάσπαση των διαφόρων συστατικών της δεν γίνεται με την ίδια ταχύτητα ή ευκολία. Από πλευράς μειούμενης ευκολίας διάσπασης είναι τα απλά σάκχαρα, άμυλο, πολυσακχαρίτες, απλές και σύνθετες πρωτεΐνες, κυτταρίνες, λιγνίνη, λίπη, κηροί, ρητίνες, κλπ.

Η διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων της οργανικής ουσίας είναι μία μακρά διαδικασία, η οποία εξαρτάται από τα συστατικά της, από τους μικροοργανισμούς του εδάφους, από την υγρασία, τη θερμοκρασία, την ύπαρξη γεωργικών πρακτικών (άροση, φρέζα, ζιζανιοκτόνα, φυτοφάρμακα), το pH του εδάφους, τη χημική σύσταση του εδάφους, κ.λπ.

Το οργανικό άζωτο, το οποίο υπάρχει στην οργανική ουσία και η οποία αποδομείται από μικροοργανισμούς, μετατρέπεται σε αμμωνιακό και αυτό ονομάζεται ανοργανοποίηση του αζώτου. Το αμμωνιακό άζωτο μετατρέπεται σε νιτρικό από μία εξειδικευμένη ομάδα μικροοργανισμών του εδάφους, τα λεγόμενα νιτροποιητικά βακτήρια των γενών *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrobacter* και *Nitrococcus*, με μια διαδικασία η οποία ονομάζεται νιτροποίηση. Υπάρχει και μια κατηγορία βακτηρίων, τα οποία δεσμεύουν το ατμοσφαιρικό N και ονομάζονται αζωτοδεσμευτικά και ανήκουν στα γένη *Rhizobium* και *Bradyrhizobium*. Αυτά

αναπτύσσουν συμβιωτικές σχέσεις με φυτά της οικογένειας Fabaceae (ψυχανθή) και μετατρέπουν το ατμοσφαιρικό N_2 σε αμμωνιακά ιόντα NH_4^+ .

Μία άλλη ομάδα ωφέλιμων μικροοργανισμών είναι οι μυκόριζες, οι οποίες είναι εξειδικευμένοι μύκητες, οι οποίοι αναπτύσσουν συμβιωτικές σχέσεις με το ριζικό σύστημα των φυτών (Παναγιωτόπουλος, 2008).

1.6 Χλώρωση ή τροφοπενία Fe

Η ανεπάρκεια Fe, ή τροφοπενία Fe ή όπως είναι γνωστή χλώρωση αποτελεί παγκόσμιο πρόβλημα της δένδροκομίας. Η τροφοπενία Fe στα φυτά πρωτοαναφέρθηκε το 1843 από τον Gris στη Γαλλία, όταν η χλώρωση αμπελιών σε ασβεστούχα εδάφη θεραπεύτηκε με τη χρήση θειικού Fe (Chen και Barak 1982, Korcak 1984).

Η ιστορική καταγραφή και έρευνα της τροφοπενίας αυτής μπορεί να χωριστεί σε τρεις επιμέρους ιστορικές περιόδους. Στην πρώτη, από τα μέσα του 19^{ου} αιώνα έως τις αρχές του 20^{ου}, όπου η έρευνα επικεντρώθηκε στη συσχέτιση της χλώρωσης ως προς τη θρέψη με Fe. Η δεύτερη, αφορά την περίοδο μετά τον Β' παγκόσμιο πόλεμο μέχρι τη δεκαετία του 70', όπου χρησιμοποιήθηκαν εκτενέστερα συνθετικές μορφές χηλικού Fe, και η τρίτη περίοδος, η οποία αντιστοιχεί στην τρέχουσα ερευνητική δραστηριότητα, η οποία και επικεντρώνεται στη μελέτη της φυσιολογίας και βιοχημείας της πρόσληψης του Fe από τα φυτά, και ειδικότερα στο ρόλο της ρίζας σ' αυτή (Korcak 1984).

Ιδίως, στην ημιορεινή περιοχή του τριγώνου Βέροιας – Νάουσας – Έδεσσας, η τροφοπενία Fe αποτέλεσε κατά το παρελθόν σοβαρότατο πρόβλημα των καλλιεργητών. Οι Mengel and Kirkby (1979) αναφέρουν ότι η τροφοπενία Fe δεν εξαρτάται μόνο από την πρόσληψή του από τις ρίζες, αλλά περισσότερο από τη μετακίνηση του στοιχείου εντός των ιστών του φυτού και των κυττάρων. Η απορρόφησή του από τα κύτταρα των φύλλων αποδεικνύεται έντονα εξαρτημένη από το pH. Συγκεκριμένα, σε pH μεγαλύτερο του 8,5, ο Fe δε μετακινείται καθόλου μέσα από τις κυτταρικές μεμβράνες. Στην περίπτωση αυτή, ο Fe παραμένει ως ίζημα στα μεσοκυττάρια διαστήματα και δε συμμετέχει στη σύνθεση της χλωροφύλλης. Έτσι, εξηγείται και το αντιφατικό να εντοπίζεται μεγαλύτερη ποσότητα Fe σε χλωρωτικά φύλλα παρά σε καταπράσινα (Τσαντήλας και άλλοι, 1992β). Ακόμη, τα χλωρωτικά

φύλλα, όταν ψεκάζονται με διαλύματα οξέων, μετατρέπονται ταχύτατα σε ελαφρώς πράσινα, διότι κινητοποιείται προσωρινά ο Fe εντός αυτών.

Η τροφοπενία Fe είναι εύκολα ορατή και αποτελεί το δεύτερο σοβαρότερο πρόβλημα ανεπάρκειας μικροθρεπτικού μετά τον Zn. Το πρόβλημα της τροφοπενίας Fe έχει βελτιωθεί σε σχέση με το παρελθόν λόγω της χρήσης ανθεκτικότερων υποκειμένων, όπως το GF677, αλλά και λόγω της χρήσης χηλικών μορφών Fe. Ωστόσο, το πρόβλημα παραμένει έντονο σε καλλιέργειες, όπως η ακτινιδιά, η αχλαδιά, η ροδακινιά και η δαμασκηνιά.

1.7 Συμπτώματα χλώρωσης

Η έννοια της χλώρωσης χρησιμοποιείται ως όρος στη Δενδροκομία και Φυτοπαθολογία, προκειμένου να περιγράψει τη μείωση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης στα φύλλα. Η χλώρωση μπορεί να οφείλεται σε διάφορα αίτια ενώ αναλόγως της έντασής της, τα συμπτώματα, που παρουσιάζουν τα φύλλα, είναι ο ανοικτοπράσινος ή λευκοκίτρινος μεταχρωματισμός.

Στην παρούσα διατριβή, ο όρος χλώρωση αναφέρεται αποκλειστικά στην περίπτωση της τροφοπενίας Fe.

Τα χλωρωτικά φύλλα των φυτών των δαμάσκηνων παρουσιάζουν χαμηλές συγκεντρώσεις χρωστικών, τόσο χλωροφυλλών όσο και καροτενοειδών, ενώ θα πρέπει να γίνει διακριτό, ότι οι ποσοτικές και ποιοτικές μεταβολές στη σύσταση των φωτοσυνθετικών χρωστικών σε συνθήκες τροφοπενίας Fe διαφέρουν από αυτές που παρατηρούνται κατά τη γήρανση ή τη χλώρωση των φύλλων λόγω ελλιπούς φωτισμού (Abadia et al. 1989, 1991).

Ο Fe είναι δυσκίνητο στοιχείο, έτσι η εκδήλωση των συμπτωμάτων της έλλειψης αυτού αρχίζει από τα νεαρά φύλλα. Αυτά παρουσιάζουν, αρχικά, μια ωχροκίτρινη χλώρωση, ανάμεσα στο δίκτυο των νεύρων. Σε περιπτώσεις πολύ σοβαρής έλλειψης, παρατηρείται περιφερειακό και ακραίο κάψιμο των φύλλων. Η αύξηση των βλαστών δεν επηρεάζεται σημαντικά από την έλλειψη Fe. Ωστόσο, οι καρποί των δέντρων με έλλειψη Fe δεν αποκτούν ικανοποιητικό μέγεθος, γεύση και κόκκινο χρώμα. Τέλος, σε ακραίες μορφές έλλειψης Fe παρατηρείται αποφύλλωση και εν συνεχεία ξήρανση των κορυφών, ενώ δεν αποκλείεται και η ολική νέκρωση του φυτού (Στυλιανίδης, Σιμώνης, Συργιανίδης, 2002).

1.8 Αποθήκευση Fe εντός του φυτού

Ο Fe αποθηκεύεται κατά κύριο λόγο στα φυτικά κύτταρα, με τη μορφή της φερριτίνης, η οποία αποτελεί μέρος του στρώματος των πλαστιδίων των φύλλων (χλωροπλαστών, προπλαστιδίων, αμυλοπλαστών, κ.ά.). Γενικά, η φερριτίνη παρουσιάζει μεγάλη ικανότητα συγκράτησης Fe. Ο βασικός της ρόλος είναι ο έλεγχος της ομοιόστασης του κυτταρικού Fe και η άμυνα του φυτού έναντι τόσο βιοτικών παραγόντων καταπόνησης όσο και αβιοτικών (Briat 1996, Imsade 1998).

1.9 Συμμετοχή Fe σε ενζυμικά συστήματα του κυττάρου

Η πιο γνωστή λειτουργία του Fe είναι στα ενζυμικά συστήματα αίμης τα οποία είναι πολύ σημαντικά στη μεταφορά ηλεκτρονίων στη φωτοσύνθεση και για την αναπνοή. Ο Fe αποτελεί σημαντικό συστατικό πολλών ενζύμων. Το μεγαλύτερο, ωστόσο, μέρος του αποτελεί κομμάτι μιας φωσφοροπρωτεΐνης, που ονομάζεται φυτοφερριτίνη. Η παραπάνω αποτελεί ουσιαστικά αποθήκη Fe για τους χλωροπλάστες εντός των φύλλων για τις ανάγκες της φωτοσύνθεσης. Έτσι, οι κύριες λειτουργίες του Fe αφορούν τη σύνθεση της χλωροφύλλης, τη φωτοσύνθεση, τη σύνθεση του ριβονουκλεϊκού οξέος, καθώς και τη δέσμευση του ατμοσφαιρικού αζώτου στα ψυχανθή (Montvedt et al. 1991).

Συνεπώς, η έλλειψη Fe οδηγεί σε μείωση της σύνθεσης και συγκέντρωσης χλωροφύλλης και άλλων απαραίτητων για τη φωτοσύνθεση χρωστικών, όπως της καροτίνης και της ξανθοφύλλης.

1.10 Ο Fe στο έδαφος

Ο Fe, μετά το αργίλιο, αποτελεί το πιο διαδεδομένο μέταλλο. Είναι τέταρτο κατά σειρά αφθονίας στοιχείο στον πλανήτη και αποτελεί το 5% του στερεού φλοιού της γης.

Ο Fe εντοπίζεται στο έδαφος, κυρίως σε πρωτογενή ορυκτά. Τα σπουδαιότερα ορυκτά του Fe είναι ο αιματίτης (Fe_2O_3), ο μαγνητίτης (Fe_3O_4) και ο σιδηροπυρίτης (FeSi_2). Με την αποσάθρωση αυτών, ο Fe εμφανίζεται σε ιλλιτικά ορυκτά της αργίλου (Στυλιανίδης, Σιμώνης, Συργιαννίδης, 2002).

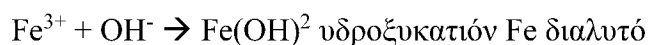
Ο Fe βρίσκεται στο έδαφος σε μορφή τρισθενή (Fe^{3+}), δισθενή (Fe^{2+}) και σε χηλική μορφή. Γι' αυτόν τον λόγο, η πρόσληψη του ανόργανου Fe συνδέεται με την ικανότητα των ριζών να μειώνουν το pH και να ανάγουν τον τρισθενή σε δισθενή,

στην περιοχή της ριζόσφαιρας. Για την επίτευξη του παραπάνω, οι ρίζες εκκρίνουν αναγωγικές ουσίες, που καθιστούν τον Fe δισθενή χηλικοποιημένο και προσλήψιμο.

Εάν ο Fe είναι δεσμευμένος από χηλικές ουσίες, τότε πρέπει να αναχθεί σε δισθενή, για να είναι προσλήψιμος από τα φυτά. Συγκεκριμένα, οι ρίζες απελευθερώνουν υδρογόνο, το οποίο μειώνει το pH γύρω από τις ρίζες και τελικά ευνοείται η διαλυτότητα του Fe, η χηλικοποίησή του και η αναγωγή του σε δισθενή (Loue, 1986). Επίσης, τα διάφορα είδη φυτών και κυρίως τα διάφορα υποκείμενα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους, ως προς τη δυνατότητα πρόσληψης του Fe.

Το υψηλό pH παρεμποδίζει την απορρόφηση Fe από τις ρίζες με αποτέλεσμα την έλλειψή του στο φυτό. Επειδή ο Fe αποτελεί τμήμα του φωτοσυνθετικού μηχανισμού, ολόκληρος αυτός ο μηχανισμός δεν αναπτύσσεται ικανοποιητικά στα φύλλα και αυτά παρουσιάζουν το γενικό σύμπτωμα της χλώρωσης. Γενικά, η τιμή του εδαφικού pH θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική για τη μείωση της χλώρωσης των δέντρων, διότι έχει παρατηρηθεί ότι τα φυτά και οι μικροοργανισμοί, που επιβιώνουν στο έδαφος, έχουν άλλοτε προτίμηση σε αλκαλικό και άλλοτε σε όξινο έδαφος. Ακόμη, η άριστη τιμή pH για τη διαθεσιμότητα πολλών θρεπτικών κυμαίνεται μεταξύ 6,0 και 7,0. Για τη βελτίωση των όξινων εδαφών, θα πρέπει να πραγματοποιείται ασβέστωμα πριν την εγκατάσταση του οπωρώνα. Στα αλκαλικά εδάφη επίσης, όταν εφαρμόζονται επιφανειακά αμμωνιακά αζωτούχα λιπάσματα για τη μείωση του pH, τότε υφίσταται ο κίνδυνος να χαθεί η αμμωνία με εξαέρωση αν δεν διαβραχεί και εισχωρήσει στο έδαφος σύντομα μετά την εφαρμογή (Στυλιανίδης, Σιμώνης, Συργιαννίδης, 2002).

Σε αλκαλικές συνθήκες, όπως είναι τα εδάφη με υψηλό pH και πολύ ανθρακικό ασβέστιο, το ιόν του τρισθενούς Fe, επειδή έχει υψηλό αριθμό οξείδωσης, σχηματίζει υδροξείδια κατά την αντίδραση:



Παρά τις μεγάλες ποσότητες του Fe στο έδαφος, η διαλυτότητα των περισσοτέρων μορφών του είναι περιορισμένη. Όπως προαναφέρθηκε, η διαθεσιμότητα του Fe καθορίζεται από τη διαλυτότητά του στο εδαφικό διάλυμα και εξαρτάται από την όξινη αντίδραση του εδάφους, το δυναμικό οξειδοαναγωγής, και τη συμπλοκοποίησή του σε χηλικές ενώσεις (Schwertmann 1991). Ακόμη,

υπολογίζεται, ότι για κάθε αύξηση του pH κατά μια μονάδα, η ενεργότητα του Fe^{3+} στο εδαφικό διάλυμα μειώνεται κατά 1000 φορές (Lucena 2000).

Η πιο εκτεταμένη χλώρωση Fe εμφανίζεται σε πλούσια σε ανθρακικό ασβέστιο εδάφη, και αποκαλείται χλώρωση ασβεστίου (Kochan, 1976). Τα παραπάνω εδάφη, χαρακτηρίζονται, από υψηλή περιεκτικότητα ανθρακικών ιόντων (CO_3^{2-}), από υψηλή συγκέντρωση ασβεστίου (Ca^{2+}) και από υψηλές τιμές pH. Πλέον, είναι γνωστό, ότι οι παραπάνω συνθήκες απορρέουν πρωταρχικά από την περίσσεια HCO_3^- . Η αφθονία του HCO_3^- κοντά στη ρίζα συμβάλλει στην αυξημένη απορρόφησή του από τη ρίζα, η οποία αυξάνει το pH στους ιστούς του φυτού, με τελικό στάδιο την ακινητοποίηση του Fe εντός τους (Loue 1986, Mengel and Kirkby 1982).

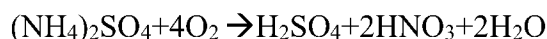
Ειδικότερα, στα ασβεστούχα εδάφη, που περιέχουν περισσότερο από 20% ολικό ανθρακικό Ca και pH που κυμαίνεται μεταξύ 7,40 και 8,50, η συγκέντρωση του ολικού διαλυτού Fe είναι της τάξεως 10^{-10} M (Lindsay 1991, 1995). Αντίθετα, στα ελαφρώς όξινα εδάφη, η συγκέντρωση του διαλυτού Fe, ανέρχεται σε 10^{-6} M. Για να καλύψουν τις ανάγκες τους τα φυτά απαιτούν 10^{-7} M Fe στο εδαφικό διάλυμα, οπότε η συγκέντρωση που προαναφέρθηκε (10^{-6} M), θεωρείται επαρκής για την ικανοποιητική θρέψη των φυτών (Lindsay and Schwab 1982).

Η υψηλή συγκέντρωση, λοιπόν, του εδαφικού διαλύματος των ασβεστούχων εδαφών σε όξινα ανθρακικά ιόντα, θεωρείται ο σοβαρότερος παράγοντας της τροφопενίας Fe. Οι υψηλές συγκεντρώσεις CO_2 , οι οποίες δημιουργούνται είτε λόγω κακής αποστράγγισης του εδάφους, είτε λόγω της συνεχούς υδατικής κατάκλυσης, οδηγούν στη διαλυτοποίηση του ελεύθερου CaCO_3 του εδάφους και στο σχηματισμό διαλυτών διττανθρακικών αλάτων. Έτσι, η υψηλή συγκέντρωση όξινων ανθρακικών ιόντων προκαλεί την ανύψωση του pH και τη διατήρησή του σε υψηλά επίπεδα (Chaney 1984).

Τέλος, ο Fe, που συγκρατείται από την οργανική ουσία, γίνεται διαθέσιμος, όταν αυτή αποσυντίθεται. Ωστόσο, όταν η αποσύνθεση της οργανικής ουσίας συμβεί κάτω από αναερόβιες συνθήκες (πολλή υγρασία), τότε η παράλληλη παραγωγή αιθυλενίου και CO_2 δρα αρνητικά για την πρόσληψη του Fe από τα φυτά (Στυλιανίδης, Σιμώνης, Συργιαννίδης, 2002).

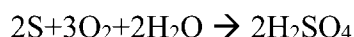
1.11 Μείωση χλώρωσης σε αλκαλικά εδάφη

Στα όξινα εδάφη η διαθεσιμότητα του Fe είναι μεγάλη και για τη μείωση της τροφοπενίας του Fe σε υψηλό εδαφικό pH εφαρμόζονται διάφορες μέθοδοι. Η χρήση του λιπάσματος της θειικής αμμωνίας απεδείχθη ότι χαμηλώνει το pH του εδάφους, διότι υφιστάμενο μικροβιακή οξείδωση από τους μικροοργανισμούς του εδάφους, παράγει ισχυρά ανόργανα οξέα και κατεβάζει το pH των αλκαλικών εδαφών κατά την αντίδραση.



Ωστόσο, δεν αποκλείεται, κακοί χειρισμοί των γεωργών, όπως εφαρμογή ισχυρών νιτρικών λιπάνσεων και κακή εφαρμογή άρδευσης, να αποτελούν παράγοντες αμεσότερης εκδήλωσης της τροφοπενίας (Στυλιανίδης, Σιμώνης, Συργιανίδης, 2002).

Παρόμοιο αποτέλεσμα επιτυγχάνεται με την ενσωμάτωση στα αλκαλικά εδάφη στοιχειακού θείου, το οποίο οξειδώνεται βιοχημικά από τα βακτήρια του γένους *Thiobacillus* κατά την αντίδραση



Η προσθήκη οργανικής ουσίας, η οποία αποδομούμενη από τους μικροοργανισμούς, παράγει οργανικά οξέα τα οποία οξινίζουν το έδαφος, αλλά είναι μία αργή και μακρά διαδικασία.

Οι χηλικοί παράγοντες δρουν ως φορείς του Fe στις ρίζες των φυτών. Κατόπιν αναγωγής του Fe^{3+} σε Fe^{2+} από το εμπλουτισμένο με οργανική ουσία και χηλικές ουσίες περιβάλλον των ριζών, ο χηλικός Fe διασπάται σε Fe^{2+} και απορροφάται από τη ρίζα, η δε απελευθερωμένη χημική ένωση διαχέεται εκ νέου στο εδαφικό διάλυμα (Lindsay and Schwab 1982).

Στο εμπόριο κυκλοφορούν πολλές μορφές συνθετικών χηλικών μορφών Fe και την καλύτερη συγκράτηση του Fe σε χηλική μορφή σε υψηλό pH έχει η μορφή EDDHA.

Η διόρθωση της τροφοπενίας του Fe σε ασβεστούχα εδάφη με τη χρήση χηλικών σκευασμάτων Fe επιβαρύνει το κόστος της παραγωγής, διότι έχει υψηλό κοστολόγιο και πρέπει να εφαρμόζεται κάθε έτος

Άλλοι τρόποι μείωσης της τροφοπενίας Fe που χρησιμοποιήθηκαν διαχρονικά, ήταν η αποφυγή αναμόχλευσης του εδάφους για αποφυγή καταστροφής του επιφανειακού ριζικού συστήματος, η προσθήκη οργανικής ουσίας (με προϋπόθεση, αυτή να είναι ήδη χωνεμένη, για αποφυγή δημιουργίας αναερόβιων συνθηκών

αποσύνθεσης και άρα την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακος, το οποίο αυξάνει τη χλώρωση), καθώς και την οξינוποίηση των αλκαλικών εδαφών με προσθήκη όξινων λιπασμάτων.

Πιο συγκεκριμένα, στις ΗΠΑ πραγματοποιείται μέχρι και σήμερα εκτενής εφαρμογή στο έδαφος θεικού οξέος. Συγκεκριμένα, ανοίγονται τρεις οπές στο έδαφος βάθους 30 cm και σε απόσταση 1,5 m από τον κορμό. Στη συνέχεια, εφαρμόζονται 700-1500 cm³ θεικού οξέος, αφού πρώτα αυτό αραιωθεί με νερό, σε αναλογία 1 μέρος θεικού οξέος και τριών μερών ύδατος. Η εφαρμογή, ωστόσο, πρέπει να γίνει μόνο στη μια πλευρά των δέντρων σε όλη τη σειρά (Chandler, 1965).

Συγκεκριμένα, τα οξείδια του Fe, τα οποία ανήκουν στις ανόργανες μορφές του, είναι λιγότερο αποτελεσματικά για χρήση στο έδαφος από τις θεικές ενώσεις. Αυτό, γιατί το περιεχόμενο θείου στις θεικές ενώσεις συμβάλει στη μείωση του pH και άρα βοηθάει στο να καταστεί ο Fe περισσότερο ευδιάλυτος. Ωστόσο, στα έντονα ασβεστούχα εδάφη, οι προαναφερθείσες θεικές ενώσεις του Fe αδιαλυτοποιούνται γρήγορα με αποτέλεσμα τη μη πρόληψη του Fe από τις ρίζες.

Υπάρχουν διάφορες οργανικές μορφές Fe, η κυριότερη των οποίων αποτελεί η Fe EDTA (6% Fe). Η παραπάνω είναι καταλληλότερη κυρίως για όξινα εδάφη. Σε εδάφη με pH άνω του 6, ο Fe μπορεί να αντικατασταθεί από το ασβέστιο κι έτσι προκύπτει το Ca EDTA2. Γι' αυτό, σε αλκαλικά εδάφη συνιστάται η χρήση της μορφής EDDHA και μάλιστα σε μορφή ORTHO-ORTHO. Η απαιτούμενη ποσότητα του σκευάσματος εξαρτάται από τον βαθμό της χλώρωσης και το μέγεθος των δέντρων. Σε μεγάλα δέντρα πυρηνοκάρπων χρησιμοποιείται συνήθως ποσότητα 50-100 g/δέντρο. Γενικά ισχύει ο κανόνας: 4-10 g σκευάσματος για κάθε εκατοστό διαμέτρου κορμού.

Τελικά, καθίσταται σαφές, ότι οριστική λύση δεν είναι οι επεμβάσεις μεταβολής των εδαφικών συνθηκών (change the soil), αλλά η δημιουργία και η χρήση υποκειμένων, τα οποία θα αντέχουν σε υψηλό pH χωρίς να εμφανίζουν τροφопενία Fe (change the plant) (Chaney et al. 1989).

1.12 Γενικότερη Αντιμετώπιση ανεπάρκειας Fe

Ο οικονομικότερος και πλέον αποτελεσματικότερος τρόπος αντιμετώπισης της χλώρωσης αποτελεί η χρήση ανθεκτικών υποκειμένων και ποικιλιών. Τα νέα υποκείμενα θα πρέπει να έχουν ισχυρό ριζικό σύστημα, μειωμένη ζωηρότητα,

πρωιμότητα, αντοχή σε ιώσεις, φυτοπλάσματα, νηματώδεις, φυτόφθορα κ.λπ., και να δίνουν ποιοτική και ποσοτική παραγωγή

Διαφυλλικά εφαρμόζονται όλες οι μορφές Fe χωρίς, ωστόσο, ιδιαίτερα αποτελέσματα (Στυλιανίδης, Σιμώνης, Συργιανίδης, 2002).

1.13 Καλή λειτουργία φύλλων και παραγωγή ποιοτικών καρπών

Κατά τη φωτοσύνθεση τα φυτά δημιουργούν φωτοχημικές και βιοχημικές αντιδράσεις, για τη βιοσύνθεση οργανικών ενώσεων όπως είναι η χλωροφύλλη, τα καροτενοειδή, οι πρωτεΐνες, τα σάκχαρα, τα λιπίδια, οι βιταμίνες, κ.λπ.

Για την πραγματοποίηση των βιοχημικών αντιδράσεων της φωτοσύνθεσης και όλων των διαδικασιών εντός του φυτού για την παραγωγή οργανικών ενώσεων απαιτούνται ηλιακή ενέργεια, κατάλληλα ένζυμα και υποστρώματα. Και τα μεν ένζυμα είναι πρωτεϊνικά μόρια, τα οποία καταλύουν τις χιλιάδες βιοχημικές αντιδράσεις που πραγματοποιούνται μέσα στα κύτταρα, τα δε υποστρώματα είναι τα ανόργανα θρεπτικά, τα οποία στέλνει στα φύλλα το ριζικό σύστημα, ή οργανικές ουσίες που παράγονται από τη φωτοσύνθεση.

Αυτά τα ανόργανα θρεπτικά είναι τα μακροστοιχεία (N, K, P, Ca, Mg, S) και τα μικροστοιχεία (Zn, B, Fe, Cu, Mo, Mn, Cl). Οι ανάγκες των φύλλων σε θρεπτικά συστατικά εξαρτώνται από το φυτικό είδος. Διαφορετικά φυτικά είδη έχουν διαφορετικές ανάγκες σε θρεπτικά στοιχεία. Η άριστη ανάπτυξη και λειτουργία κάθε φύλλου επιτυγχάνεται σε συγκεκριμένη περιοχή συγκεντρώσεως κάθε στοιχείου (βέλτιστα όρια). Παρέκκλιση από τα όρια αυτά, είτε λόγω ανεπάρκειας, είτε λόγω υπερεπάρκειας, οδηγεί σε νοσηρές καταστάσεις. Στην περίπτωση της ανεπάρκειας ονομάζονται τροφοπενίες, ενώ στην περίπτωση της υπερεπάρκειας τοξικότητες.

Επειδή κάθε ένα από τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία έχει τη δική του λειτουργική φυσιολογία, τα συμπτώματα της τροφοπενίας υποδηλώνουν και το στοιχείο το οποίο προκαλεί το σύμπτωμα π.χ. έλλειψη Mg, το οποίο αποτελεί συστατικό της χλωροφύλλης, προκαλεί συμπτώματα διάχυτης χλώρωσης, στις μεσονεύριες περιοχές των παλαιότερων φύλλων.

Φύλλα μεγάλου μεγέθους και σκούρου πρασίνου χρώματος είναι καθρέπτης της υγείας των φυτών ή υψηλής διαθεσιμότητας N ή έλλειψης προσβολών από εχθρούς και ασθένειες.

Εάν υπάρχουν καρποί στο φυτό, τα φωτοσυνθετικά προϊόντα των φύλλων κατά προτεραιότητα κατευθύνονται στους καρπούς, για την αύξηση και ωρίμανσή τους και δευτερευόντως στο ριζικό σύστημα και τη δημιουργία νέας βλάστησης.

Για μία ποσοτική και ποιοτική παραγωγή καρπών απαιτούνται η έκθεση του φυλλώματος στον ήλιο, κανονικές αρδεύσεις, αφθονία και ισορροπία των ανόργανων θρεπτικών στοιχείων και αποφυγή προσβολής των φύλλων από εντομολογικές και μυκητολογικές ασθένειες (Καραμπουρνιώτης, 2016).

1.14 Χαρακτηριστικά καλής ποιότητας καρπού

Οι καρποί, οι οποίοι προορίζονται για την αγορά και τους καταναλωτές, πρέπει να πληρούν κάποια ποιοτικά κριτήρια. Αυτά είναι το ομοιόμορφο μέγεθος, το σχήμα, ο χρωματισμός, η έλλειψη ασθενειών, αλλοιώσεων και κτυπημάτων, το άρωμα, η ασφάλεια του προϊόντος για τον άνθρωπο και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.

Σε γενικές γραμμές, ένας καρπός καλής ποιότητας πρέπει να είναι πλούσιος σε αντιοξειδωτικά, όπως είναι η βιταμίνη C, οι πολυφαινόλες, τα φλαβονοειδή, οι ανθοκυάνες οι οποίες είναι χρωστικές που δίνουν τα κόκκινα, μπλε και μωβ χρώματα στους καρπούς, να έχει ισορροπία σακχάρων-οξέων, διαιτητικές ίνες, μέταλλα και αρώματα.

Η ποιότητα των καρπών εξαρτάται από την ποικιλία και τις καλλιεργητικές πρακτικές. Μεγάλη ποσότητα N καθιστά τους καρπούς υδαρείς, μεγάλους, χαμηλής γευστικότητας και επιρρεπείς σε μυκητολογικές ασθένειες. Η λίπανση με K αυξάνει τον χρωματισμό και τα σάκχαρα, ενώ το Ca ενισχύει τα κυτταρικά τοιχώματα, τη συνεκτικότητα και τη μετασυλλεκτική ζωή των καρπών. Διαφορετικά μικροκλίματα, διαφορετικές καλλιεργητικές πρακτικές και διαφορετικά εδάφη δίνουν διαφορετικά χαρακτηριστικά σε καρπούς της ίδιας ποικιλίας. Στα βουνά λόγω αυξημένης υπεριώδους ακτινοβολίας οι καρποί έχουν εντονότερα χρώματα και γεύση σε σύγκριση με τους ίδιους στα πεδινά.

Αλλά και στο ίδιο δένδρο, καρποί από το εσωτερικό και το κάτω μέρος της κόμης του δέντρου, οι οποίοι δεν δέχονται αρκετή ηλιακή ακτινοβολία, υστερούν χρωματικώς και γευστικώς από τους εκτεθειμένους στον ήλιο. Χρήση κόμποστ και κοπριάς παράγει καρπούς με καλύτερα γευστικά χαρακτηριστικά.

Ο χρόνος συγκομιδής είναι πολύ βασικός παράγοντας για όλους τους καρπούς. Πολύ πρόωρη συγκομιδή δίνει καρπούς, οι οποίοι δεν ωριμάζουν ικανοποιητικά, ενώ

όψιμη και καθυστερημένη δίνει μικρή μετασυλλεκτική ζωή στους καρπούς. Καρποί συγκομιζόμενοι στην ωρίμανσή τους, έχουν περισσότερα σάκχαρα, βιταμίνες, χρώματα, αντιοξειδωτικά και αρώματα, αλλά δεν έχουν μεγάλη διάρκεια συντηρησιμότητας.

Οι καρποί αναλόγως του τρόπου ωριμάνσεώς των χωρίζονται σε κλιμακτηρικούς, οι οποίοι συγκομίζονται πριν την ωρίμανσή των και ωριμάζουν αργότερα, όπως είναι οι ντομάτες, τα μήλα, τα ροδάκινα, τα αχλάδια, τα νεκταρίνια, οι μπανάνες, οι λωτοί, τα ακτινίδια, τα αβοκάντο, και μη κλιμακτηρικούς οι οποίοι συγκομίζονται ώριμοι, όπως είναι τα κεράσια, τα λεμόνια, τα μανταρίνια, τα πορτοκάλια, κ.ά. Για τον κατάλληλο χρόνο συγκομιδής ελέγχονται κάποιοι δείκτες, οι οποίοι είναι:

- α) η ολική οξύτητα του καρπού, για την οποία απαιτείται εργαστηριακή εξέταση με τιτλοδότηση
- β) το βασικό χρώμα και το επίχρωμα
- γ) η συνεκτικότητα (σκληρότητα) της σάρκας, η οποία μειώνεται κατά την ωρίμανση και αξιολογείται με τη χρήση πιεσόμετρων τα οποία ονομάζονται πενετρόμετρα και αποτελεί σημαντικό κριτήριο συλλεκτικής ωριμότητας.
- δ) τα σάκχαρα (Διαλυτά Στερεά Συστατικά ΔΣΣ) αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος των ΔΣΣ του χυμού των καρπών και η συγκέντρωσή τους αυξάνεται κατά την ωρίμανση, καθώς διασπάται προοδευτικά το τυχόν υπάρχον άμυλο σε σάκχαρα. Η μέτρηση γίνεται σε μικρό όγκο χυμού, στους 20 °C με χρήση διαθλασιμέτρου, το οποίο μετράει τα σάκχαρα στην κλίμακα Brix, που αντιστοιχεί σε ποσοστιαία συγκέντρωση διαλυτών στερεών συστατικών (κυρίως σάκχαρα στους γλυκείς καρπούς) επί τοις εκατό.

Να σημειωθεί ότι άλλα είναι τα κριτήρια ποιότητας του εμπορίου και άλλα των καταναλωτών. Σε ευρωπαϊκές εκθέσεις φρούτων, όπως η Fruit Logistica του Βερολίνου, μεγάλες αλυσίδες πολυκαταστημάτων (super markets) της Ευρώπης, ζητούν από τους ελληνικούς συνεταιρισμούς και εξαγωγείς εμπόρους, φρούτα τα οποία θα πρέπει να έχουν αυστηρή τυποποίηση σε μέγεθος, χρώματος υποχρεωτικώς σκούρο κόκκινο και πολύ μεγάλη διάρκεια παραμονής στον πάγκο ή τα ράφια των πολυκαταστημάτων, χωρίς να εμφανίζουν πρόωρη ωρίμανση ή σήψεις. Για αρώματα και γεύσεις ουδεμία απαίτηση (Θεριός και Δημάση-Θεριού, 2013). Οι συνεταιρισμοί, ζητούν από τους αγρότες της περιοχής Νάουσας να εκριζώσουν τα οπωροφόρα δένδρα με φρούτα χρώματος κιτρινοκόκκινο (τα οποία είναι εύγεστα) και να τα

αντικαταστήσουν με νέες ποικιλίες χρώματος σκούρου κόκκινου και μεγάλης σκληρότητας.

1.15 Βιοδιεγέρτες και δράση αυτών, που μελετήθηκαν στην παρούσα εργασία

Σύμφωνα με τον Jardin (2015), ως βιοδιεγέρτης ορίζεται οποιαδήποτε ουσία ή μικροοργανισμός εφαρμόζεται σε φυτό με σκοπό να ενισχύσει την επάρκεια των θρεπτικών συστατικών, την αντοχή σε αβιοτικές καταπονήσεις ή και χαρακτηριστικά ποιότητας στην παραγωγή, ανεξάρτητα από το περιεχόμενο του φυτού σε θρεπτικά. Κατά τους Brown et al. (2015), οι βιοδιεγέρτες ορίζονται ως: προϊόντα με περιεχόμενες ουσίες ή ουσία, ή και μικροοργανισμούς, των οποίων η χρήση όταν εφαρμόζονται στα φυτά ή την ριζόσφαιρα είναι να ενεργοποιεί φυσικές διεργασίες που ενισχύουν ή ωφελούν την πρόσληψη των θρεπτικών, τη θρεπτική επάρκεια, την αντοχή σε αβιοτικές καταπονήσεις, και την ποιότητα της παραγωγής. Οι βιοδιεγέρτες μπορούν να εφαρμοστούν είτε στο έδαφος είτε στα φύλλα του φυτού ανάλογα με τη σύνθεσή τους και τα αναμενόμενα αποτελέσματα (Paradikovic et al., 2019). Οι Bulgari et al. (2015) υποστηρίζουν πως ο χαρακτηρισμός των βιοδιεγερτών θα πρέπει να γίνεται με βάση την απόκριση του φυτού, υποδεικνύοντας τη φυσιολογία και τα μεταβολικά μονοπάτια με τα οποία σχετίζονται. Επιπλέον, οι βιοδιεγέρτες δεν έχουν σταθερά αποτελέσματα μεταξύ των διαφόρων ειδών φυτών λόγω της διαφορετικού κατωφλίου ευαισθησίας ενός ή και περισσότερων στοιχείων του βιοδιεγέρτη και των πιθανώς απόντων συνεργιστικών σχέσεων (Bulgari et al., 2015). Έχουν ένα ευρύ φάσμα δράσης και συμμετέχουν ευεργετικά σε πολλές διεργασίες του φυτού, καθώς:

- Ενισχύουν την άμυνα του φυτού.
- Βοηθούν στην καλύτερη πρόσληψη των θρεπτικών στοιχείων από το φυτό.
- Αναπτύσσουν τη μικροβιακή δραστηριότητα του εδάφους.

Οι ασθένειες και το αβιοτικό στρες όπως η ξηρασία, η αλατότητα και οι ακραίες θερμοκρασίες, ευθύνονται για τεράστιες απώλειες καλλιεργειών παγκοσμίως. Προκειμένου να αποφευχθούν αυτές οι απώλειες, οι βιοδιεγέρτες ενσωματώνονται

όλο και περισσότερο στα συστήματα παραγωγής με στόχο την τροποποίηση των φυσιολογικών διεργασιών στα φυτά και τη βελτιστοποίηση της παραγωγικότητας.

Οι βιοδιεγέρτες περιέχουν στη σύστασή τους μία μεγάλη ποικιλία οργανικών ενώσεων, όπως χουμικά οξέα, εκχυλίσματα φυκιών, βιταμίνες, αμινοξέα, ασκορβικό οξύ κ.ά.

Σχεδόν όλες οι εταιρείες παραγωγής εισροών στη γεωργία αναπτύσσουν νέα προϊόντα βιοδιεγερτών κάθε χρόνο, αλλά μέχρι σήμερα, είναι λίγες οι γνώσεις για τους μηχανισμούς δράσης αυτών των εισροών. (Biostimulants and their role in improving plant growth. <https://www.interchopen.com/chapters/69956>)

1.15.1 Γλουταθειόνη (GSH)

Η γλουταθειόνη (GSH, g – glutamylcysteinylglycine) σχηματίζεται από τρία αμινοξέα. Την γλουταμίνη, την κυστεΐνη, και τη γλυκίνη. Τα φυτά δεν μπορούν να επιβιώσουν χωρίς γλουταθειόνη, διότι έχει λειτουργίες στην ανάπτυξη των φυτών οι οποίες δεν μπορούν να εκτελεστούν από άλλεςθειόλες ή αντιοξειδωτικά. Η ίδια είναι ισχυρό αντιοξειδωτικό, αποτρέπει την οξειδωτική μετουσίωση των πρωτεϊνών υπό στρεσογόνες συνθήκες (ξηρασία, παγετός, ασθένειες, τοξικά άλατα ή μέταλλα). Ως πρόδρομος των φυτοχηλατινών βοηθάει στη χηλικοποίηση των τοξικών μετάλλων. Ανήκει στιςθειόλες, είναι υδατοδιαλυτή και κατανέμεται ευρέως σε όλους τους φυτικούς ιστούς. Υπεύθυνη για την αποθήκευση και μεταφορά του θείου, είναι συμπαράγοντας σε διάφορες βιοχημικές αντιδράσεις και αλληλοεπιδρά με ορμόνες και ένζυμα. Η γλουταθειόνη συμμετέχει άμεσα ή έμμεσα στην αποτοξίνωση από τα ROS. Τα ROS είναι ενεργά είδη οξυγόνου όπως το απλό οξυγόνο, το υπεροξειδίο του υδρογόνου και η ρίζα του υδροξυλίου. Αυτά παράγονται σε συνθήκες αβιοτικών καταπονήσεων και προκαλούν οξειδωτικές βλάβες, όπως υπεροξείδωση των λιπιδίων, οξείδωση πρωτεϊνών, αναστολή των ενζύμων και βλάβες στο DNA/RNA κλπ. Επίσης, η γλουταθειόνη ρυθμίζει την ανάπτυξη και πολλαπλασιασμό των κυττάρων, την γονιδιακή έκφραση, την απόπτωση, τον κυτταρικό κύκλο και την λειτουργία του ανοσοποιητικού. (Hossain, et al. 2017).

1.15.2 Η Acetyl Cysteine (NAC)

Η Acetyl Cysteine (NAC) είναι ένα παράγωγο του αμινοξέως L- κυστεΐνη και πρόδρομος της παραγωγής Γλουταθειόνης. Είναι εγκεκριμένο φάρμακο από τον

Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ) και τον αμερικανικό Οργανισμό Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA). Έχει ισχυρή αντιοξειδωτική και αντιφλεγμονώδη δράση και θεραπευτικό δυναμικό σε πολλές ασθένειες. Είναι ασφαλές, απορροφήσιμο, βιοδιαθέσιμο και χαμηλού κόστους. (Daniells, 2008).

Η Acetyl Cysteine (NAC) έχει αντιβακτηριδιακές ιδιότητες σε πολλά βακτήρια και χρησιμοποιήθηκε με μεγάλη επιτυχία στην καταπολέμηση του βακτηρίου *Xylella fastidiosa* σε εσπεριδοειδή στην Βραζιλία. Το *Xylella fastidiosa* θεωρείται μία από τις 10 πιο επικίνδυνες φυτονόσους παγκοσμίως και προσβάλλει πυρηνόκαρπα, αμπέλια, ελιές, εσπεριδοειδή, καλλωπιστικά κλπ. Αν και στην Ευρώπη χαρακτηρίστηκε νόσος καραντίνας, έχει ήδη εμφανιστεί σε ελαιώνες της Ιταλίας, σε πυρηνόκαρπα της Ισπανίας, στη Γαλλία και αλλού. Στην Ελλάδα δεν εμφανίστηκε ακόμη. Τα βακτήρια της *Xylella fastidiosa* κυκλοφορούν μέσα στα αγγεία του φυτού, κάνουν αποικίες, φράζουν τα αγγεία και εμποδίζουν τη μεταφορά των χυμών με αποτέλεσμα τον μαρασμό και θάνατο του φυτού. Ενεργούν ακριβώς όπως και το φυτόπλασμα *Candidatus pronorum* στις δαμασκηνές με τα ίδια συμπτώματα και τα ίδια αποτελέσματα.

(<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0072937>, N-Acetylcysteine in Agriculture, a Novel Use for an Old Molecule: Focus on Controlling the Plant–Pathogen *Xylella fastidiosa*)

1.15.3 Σαλυκυλικό οξύ (SA)

Το σαλυκυλικό οξύ είναι μία φυτική ορμόνη, η οποία σχετίζεται με την άμυνα και παίζει βασικό ρόλο στην αντίσταση σε διάφορους μικροβιακούς παράγοντες όπως ιοί, βακτήρια, μύκητες, ωομύκητες κλπ.

Βοηθάει στην ανάπτυξη των φυτών και στην άμυνα έναντι των αβιοτικών καταπονήσεων όπως ο παγετός, ο καύσωνας, τοξικά άλατα κλπ.

(Salicylic Acid as a Safe Plant Protector and Growth Regulator
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7012573>)

1.15.4 L – Ασκορβικό οξύ (Βιταμίνη C)

Το ασκορβικό οξύ είναι ένα υδατοδιαλυτό αντιοξειδωτικό και υπάρχει άφθονο στον ιστό των φύλλων και συγκεκριμένα στον χλωροπλάστη. Καταλαμβάνει την υψηλότερη συγκέντρωση, σε σχέση με τ' άλλα αντιοξειδωτικά και θεωρείται κύριο

συστατικό τους. Είναι ο κύριος συντελεστής της κυτταρικής οξειδοαναγωγικής κατάστασης της φωτοσυνθετικής λειτουργίας και της βιοσύνθεσης των φυτοορμονών.

Λόγω των βιοτικών και αβιοτικών καταπονήσεων στα φυτά, παράγονται ελεύθερες ρίζες, οι οποίες αποτελούν δραστικά είδη οξυγόνου (μεμονωμένο O_2 , ανιόν υπεροξειδίου, και ρίζα υδροξυλίου κ.ά.). Οι ελεύθερες ρίζες, είναι ασταθή μόρια, διότι λείπουν ηλεκτρόνια από την εξωτερική στοιβάδα των ατόμων τους και στην προσπάθειά τους να πάρουν ηλεκτρόνια, από τα γειτονικά μόρια, προκαλούν στα φυτά εκτεταμένες κυτταρικές βλάβες.

Το ασκορβικό οξύ αποτελεί ισχυρό δότη ηλεκτρονίων και εξουδετερώνει τις ελεύθερες ρίζες. (L – Ascorbic Acid: A Multi – functional Molecule Supporting Plant Growth and Development. <https://doi.org/10.1155/2013/795964>)

1.16 Σκοπός εργασίας

Το κόστος του χηλικού Fe είναι υψηλό, ενώ του θεικού Fe χαμηλό. Οι μέθοδοι εφαρμογής των σκευασμάτων Fe έχουν αναφερθεί ανωτέρω. Στην παρούσα εργασία δοκιμάστηκαν μέθοδοι μείωσης της χλώρωσης και βελτίωσης της λειτουργίας των φύλλων και της ποιότητας των καρπών σε δαμασκηνιές ποικ. Angeleno.

2 Υλικά και Μέθοδοι

2.1 Περιγραφή οπωρώνα μελέτης

Το αγρόκτημα, το οποίο πραγματοποιήθηκαν οι επεμβάσεις με τις ενέσεις στους κορμούς, βρίσκεται στην περιοχή “Τροχοί” της πόλεως Ναούσης (1 χιλιόμετρο ανατολικά) και είναι 15 στρέμματα. Το έτος 2007, φυτεύτηκαν 400 δαμασκηνιές ποικιλίας Angeleno, σε υποκείμενο Myrobolan 29C. Μετά το 10^ο έτος της ηλικίας τους, πολλά δέντρα άρχισαν να παρακμάζουν και να χάνονται λόγω ιώσεων και φυτοπλάσματος. Άλλο σοβαρό πρόβλημα αποτέλεσε η έντονη χλώρωση, λόγω έλλειψης Fe. Η έλλειψη Fe οφείλεται στο πολύ ρηχό βάθος τους εδάφους του αγροκτήματος, το οποίο είναι 10 έως 30 εκατοστά του μέτρου, πτωχό σε θρεπτικά, με 13% ενεργό ασβέστιο (από παλαιότερη εδαφική ανάλυση). Επομένως είναι αλκαλικό, ενώ το υπέδαφος είναι συμπαγής πορόλιθος από ανθρακικό ασβέστιο.

2.2 Περιγραφή καλλιεργητικών τεχνικών του οπωρώνα μελέτης

Καλλιεργητικές πρακτικές που εφαρμόζονται στον πειραματικό βιολογικό οπωρώνα δαμασκηνιάς, ημερολογιακά.

2.2.1 Σεπτέμβριος

Μετά το τέλος της συγκομιδής των δαμάσκηνων ποικιλίας Angeleno, περί την 15^η Σεπτεμβρίου πραγματοποιείται εδαφική και διαφυλλική λίπανση των δέντρων.

Βάσει των απαιτήσεων πολλαπλής συμμόρφωσης για το περιβάλλον, την κλιματική αλλαγή και την καλή γεωργική κατάσταση των εκτάσεων, όπως αναγράφεται στη δήλωση ΟΣΔΕ άρθρο 4 της οδηγίας 91/676/ΕΟΚ, το ανώτατο όριο εφαρμοζόμενου αζώτου ανά εκτάριο είναι τα 250 κιλά, δηλαδή 25 κιλά ανά στρέμμα. Δεδομένου ότι καλύπτονται οι εδαφικές εισροές αποκλειστικά και μόνο με κοπριά, η οποία σε μια μέση ανάλυση περιέχει περίπου 2% Άζωτο, 2% Κάλιο και 2% Φώσφορο, εφαρμόζονται 2,5 τόνοι χωνεμένης κοπριάς ανά στρέμμα. Η φυλλόπτωση των Angeleno είναι όψιμη (αρχές Δεκεμβρίου) και με τις φθινοπωρινές βροχές τα δέντρα λαμβάνουν το οργανικό Άζωτο της κοπριάς και σχηματίζουν πρωτεΐνες, τις οποίες αποθηκεύουν, για την άνοιξη. Να σημειωθεί ότι οι 2,5 τόνοι κοπριάς ανά

στρέμμα, περιέχουν περίπου 50 κιλά Αζώτου, 50 κιλά Φωσφόρου και 50 κιλά Καλίου, όλα σε οργανική μορφή. Με τιμές φθινοπώρου 2022, ένα τριαξονικό φορτηγό με χωνεμένη κοπριά βάρους 10 τόνων, κοστίζει 200 € και περιέχει 200 κιλά Αζώτου, 200 κιλά Φωσφόρου και 200 κιλά Καλίου.

Ένα από τα σοβαρά προβλήματα στα οπωροφόρα δέντρα της επαρχίας της Νάουσας είναι οι προσβολές από το κολεόπτερο *Capnodis tenebrionis*. Κάθε ενήλικο θηλυκό αφήνει μέχρι και 300 αυγά στις βάσεις του κορμού των δέντρων -μικρών και μεγάλων- και οι προνύμφες ορύσσουν στοές στις ρίζες και στην ένωση ριζών με τον κορμό. Μια μόνο προνύμφη αρκεί να καταστρέψει ένα μικρό δέντρο και περισσότερες ένα μεγάλο δέντρο. Παλαιότερα ο *Capnodis tenebrionis*, θα καταπολεμούνταν με ριζοποτίσματα στη βάση του κορμού με χλωροπυριφώς. Αυτό πλέον στην Ευρωπαϊκή Ένωση έχει απαγορευτεί. Γι' αυτό, πραγματοποιείται χρήση του προϊόντος Capsanem, το οποίο περιέχει το νηματώδη *Steinernema carpocapse*. Αυτός ο νηματώδης αναζητεί τις προνύμφες του *Capnodis tenebrionis* και άλλων ξενιστών, εισέρχεται σε αυτούς και εκκρίνει από το εντερικό του σύστημα το βακτήριο *Xenorhabdus nematopholi*. Το βακτήριο πολλαπλασιάζεται και μετατρέπει τους ιστούς του ξενιστή σε τροφή για τον νηματώδη. Για την εφαρμογή του συνιστώνται 1 με 3 εκατομμύρια νηματώδεις σε 30 kg νερού ανά δέντρο, όταν υπάρχει πολλή εδαφική υγρασία δηλαδή Οκτώβριο με άνοιξη.

Προληπτικά νωρίς το φθινόπωρο ή την άνοιξη πραγματοποιείται ριζοπότισμα στη βάση των κορμών με υδατικό διάλυμα δισανθρακικής αμμωνίας και θειικού χαλκού σε αναλογίες 5 και 1 κιλού αντίστοιχα, για 1 τόνο νερό. Αυτό το παρασκεύασμα ονομάζεται Cheshunt και καταπολεμεί τις φυτόφθορες του λαιμού των δέντρων σε δόση 20-30 kg διαλύματος ανά δέντρο.

Οι περισσότερες καλλιέργειες ιαπωνικών δαμάσκηνων αφορούν σε δέντρα εμβολιασμένα σε υποκείμενο GF-677. Λόγω αυτού του υποκειμένου, οι δαμασκηνιές παρουσιάζουν μεγάλη προσβολή από φυτόφθορα. Επίσης αυτό συμβαίνει γιατί όλες οι ιαπωνικές δαμασκηνιές είναι μολυσμένες από το φυτόπλασμα *Candidatus phytoplasma*. Το *Candidatus phytoplasma* σχηματίζει αποικίες μέσα στα αγγεία του καμβίου και στην περιοχή του εμβολίου, όπου δεν υπάρχει ευθεία και κατακόρυφη συνέχεια των αγγείων. Από τις αποικίες των φυτοπλάσμάτων φράζουν τα αγγεία και δεν τροφοδοτείται το ριζικό σύστημα με σάκχαρα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να υποσιτίζεται, να αδυνατίζει και να προσβάλλεται εύκολα το δέντρο από νηματώδεις και φυτόφθορα. Αυτή είναι η αιτία από την οποία χάνονται οι δαμασκηνιές και ως

μόνη λύση προτείνεται η χρήση υποκειμένων ανθεκτικών σε νηματώδεις και φυτόφθορα και υποχρεωτικά εμβολιασμός των νεαρών φυτών με μυκόρριζες του γένους *Globus*, οι οποίες τροφοδοτούν το ριζικό σύστημα με φώσφορο και σάκχαρα.

Στην πτώση των φύλλων (τέλη Νοεμβρίου με αρχές Δεκεμβρίου) επιβάλλεται ένας ψεκασμός με τριβασικό θειικό χαλκό για τον έλεγχο του βακτηρίου *Pseudomonas syringae*. Η μόλυνση από το βακτήριο γίνεται χειμώνα και άνοιξη. Τα βακτήρια εκχέουν τοξίνες, για να ξεπεράσουν τους αμυντικούς μηχανισμούς των δένδρων, εισέρχονται στο κάμβιο όπου πολλαπλασιάζονται και το νεκρώνουν. Τα παραπάνω βακτήρια ήδη έχουν αρχίσει να παρουσιάζουν ανθεκτικότητα στα σκευάσματα χαλκού.

2.2.2 Δεκέμβριος

Αρχές Δεκεμβρίου, όταν ολοκληρώνεται η πτώση των φύλλων, αρχίζει το κλάδεμα των δαμάσκηνων. Παλαιότερα χρησιμοποιούνταν αεροψάλιδα, ενώ πλέον χρησιμοποιούνται ηλεκτρικά κλαδευτικά ψαλίδια μπαταρίας. Όταν οι καιρικές συνθήκες είναι ευνοϊκές το κλάδεμα περατώνεται μέχρι τον Φεβρουάριο. Όταν οι δαμασκηνιές είναι μικρές διαμορφώνονται σε κύπελλο και είναι φυτεμένες σε λαίμαργο υποκείμενο και σε αποστάσεις 5 * 6 μέτρα. Σε μεγαλύτερης ηλικίας δαμασκηνιές, πραγματοποιείται κλάδεμα καρποφορίας, με το οποίο γίνεται ανανέωση όλης της βλάστησης και των ανθοφόρων ροζετών. Το κλάδεμα συνιστάται να είναι αυστηρό. Δέντρα στα οποία δεν γίνεται αυστηρή ανανέωση της βλάστησης γεράζουν γρήγορα και δεν κάνουν ποιοτικούς καρπούς. Ο πιο βασικός παράγοντας για την αυξημένη και ποιοτική παραγωγή είναι η όσο το δυνατόν αυξημένη έκθεση του δέντρου στο ηλιακό φως. Σκιαζόμενα τμήματα του δέντρου δεν καρποφορούν, διότι οι εκεί ευρισκόμενοι ανθοφόροι οφθαλμοί στερούνται σακχάρων, πρωτεϊνών και λοιπών στοιχείων, διότι δεν γίνεται σωστή φωτοσύνθεση. Παράλληλα με τη σωστή διαχείριση του ηλιακού φωτός επιτυγχάνεται καλός αερισμός των δέντρων ώστε να αποφεύγονται οι μυκητολογικές και βακτηριολογικές ασθένειες.

2.2.3. Φεβρουάριος

Τον Φεβρουάριο, εάν η ελάχιστη θερμοκρασία είναι άνω των 6 βαθμών Κελσίου πραγματοποιείται ψεκασμός με 2,5 κιλά τριβασικού θειικού χαλκού και 40 λίτρα

θειαςβεστίου 33 βαθμών Baume, για την προφύλαξη των δέντρων από το βακτήριο *Pseudomonas syringae* και τις μυκητολογικές προσβολές.

2.2.4 Μάρτιος

Το πρώτο δεκαήμερο του Μαρτίου ξεκινάει η ανθοφορία των ιαπωνικών δαμάσκηνων. Μικρό πρόβλημα υπάρχει από τον κλεωνό, για την αντιμετώπιση του οποίου γίνεται χρήση εντομολογικής κόλλας γύρω από τον κορμό.

Στο φούσκωμα των οφθαλμών πραγματοποιείται ψεκασμός με 1 kg τριβασικού θεικού χαλκού και 20 κιλών παραφινέλαιου, για την καταστροφή των αυγών των αφίδων, τα οποία εναποτέθηκαν το φθινόπωρο. Εάν δεν πραγματοποιηθεί αυτός ο ψεκασμός οι αφίδες μετά την ανθοφορία προκαλούν μεγάλη ζημιά στη νέα βλάστηση και δύσκολα ελέγχονται. Το παραφινέλαιο περιλούζει τα αυγά των αφίδων, τα οποία υφίστανται ασφυξία και δεν εκκολάπτονται.

Στην επιφάνεια του εδάφους υπάρχουν τα κλαδιά, τα οποία κόπηκαν στο κλάδεμα και χειμερινά και ανοιξιάτικα ζιζάνια, τα οποία λόγω της κοπριάς έχουν μεγαλώσει πολύ. Έτσι, η πρώτη κοπή με καταστροφέα πραγματοποιείται 20 ημέρες μετά την πτώση των πετάλων. Αυτό γίνεται, διότι οι θρίπες και οι κλεωνοί βόσκουν μέσα στα χόρτα και αν αυτά κοπούν πριν την ανθοφορία, οι κλεωνοί και οι θρίπες ανεβαίνουν στα ανθισμένα δέντρα και σιτίζονται από τα άνθη και τα νεαρά καρπίδια.

Προσέτι, με την έναρξη της ανθοφορίας τοποθετούνται στο αγρόκτημα κυψέλες με μέλισσες για την καλύτερη επικονίαση. Η ποικιλία Angeleno δεν είναι αυτογόνιμη και απαιτεί επικονιαστές. Έπειτα από παρατηρήσεις επιλέχθηκαν και φυτεύτηκαν περιμετρικά του αγρού άγριες αυτοφυείς κίτρινες και κόκκινες *Prunus cerasifera*, οι οποίες αποτελούν τον καλύτερο επικονιαστή όλων των ποικιλιών ιαπωνικής δαμασκηνιάς. Έτσι γίνεται η επιλογή αυτών, που συνανθίζουν με τις Angeleno και είτε φυτεύονται περιμετρικώς του αγρού, είτε εμβολιάζονται στις κορυφές των καρποφόρων δέντρων (σε αναλογία 1/4).

2.2.5 Απρίλιος

Εάν δεν υπάρξουν βροχοπτώσεις στο τέλος της άνοιξης (Απρίλιο ή αρχές Μαΐου), τότε ξεκινούν οι αρδεύσεις. Η άρδευση γίνεται εμπειρικά, ανά 10-12 ημέρες και ο ΤΟΕΒ Νάουσας έχει εγκαταστήσει κλειστό δίκτυο, το οποίο παρέχει το προς άρδευση νερό με πίεση 3-4 ατμοσφαιρών. Σε κάθε δέντρο υπάρχουν 1 ή 2 μπεκ παροχής 250 ή 160 λίτρων νερού ανά ώρα. Η ακτίνα κάθε μπεκ, είναι 2-3 μέτρα και ο

χρόνος ο οποίος ορίστηκε από τον ΤΟΕΒ, είναι 6 ώρες. Έτσι, αναλογούν 50 L ύδατος σε κάθε τετραγωνικό μέτρο. Η άρδευση συνεχίζεται μέχρι τον Σεπτέμβριο ή Οκτώβριο και εξαρτάται από τις βροχοπτώσεις εκείνης της εποχής.

Ο θρυμματισμός των κλαδίσκων και των ζιζανίων πραγματοποιείται 4-5 φορές ετησίως.

2.2.6 Μάιος

Στο πρώτο 10ήμερο το Μαΐου ξεκινάει η αραίωση των καρπών. Λόγω του μεγάλου ανταγωνισμού στην αγορά, οι απαιτήσεις των αλυσίδων εμπορίας ορίζουν αυστηρές προδιαγραφές ποιότητας και είναι άκρως αναγκαία η παραγωγή αγροτικών προϊόντων υψηλών προδιαγραφών. Έτσι, η αραίωση των καρπών αποτελεί μια από τις βασικές παραμέτρους για την υψηλή ποιότητα. Στην περιοχή της Νάουσας, χημικό ή μηχανικό αραίωμα δε συνηθίζεται, γι' αυτό εκτελείται χειρωνακτικά. Για έναν καρπό αντιστοιχεί μια αναλογία 30-50 φύλλων, προκειμένου να αποκτήσει το επιθυμητό μέγεθος και κατά μέσο όρο για το αραίωμα, απαιτούνται οι διπλάσιες εργατοώρες, από ότι για το κλάδεμα. Στο αραίωμα αφαιρούνται οι μικροί και οι ελαττωματικοί καρποί. Οι καρποί που αφήνονται πρέπει να απέχουν μεταξύ τους, για να έχουν χώρο να αυξηθούν και να χρωματιστούν σωστά και ομοιόμορφα.

2.2.7 Ιούνιος

Κατά τη διάρκεια του θέρους, πραγματοποιείται ψεκασμός 3-4 φορές με ένα σκεύασμα ασβεστίου, για τη μετασυλλεκτική αντοχή των καρπών. Ο πρώτος ψεκασμός, γίνεται 30 ημέρες μετά την πτώση των πετάλων και οι υπόλοιποι 30 και 20 ημέρες πριν τη συγκομιδή. Στο ασβέστιο δεν προστίθενται προσκολλητικά, μόνο βόριο, για την καλύτερη μετακίνησή του.

Επίσης, μια ημέρα πριν ξεκινήσει το αραίωμα, γίνεται ψεκασμός με μολυβδαίνιο και φύκια (Supamo της Agrichem και Kelpak της BASF) και επανάληψη μετά από 20 ημέρες. Οι παραπάνω ψεκασμοί έδωσαν άριστα αποτελέσματα στον έλεγχο των ιώσεων, πάνω στους καρπούς. Επιπλέον, πραγματοποιείται ένας ψεκασμός μετά την πτώση των πετάλων με 200 g σαλικυλικού οξέος, 500 g ασκορβικού οξέος, 50 g γλουταθειόνης, 100 g ασετυλκυστεΐνης και 60 g τρυπτοφάνης/ ανά τόνο νερού.

Η καρπόκαψα της δαμασκηνιάς (*Cydia funebrana*) έχει στην περιοχή της Νάουσας 3 γενεές. Μαζική παγίδευση των αρσενικών εντόμων με φερομόνες σύζευξης και

κολλητικές παγίδες είχε μέτρια αποτελέσματα, διότι έρχονταν στον δαμασκεώνα, θηλυκές γονιμοποιημένες από τα γειτονικά κτήματα και άφηναν ωά στα δέντρα. Άριστα αποτελέσματα στην αντιμετώπιση της καρπόκαψας έδειξε ο ψεκασμός με 10 kg σαπούνι καλίου και 1,5 kg βρέξιμου θείου ανά τόνο ύδατος. Ωστόσο, ο παραπάνω ψεκασμός έχει τα δυο εξής μειονεκτήματα: α) απαιτείται ψεκασμός με το χέρι, για καλό λούσιμο όλων των καρπών και β) τα λίγα σκευάσματα, τα οποία κυκλοφορούν στην αγορά είναι σε τιμές άκρως απαγορευτικές, για επαγγελματίες αγρότες. Έτσι, ιδιοκατασκευάστηκε σαπούνι καλίου με 1 μέρος υδροξειδίου του καλίου, 2,5 μέρη απιονισμένου ύδατος και 5 μέρη ηλιέλαιου. Το σαπούνι καλίου, ωστόσο, έχει το μειονέκτημα ότι εξοντώνει όλα τα έντομα, τα οποία περιλούζει, ακόμη και τα ωφέλιμα.

Για τη νεοεμφανισθείσα στην Ελλάδα (2011) καφέ βρωμούσα *Halyomorpha halys*, χρονομετρήθηκε ότι εάν περιλουστεί με σαπούνι καλίου πεθαίνει σε 39 δευτερόλεπτα.

2.2.9 Αύγουστος

Η συγκομιδή αρχίζει στα τέλη του Αυγούστου ή τις αρχές του Σεπτεμβρίου, αναλόγως εάν η χρονιά είναι πρώιμη ή όψιμη, αντίστοιχα. Οι καρποί συγκομίζονται όλοι μαζί, σ' ένα χέρι, γίνεται έλεγχος και διαλογή σε τρεις ποιότητες και μεταφέρονται την ίδια ημέρα στα ψυγεία του συνεταιρισμού. Στους ψυκτικούς θαλάμους μπορούν να συντηρηθούν μέχρι τα Χριστούγεννα, σε θερμοκρασία 0 βαθμών Κελσίου και υγρασία 90% και χρήση της τεχνολογίας Smart Fresh, όπου με τη δραστική ουσία 1-MCP, δεσμεύονται οι υποδοχείς του αιθυλενίου των καρπών και επιβραδύνεται η ωρίμανσή τους.

2.3 Περιγραφή μεταχειρίσεων

Στην παρούσα εργασία, λαμβάνουν χώρα διάφορες μεταχειρίσεις στις επιμέρους ομάδες των δέντρων, με στόχο την έρευνα των διαφορών που επιδεικνύουν αναφορικά με τις διάφορες τιμές, λ.χ. χαρακτηριστικά φύλλων, ποιότητα καρπών και κλαδίσκων, συνολική παραγωγή. Οι μεταχειρίσεις ήταν 3 (3+1 ο μάρτυρας) και ήταν οι εξής με εγχύσεις στον κορμό των δέντρων: παροχή θειικού Fe, παροχή χηλικού Fe και παροχή θειικού Fe και βιοδιεγερτών. Για κάθε μεταχείριση, επιλέχθηκε μπλοκ των 5 ομοιόμορφων και μιας ηλικίας δέντρων, από τα οποία αποσπάστηκαν 5

δείγματα (5*5 φύλλα, 5*5 καρποί κ.ο.κ.). Ακόμη, με τη βοήθεια σκαριφήματος του αγρού, ήταν γνωστή η προέλευση εκάστου δείγματος, δηλαδή σε ποιο δέντρο ανήκε. Προσέτι, η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε με σκοπό την ομοιομορφία των δειγμάτων, ανάλογα με τη θέση αυτών στο δέντρο, λ.χ. τα φύλλα, οι καρποί και οι κλαδίσκοι που αφαιρέθηκαν, βρίσκονταν στο ίδιο ύψος.

2.3.1 Έγχυση στον κορμό

Η εφαρμογή πραγματοποιείται στις 10 Μαρτίου, στο φούσκωμα των ανθοφόρων οφθαλμών. Διανοίγονται 5 οπές στο ίδιο ύψος, στα 70 cm, περιμετρικά, πάνω από το σημείο εμβολιασμού της ποικιλίας με το υποκείμενο. Οι οπές ανοίγονται με ηλεκτρικό δράπανο μπαταρίας BOSCH Professional GRS 18V-110C. Έχουν βάθος 4 cm, διάμετρο 1 cm και κλίση 45 μοιρών.



Εικόνα 2 και Εικόνα 3. Έγχυση διαλυμάτων στον κορμό, στις 10/03/22.

2.4 Σύσταση διαλυμάτων

- Διάλυμα Ι: Αραίωση 50 g επταένυδρου θειικού Fe FeSO_4 , της εταιρείας ALPHA Γεωργική, σε 500 mL απιονισμένου ύδατος. Μετά τη διάνοιξη της οπής, πραγματοποιείται χρήση πλαστικής σύριγγας των 50 mL. Σε κάθε οπή εισάγονται 4 mL διαλύματος (δηλαδή 0,4 g FeSO_4). Οπότε $5 \text{ οπές} * 0,4 \text{ g} = 2 \text{ g FeSO}_4/\text{δέντρο}$

- Διάλυμα II: Αραίωση 200 g Χηλικού Fe της εταιρείας COMBO, σε 500 mL απιονισμένου ύδατος (ο Χηλικός Fe, περιέχει περιεκτικότητα σε Fe μόλις 6%, για τούτο και χρησιμοποιείται τετραπλάσια ποσότητα). Ομοίως με παραπάνω η χορήγηση του διαλύματος έγινε ενέσιμα στον κορμό.

- Διάλυμα III: Η εξής περίπτωση, αποτελεί τη μεταχείριση του θεικού Fe σε συνδυασμό με τους βιοδιεγέρτες. Έτσι, πραγματοποιούνται 2 επεμβάσεις στις ίδιες οπές, με διαφορά 6 ωρών. Αρχικά χορηγείται, όμοια με το Διάλυμα I, ο θεικός Fe και στη συνέχεια χορηγείται το διάλυμα των βιοδιεγερτών, για την αποφυγή αντίδρασης μεταξύ των. Η 2^η επέμβαση, λοιπόν, περιείχε: 5 g σαλκυλικό οξύ της εταιρείας Chemco - Syndesmos, 5 g ασκορβικό οξύ της εταιρείας OSTROVIT, 5 g γλουταθειόνη της εταιρείας OSTROVIT, 5 g N- acetyl – l- cysteine της εταιρείας OSTROVIT, διαλυμένα σε 40 mL απιονισμένου ύδατος, σε δυο δόσεις ανά μια ώρα.

2.5 Δείγματα και Μετρήσεις

2.5.1 Μετρήσεις φύλλων

Αρχικά, συλλέχθηκαν 5 φύλλα, από κάθε ένα των 5 δέντρων της κάθε μεταχείρισης, στις 29/06/2022. Τοποθετήθηκαν σε πλαστικά σακουλάκια polybag, τα οποία κλείστηκαν ερμητικά και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο Δενδροκομίας, όπου και ακολούθησαν οι εξής μετρήσεις:

2.5.1.1 Ξηρά Ουσία

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις του επί τοις εκατό ποσοστού ξηράς ουσίας του φύλλου (% ΞΟ), του ειδικού βάρους του φύλλου (ΕΙΔΒΑΡ), καθώς και της περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη.

Για τη μέτρηση του επί τοις εκατό ποσοστού της ξηράς ουσίας του φύλλου (% ΞΟ), λήφθηκαν, από τα 5 φύλλα, 10 δίσκοι ελάσματος φύλλου, με τη βοήθεια διακορευτή διαμέτρου 9 mm. Στη συνέχεια ζυγίστηκαν σε ζυγό KERN (ακρίβεια 4 δεκαδικών, model ALS 220-4, Kern & Sohn GMBH, Balingen, Germany). Αφού μετρήθηκε το νωπό τους βάρος (NB), τοποθετήθηκαν σε φούρνο σε θερμοκρασία 80 °C, όπου αποξηράθηκαν, σε σημείο θρυμματισμού αυτών με απλή πίεση. Τότε, οι ξηροί πλέον δίσκοι επαναζυγίζονταν και λαμβάνεται το ξηρό τους βάρος (ΞΒ). Στη συνέχεια, πραγματοποιείται υπολογισμός του ποσοστού % ΞΟ του φύλλου με τον

τύπο $\% \Xi\text{O} = [(\Xi\text{B})/(\text{NB})] \times 100$ και εκφράστηκε ως $\%$. Το ΕΙΔΒΑΡ φύλλου υπολογίστηκε από τον τύπο $\text{ΕΙΔΒΑΡ} = (\Xi\text{B})/(\text{επιφάνεια } 12 \text{ δίσκων})$ και εκφράστηκε σε g m^{-2} .

2.5.1.2 Χλωροφύλλη

Για τον, δε, υπολογισμό της χλωροφύλλης, έγινε χρήση της αναλυτικής μεθόδου, που περιγράφεται από τους Winternans and de Mots (1965). Συγκεκριμένα, από τα 5 φύλλα της κάθε επανάληψης, αφαιρέθηκαν με τη βοήθεια διακορευτή 5 δίσκοι διαμέτρου 5,8 mm ζυγίστηκαν, τεμαχίστηκαν και τοποθετήθηκαν σε screw top δοκιμαστικό που περιείχε 15 mL αιθανόλης 95%. Ακολούθησε μια ώρα σε υδατόλουτρο στους 80 °C, έως του πλήρους αποχρωματισμού των ελασμάτων. Στη συνέχεια, οι σωλήνες τοποθετήθηκαν σε σκοτεινό χώρο για να ψυχθούν. Πραγματοποιήθηκε η ανακίνησή τους σε vortex και μετρήθηκε η απορρόφηση με χρήση φασματοφωτόμετρου OPTIZEN POP (UV/VIS Spectrophotometer, Mecasys Co., Ltd) στα 665 και 649 nm, με τη βοήθεια κρυσταλλικής κυψελίδας. Ακολούθησε ο υπολογισμός της περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη a (χλωρ. a) και b (χλωρ. b) σε $\mu\text{g mL}^{-1}$ αιθανόλης και σε mg m^{-2} φύλλου, σε ολική χλωροφύλλη (ολ. χλωρ.) και του λόγου της χλωροφύλλης a προς τη χλωροφύλλη b (χλωρ. a/χλωρ. β) με κατάλληλες εξισώσεις

2.5.2 Μετρήσεις ποιότητας καρπών

Στις 14/09/2022, ελήφθησαν δείγματα έξι καρπών, από κάθε ένα δέντρο από τα πέντε δέντρα της κάθε μεταχείρισης. Οι καρποί συγκομίστηκαν από το ίδιο ύψος, στα 2/3 τη κόμης, από περιμετρικά σημεία.

2.5.2.1 Βάρος καρπού

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

2.5.2.2 Διαστάσεις καρπού

Για την εύρεση των διαστάσεων των καρπών, μετρήθηκε το ύψος και το πλάτος στα μάγουλα και στη ραφή. Σημειώνεται ότι η μέτρηση πραγματοποιήθηκε με ηλεκτρονικό παχύμετρο.

2.5.2.3 Χρώμα φλοιού

Η μέτρηση του χρώματος του φλοιού των καρπών, πραγματοποιήθηκε με 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 και στις δύο περιπτώσεις 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 τους έγχρωμους καρπούς ακολούθησε υπολογισμός των παραμέτρων καθαρότητας C^* (Chroma) και απόχρωσης Hue ή εξαρχής μετρήθηκαν οι παράμετροι L^* , Chroma, Hue (McGuire 1992). Παρόμοια μετρήθηκε και το χρώμα σάρκας των δαμάσκηνων κάθε μεταχείρισης.

2.5.2.4 Σκληρότητα καρπού

Η μέτρηση της σκληρότητας της σάρκας του καρπού, πραγματοποιήθηκε με ηλεκτρονικό πενετρόμετρο Turoi (53205 Digital Fruit Pressure Tester, Forli, Italy) μετά από αφαίρεση του φλοιού και στις δύο πλευρές του καρπού. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε έμβολο διαμέτρου 8,9 mm. Οι μετρήσεις που λήφθηκαν, αντιστοιχήθηκαν σε KgF και μετατράπηκαν σε N (Newton) πολλαπλασιάζοντας επί 9,81.

2.5.2.5 Περιεκτικότητα σε ΔΣΣ

Για τη μέτρηση της περιεκτικότητας σε διαλυτά στερεά συστατικά του χυμού, ΔΣΣ (%), αφαιρέθηκαν δυο αντιδιαμετρικά τμήματα του περικαρπίου του καρπού (σάρκα και φλοιός), από τη βάση έως τον ποδίσκο, από κάθε καρπό της επανάληψης. Ακολούθησε η χυμοποίησή τους και μετρήθηκε ανά επανάληψη η περιεκτικότητα σε διαλυτά στερεά συστατικά, με χρήση επιτραπέζιου ηλεκτρονικού διαθλασίμετρου (Pocket Refractometer Pal-1, Tokyo, Japan).

2.5.2.6 pH χυμού

Στον χυμό που εξήχθη ανωτέρω μετρήθηκε το pH με τη βοήθεια πεχαμέτρου Hanna μοντέλο HI-9024.

2.5.2.7 Οξύτητα χυμού

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

2.5.2.8 Ξηρά ουσία καρπού (%)

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

2.5.3 Μετρήσεις βλαστών

Στις 21/12/2022 ελήφθησαν τυχαία δείγματα ετήσιων βλαστών από πέντε δέντρα κάθε μεταχείρισης. Συγκεκριμένα, αφαιρέθηκαν βλαστοί από το ύψος των 2/3 τη κόμης. Οι βλαστοί τοποθετήθηκαν σε μαύρες πλαστικές σακούλες που κλείστηκαν ερμητικά και τοποθετήθηκαν στην κατάψυξη για ένα περίπου μήνα. Στις 25 Ιανουαρίου 2024 μετρήθηκε το μήκος του ετήσιου βλαστού και ο αριθμός των γονάτων σε μήκος 10 cm του κάθε βλαστού στο μέσον αυτού. Κατόπιν υπολογίστηκε το μήκος του μεσογονατίου διαστήματος. Στη συνέχεια ελήφθησαν δύο τμήματα του ετήσιου βλαστού από μεσογονάτιο διάστημα και δύο τμήματα του ετήσιου βλαστού με γόνατο, σε σύνολο 4 δειγμάτων του 1 cm έκαστο από το μέσον του κάθε ετήσιου βλαστού και ομαδοποιήθηκαν ανά δέντρο-επανάληψη (5 επαναλήψεις ανά μεταχείριση). Σε αυτά τα τμήματα βλαστού μετρήθηκε το νωπό βάρος, ξηράνθηκαν σε κλίβανο στους 80 °C μέχρι πλήρους ξήρανσης και μετρήθηκε ξανά το ξηρό τους βάρος. Από τις δύο τιμές βάρους υπολογίστηκε το ποσοστό % ξηράς ουσίας του βλαστού.



Εικόνα 4. Μετρήσεις βλαστών, στο εργαστήριο δένδροκομίας.

2.6 Στατιστική ανάλυση

Τα αποτελέσματα αναλύθηκαν με ανάλυση παραλλακτικότητας με έναν παράγοντα, τη μεταχείριση σε σκευάσματα Fe με το στατιστικό πακέτο SPSS (SPSS 26.0) και ο διαχωρισμός των μέσων όρων έγινε κατά Tukey και 5% πιθανότητα λάθους.

3 Αποτελέσματα

3.1 Μετρήσεις φύλλων

Πίνακας 3.1. Επίδραση της ενέσιμης εφαρμογής θειικού Fe με ή χωρίς την προσθήκη βιοδιεγερτών ή ενέσιμης εφ αρμογής χηλικού Fe στο ποσοστό % ξηράς ουσίας και στο ειδικό βάρος φύλλων δαμασκηνιάς ποικ. Angeleno στις 29/6/2022. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Tukey.

Μεταχείριση	Ξηρά ουσία (%)	Ειδ. Βάρος (mg/cm ²)
Μάρτυρας	40,8d	40,8d
Θειικός Fe	44,3c	44,3c
Θειικός Fe + Βιοδιεγέρτες	46,4b	46,4b
Χηλικός Fe	50,0a	50,0a
Σημαντικότητα	***	***

*** σημαντικότητα 1%

Η εφαρμογή θειικού Fe προσέδωσε στα φύλλα των δέντρων της δαμασκηνιάς υψηλότερο ποσοστό % ξηράς ουσίας (ΞΟ) από το ποσοστό % ΞΟ των φύλλων του μάρτυρος (Πίν. 3.1). Τα φύλλα των δέντρων που χορηγήθηκε Θειικός Fe μαζί με βιοδιεγέρτες είχαν μεγαλύτερο ποσοστό % ΞΟ από τα φύλλα του μάρτυρα. Προσέτι, τα δέντρα στα οποία χορηγήθηκε Χηλικός Fe είχαν υψηλότερο ποσοστό % ΞΟ στα φύλλα από τα δέντρα του μάρτυρος. Τα φύλλα που δέχθηκαν εφαρμογές θειικού Fe είχαν μικρότερο ποσοστό % ΞΟ από τα φύλλα που δέχθηκαν θειικό Fe + βιοδιεγέρτες και τα τελευταία είχαν μικρότερο ποσοστό % ΞΟ από τα φύλλα που δέχθηκαν χηλικό Fe. Συμπερασματικά, ο χηλικός Fe αύξησε το ποσοστό % ΞΟ των φύλλων περισσότερο από κάθε άλλη μεταχείριση.

Τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe, είχαν μεγαλύτερο ειδικό βάρος, από τα φύλλα των δέντρων του μάρτυρος (Πίν. 3.1). Επίσης, τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες είχαν μεγαλύτερο ειδικό βάρος από τα φύλλα των δέντρων του μάρτυρος. Ακόμη, τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe, είχαν κι αυτά μεγαλύτερο ειδικό βάρος, από τα φύλλα των δέντρων του

μάρτυρος. Προσέτι, τα φύλλα των δέντρων που δέχθηκαν θειικό Fe, είχαν μικρότερο ειδικό βάρος, από τα φύλλα των δέντρων που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες, ενώ τα τελευταία είχαν μικρότερο ειδικό βάρος, από τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe. Συμπερασματικά, ο χηλικός Fe αύξησε το ειδικό βάρος των φύλλων περισσότερο από κάθε άλλη μεταχείριση.

Πίνακας 3.2 Επίδραση της ενέσιμης εφαρμογής θειικού Fe με ή χωρίς την προσθήκη βιοδιεγερτών ή ενέσιμης εφαρμογής χηλικού Fe στο ποσό (mg) Χλωροφύλλης a ανά gr ξηράς ουσίας των φύλλων, Χλωροφύλλης b ανά gr ξηράς ουσίας των φύλλων, ολικής Χλωροφύλλης ανά gr ξηράς ουσίας των φύλλων και του λόγου Χλωρ a/ Χλωρ b δαμασκηνιάς ποικ. Angeleno στις 29/6/2022. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Tukey.

Μεταχείριση	Χλωρ a (mg/g ΞΟ)	Χλωρ b (mg/g ΞΟ)	Ολική Χλωρ. (mg/g ΞΟ)	Χλωρ a/ Χλωρ b
Μάρτυρας	0,52d	0,19c	0,71d	3,15d
Θειικός Fe	2,36c	0,71b	3,07c	3,56c
Θειικός Fe + Βιοδιεγέρτες	2,51b	0,71b	3,21b	3,58b
Χηλικός Fe	3,49a	1,04a	4,53a	3,59a
Σημαντικότητα	***	***	***	Ns

*** σημαντικότητα 1%

Τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe, είχαν περισσότερη Χλωροφύλλη a ανά gr ξηράς ουσίας, από τα φύλλα των δέντρων του μάρτυρος (Πίν. 3.2). Επίσης, τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες είχαν περισσότερη Χλωροφύλλη a ανά gr ξηράς ουσίας από τα φύλλα των δέντρων του μάρτυρος. Ακόμη, τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe, είχαν περισσότερη Χλωροφύλλη a ανά gr ξηράς ουσίας, από τα φύλλα των δέντρων του μάρτυρος. Προσέτι, τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe είχαν λιγότερη Χλωροφύλλη a ανά gr ξηράς ουσίας, από τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες, ενώ τα τελευταία είχαν λιγότερη Χλωροφύλλη a ανά gr ξηράς ουσίας, από τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe. Συμπερασματικά, ο χηλικός Fe αύξησε τη Χλωροφύλλη a ανά gr ξηράς ουσίας των φύλλων περισσότερο από κάθε άλλη μεταχείριση.

Τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe, είχαν περισσότερη Χλωροφύλλη

b ανά gr ξηράς ουσίας, από τα φύλλα των δέντρων του μάρτυρος (Πίν. 3.2). Επίσης, τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες είχαν περισσότερη Χλωροφύλλη b ανά gr ξηράς ουσίας από τα φύλλα των δέντρων του μάρτυρος και παρόμοια Χλωροφύλλη b ανά gr ξηράς ουσίας με τα φύλλα, που δέχθηκαν θειικό Fe. Ακόμη, τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe, είχαν περισσότερη Χλωροφύλλη b ανά gr ξηράς ουσίας, από τα φύλλα των δέντρων του μάρτυρος. Προσέτι, τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe και τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες, είχαν λιγότερη Χλωροφύλλη b ανά gr ξηράς ουσίας, από τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe. Συμπερασματικά, ο χηλικός Fe, αύξησε τη Χλωροφύλλη b ανά gr ξηράς ουσίας των φύλλων περισσότερο από κάθε άλλη μεταχείριση.

Τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe, είχαν περισσότερη ολική Χλωροφύλλη ανά gr ξηράς ουσίας, από τα φύλλα του μάρτυρος (Πίν. 3.2). Επίσης, τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες είχαν περισσότερη ολική Χλωροφύλλη ανά gr ξηράς ουσίας από τα φύλλα των δέντρων του μάρτυρος. Ακόμη, τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe, είχαν περισσότερη ολική Χλωροφύλλη ανά gr ξηράς ουσίας, από τα φύλλα του δέντρων του μάρτυρος. Προσέτι, τα φύλλα των δέντρων που δέχθηκαν θειικό Fe είχαν λιγότερη ολική Χλωροφύλλη ανά gr ξηράς ουσίας, από τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες, ενώ τα τελευταία είχαν λιγότερη ολική Χλωροφύλλη ανά gr ξηράς ουσίας, από τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe. Συμπερασματικά, ο χηλικός Fe, αύξησε την ολική Χλωροφύλλη ανά gr ξηράς ουσίας των φύλλων των δέντρων περισσότερο από κάθε άλλη μεταχείριση.

Τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe, είχαν περισσότερη Χλωροφύλλη a/ Χλωροφύλλη b, από τα φύλλα του μάρτυρος (Πίν. 3.2). Επίσης, τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες είχαν περισσότερη Χλωροφύλλη a/ Χλωροφύλλη b από τα φύλλα των δέντρων του μάρτυρος. Ακόμη, τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe, είχαν περισσότερη Χλωροφύλλη a/ Χλωροφύλλη b, από τα φύλλα των δέντρων του μάρτυρος. Προσέτι, τα φύλλα που δέχθηκαν θειικό Fe είχαν λιγότερη Χλωροφύλλη a/ Χλωροφύλλη b, από τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες, ενώ τα τελευταία είχαν λιγότερη Χλωροφύλλη a/ Χλωροφύλλη b, από τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe.

Συμπερασματικά, ο χηλικός Fe, αύξησε τη Χλωροφύλλη a/ Χλωροφύλλη b των φύλλων περισσότερο από κάθε άλλη μεταχείριση.

Πίνακας 3.3 Επίδραση της ενέσιμης εφαρμογής θεικού Fe με ή χωρίς την προσθήκη βιοδιεγερτών ή ενέσιμης εφαρμογής χηλικού Fe στο ποσό (mg) Χλωροφύλλης a ανά m² των φύλλων, Χλωροφύλλης b ανά m² των φύλλων και της ολικής Χλωροφύλλης ανά m² των φύλλων δαμασκηλιάς ποικ. Angeleno στις 29/6/2022. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Tukey.

Μεταχείριση	Χλωρ a (mg/m ²)	Χλωρ b (mg/m ²)	Ολική Χλωρ. (mg/m ²)
Μάρτυρας	44d	16d	60d
Θεικός Fe	226c	68c	293c
Θεικός Fe + Βιοδιεγέρτες	258b	73b	331b
Χηλικός Fe	323a	97a	419a
Σημαντικότητα	***	***	***

*** σημαντικότητα 1%

Τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν θεικό Fe, είχαν περισσότερη Χλωροφύλλη a ανά m², από τα φύλλα του μάρτυρος (Πίν. 3.3). Επίσης, τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν θεικό Fe και βιοδιεγέρτες, είχαν περισσότερη Χλωροφύλλη a ανά m² από τα φύλλα των δέντρων του μάρτυρος. Ακόμη, τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe, είχαν περισσότερη Χλωροφύλλη a ανά m², από τα φύλλα των δέντρων του μάρτυρος. Προσέτι, τα φύλλα των δέντρων που δέχθηκαν θεικό Fe είχαν λιγότερη Χλωροφύλλη a ανά m² από τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν θεικό Fe και βιοδιεγέρτες, ενώ τα τελευταία είχαν λιγότερη Χλωροφύλλη a ανά g m², από τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe. Συμπερασματικά, ο χηλικός Fe, αύξησε τη Χλωροφύλλη a ανά m² των φύλλων περισσότερο από κάθε άλλη μεταχείριση.

Τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν θεικό Fe, είχαν περισσότερη Χλωροφύλλη b ανά m², από τα φύλλα των δέντρων του μάρτυρος (Πίν. 3.3). Επίσης, τα φύλλα, που δέχθηκαν θεικό Fe και βιοδιεγέρτες είχαν περισσότερη Χλωροφύλλη b ανά m² από τα φύλλα των δέντρων του μάρτυρος. Ακόμη, τα φύλλα των δέντρων, που

δέχθηκαν χηλικό Fe, είχαν περισσότερη Χλωροφύλλη b ανά m², από τα φύλλα των δέντρων του μάρτυρος. Προσέτι, τα φύλλα που δέχθηκαν θειικό Fe είχαν λιγότερη Χλωροφύλλη b ανά m² από τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες, ενώ τα τελευταία είχαν λιγότερη Χλωροφύλλη b ανά g m², από τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe. Συμπερασματικά, ο χηλικός Fe, αύξησε τη Χλωροφύλλη b ανά m² των φύλλων περισσότερο από κάθε άλλη μεταχείριση.

Τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe, είχαν περισσότερη ολική Χλωροφύλλη ανά m², από τα φύλλα των δέντρων του μάρτυρος (Πίν. 3.3). Επίσης, τα φύλλα, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες είχαν περισσότερη ολική Χλωροφύλλη ανά m² από τα φύλλα των δέντρων του μάρτυρος. Ακόμη, τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe, είχαν περισσότερη ολική Χλωροφύλλη ανά m², από τα φύλλα των δέντρων του μάρτυρος. Προσέτι, τα φύλλα που δέχθηκαν θειικό Fe είχαν λιγότερη ολική Χλωροφύλλη ανά m², από τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες, ενώ τα τελευταία είχαν λιγότερη ολική Χλωροφύλλη ανά m², από τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe. Συμπερασματικά, ο χηλικός Fe, αύξησε την ολική Χλωροφύλλη ανά m² των φύλλων περισσότερο από κάθε άλλη μεταχείριση.

Πίνακας 3.4 Επίδραση της ενέσιμης εφαρμογής θειικού Fe με ή χωρίς την προσθήκη βιοδιεγερτών ή ενέσιμης εφαρμογής χηλικού Fe στο ποσό (mg) ολικών καροτενοειδών ανά g των φύλλων και ολικών καροτενοειδών ανά m² των φύλλων δαμασκηινιάς ποικ. Angeleno στις 29/6/2022. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Tukey.

Μεταχείριση	Ολικά καροτενοειδή (mg/g ΞΟ)	Ολικά καροτενοειδή (mg/m ²)
Μάρτυρας	0,15d	13d
Θειικός Fe	0,59c	56c
Θειικός Fe + Βιοδιεγέρτες	0,67b	69b

Χηλικός Fe	0,90a	83a
Σημαντικότητα	***	***

*** σημαντικότητα 1%

Τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe, είχαν περισσότερα ολικά καροτενοειδή ανά gr ξηράς ουσίας, από τα φύλλα του μάρτυρος (Πίν. 3.4). Επίσης, τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες είχαν περισσότερα ολικά καροτενοειδή ανά gr ξηράς ουσίας από τα φύλλα των δέντρων του μάρτυρος. Ακόμη, τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe, είχαν περισσότερα ολικά καροτενοειδή ανά gr ξηράς ουσίας, από τα φύλλα των δέντρων του μάρτυρος. Προσέτι, τα φύλλα που δέχθηκαν θειικό Fe είχαν λιγότερα Χλωροφύλλη ολικά καροτενοειδή ανά gr ξηράς ουσίας από τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες, ενώ τα τελευταία είχαν λιγότερα ολικά καροτενοειδή ανά gr ξηράς ουσίας, από τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe. Συμπερασματικά, ο χηλικός Fe, αύξησε τα ολικά καροτενοειδή ανά gr ξηράς ουσίας των φύλλων περισσότερο από κάθε άλλη μεταχείριση.

Τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe, είχαν περισσότερα ολικά καροτενοειδή ανά m², από τα φύλλα των δέντρων του μάρτυρος (Πίν. 3.4). Επίσης, τα φύλλα, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες είχαν περισσότερα ολικά καροτενοειδή ανά m² από τα φύλλα των δέντρων του μάρτυρος. Ακόμη, τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe, είχαν περισσότερα ολικά καροτενοειδή ανά m², από τα φύλλα του μάρτυρος. Προσέτι, τα φύλλα των δέντρων που δέχθηκαν θειικό Fe είχαν λιγότερα ολικά καροτενοειδή ανά m² από τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες, ενώ τα τελευταία είχαν λιγότερα ολικά καροτενοειδή ανά m², από τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe. Συμπερασματικά, ο χηλικός Fe, αύξησε τα ολικά καροτενοειδή ανά m² των φύλλων περισσότερο από κάθε άλλη μεταχείριση.

3.2 Μετρήσεις καρπών

Πίνακας 3.5 Επίδραση της ενέσιμης εφαρμογής θειικού Fe με ή χωρίς την προσθήκη βιοδιεγερτών ή ενέσιμης εφαρμογής χηλικού Fe στο χρώμα φλοιού L*, στο χρώμα

φλοιού a* και στο χρώμα φλοιού b* των καρπών δαμασκηλιάς ποικ. Angeleno στις 14/9/2022. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Tukey.

Μεταχείριση	Χρώμα φλοιού L*	Χρώμα φλοιού a*	Χρώμα φλοιού b*
Μάρτυρας	27,5c	13,2a	3,25a
Θεικός Fe	29,3b	9,70b	1,27b
Θεικός Fe + Βιοδιεγέρτες	31,3a	8,03c	0,53c
Χηλικός Fe	30,8a	8,23c	0,52c
Σημαντικότητα	***	***	***

*** σημαντικότητα 1%

Οι καρποί των δέντρων που δέχθηκαν θεικό Fe είχαν μεγαλύτερη τιμή χρώματος φλοιού L* από τους καρπούς, του μάρτυρος (Πίν. 3.5). Επίσης, οι καρποί των δέντρων που δέχθηκαν θεικό Fe και βιοδιεγέρτες είχαν μεγαλύτερη τιμή χρώματος φλοιού L* από τους καρπούς των δέντρων του μάρτυρος. Ακόμη, οι καρποί των δέντρων που δέχθηκαν χηλικό Fe είχαν υψηλότερη τιμή χρώματος φλοιού L* από τους καρπούς του μάρτυρος και τους καρπούς των δέντρων που δέχθηκαν θεικό Fe και παρόμοια τιμή χρώματος φλοιού L* με τους καρπούς που δέχθηκαν θεικό Fe και βιοδιεγέρτες. Συμπερασματικά, η μεταχειρίσεις, που αύξησαν περισσότερο την τιμή του χρώματος φλοιού L*, ήταν ο θεικός Fe και οι βιοδιεγέρτες και ο χηλικός Fe.

Οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν θεικό Fe, είχαν μικρότερη τιμή χρώματος φλοιού a*, από τους καρπούς των δέντρων του μάρτυρος (Πίν. 3.5). Επίσης, τα φύλλα των δέντρων, που δέχθηκαν θεικό Fe και βιοδιεγέρτες, είχαν μικρότερη τιμή από τους καρπούς των δέντρων του μάρτυρος. Ακόμη, οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe, βρέθηκε να έχουν μικρότερη τιμή χρώματος φλοιού a*, από τους καρπούς των δέντρων του μάρτυρος. Προσέτι, οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν θεικό Fe και βιοδιεγέρτες, βρέθηκε να έχουν μικρότερη τιμή χρώματος φλοιού a*, από τους καρπούς των δέντρων, που δέχθηκαν θεικό Fe. Επίσης, οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe, έδωσαν επίσης μικρότερη τιμή χρώματος φλοιού a*, από τους καρπούς των δέντρων, που δέχθηκαν θεικό Fe. Τέλος, οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe, βρέθηκε να έχουν

μεγαλύτερη τιμή χρώματος φλοιού a^* , από τους καρπούς των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες.

Ο καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe, είχαν μικρότερη τιμή χρώματος φλοιού b^* , από τα φύλλα του μάρτυρος (Πίν. 3.5). Επίσης, οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες, είχαν μικρότερη τιμή χρώματος φλοιού b^* , από τους καρπούς των δέντρων του μάρτυρος. Ακόμη, οι καρποί, των δέντρων που δέχθηκαν το χηλικό Fe, είχαν μικρότερη τιμή χρώματος φλοιού b^* , από τους καρπούς των δέντρων του μάρτυρος, ενώ η τιμή τους βρέθηκε παρόμοια με αυτή των καρπών των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες. Τέλος η μεταχείριση του θειικού Fe, είχε μεγαλύτερη τιμή από τη μεταχείριση του θειικού Fe και βιοδιεγερτών και του χηλικού Fe.

Πίνακας 3.6 Επίδραση της ενέσιμης εφαρμογής θειικού Fe με ή χωρίς την προσθήκη βιοδιεγερτών ή ενέσιμης εφαρμογής χηλικού Fe στο χρώμα φλοιού Chroma, και στο χρώμα φλοιού Hue ($^{\circ}$), των καρπών δαμασκηνιάς ποικ. Angeleno στις 14/9/2022. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Tukey.

Μεταχείριση	Χρώμα φλοιού Chroma	Χρώμα φλοιού Hue ($^{\circ}$)
Μάρτυρας	13,6a	13,81a
Θειικός Fe	9,79b	7,32b
Θειικός Fe + Βιοδιεγέρτες	8,05c	3,90c
Χηλικός Fe	8,24c	3,48c
Σημαντικότητα	***	***

*** σημαντικότητα 1%

Οι καρποί, που δέχθηκαν θειικό Fe, είχαν μικρότερη τιμή χρώματος φλοιού Chroma, από τους καρπούς του μάρτυρος (Πίν. 3.6). Επίσης, οι καρποί, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες, είχαν μικρότερη τιμή χρώματος φλοιού Chroma από τους καρπούς του μάρτυρος. Προσέτι, οι καρποί, που δέχθηκαν χηλικό Fe, είχαν μικρότερη τιμή χρώματος φλοιού Chroma, από τους καρπούς του μάρτυρος. Τέλος, οι καρποί

που δέχτηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες ή χηλικό Fe, είχαν παρόμοιες μεταξύ τους τιμές (απουσία σημαντικής στατιστικής διαφοράς) και είχαν μικρότερη τιμή από τη μεταχείριση του θειικού Fe. Συμπερασματικά, η μεταχείριση, που έδωσε τη μεγαλύτερη τιμή χρώματος φλοιού Chroma, ήταν αυτή του μάρτυρος.

Οι καρποί, που δέχθηκαν θειικό Fe, είχαν μικρότερη τιμή χρώματος φλοιού Hue (°), από τους καρπούς του μάρτυρος (Πίν. 3.6). Επίσης, οι καρποί, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες, είχαν μικρότερη τιμή χρώματος φλοιού Hue (°) από τους καρπούς του μάρτυρος. Προσέτι, οι καρποί, που δέχτηκαν χηλικό Fe, είχαν μικρότερη τιμή χρώματος φλοιού Hue (°), από τους καρπούς του μάρτυρος. Τέλος, οι καρποί που δέχτηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες ή χηλικό Fe, είχαν παρόμοιες μεταξύ τους τιμές (απουσία σημαντικής στατιστικής διαφοράς) και είχαν μικρότερη τιμή από τη μεταχείριση του θειικού Fe. Συμπερασματικά, η μεταχείριση, που έδωσε τη μεγαλύτερη τιμή χρώματος φλοιού Hue, ήταν αυτή του μάρτυρος.

Πίνακας 3.7 Επίδραση της ενέσιμης εφαρμογής θειικού Fe με ή χωρίς την προσθήκη βιοδιεγερτών ή ενέσιμης εφαρμογής χηλικού Fe στο χρώμα σάρκας L*, στο χρώμα σάρκας a* και στο χρώμα σάρκας b* των καρπών δαμασκηνιάς ποικ. Angeleno στις 14/9/2022. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Tukey.

Μεταχείριση	Χρώμα σάρκας L*	Χρώμα σάρκας a*	Χρώμα σάρκας b*
Μάρτυρας	59,6d	-0,94a	36,5a
Θειικός Fe	60,07c	-2,21b	36,3a
Θειικός Fe + Βιοδιεγέρτες	63,3a	-2,29b	34,5b
Χηλικός Fe	61.9b	-3,10c	34,7b
Σημαντικότητα	***	***	***

*** σημαντικότητα 1%

Οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe, είχαν μεγαλύτερη τιμή χρώματος σάρκας L*, από τους καρπούς των δέντρων του μάρτυρα (Πίν. 3.7). Επίσης, οι καρποί, που δέχτηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες, είχαν μεγαλύτερη τιμή χρώματος σάρκας L*, από τους καρπούς του μάρτυρα. Ακόμη, οι καρποί που

δέχθηκαν χηλικό Fe, είχαν μεγαλύτερη τιμή χρώματος σάρκας L*, από τους καρπούς του μάρτυρα. Προσέτι, οι καρποί που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες, είχαν μεγαλύτερη τιμή χρώματος σάρκας L*, από τους καρπούς που δέχθηκαν θειικό Fe. Ακόμη, οι καρποί, που δέχθηκαν χηλικό Fe είχαν μεγαλύτερη τιμή χρώματος φλοιού L* από τους καρπούς που δέχθηκαν θειικό Fe. Τέλος, οι καρποί, που δέχθηκαν χηλικό Fe, είχαν μικρότερη τιμή χρώματος φλοιού L*, από του καρπούς, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες. Συμπερασματικά, η μεταχείριση: θειικό Fe και βιοδιεγέρτες, αύξησε την τιμή του χρώματος φλοιού L*, περισσότερο από κάθε άλλη μεταχείριση.

Οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe, είχαν υψηλότερη τιμή χρώματος σάρκας a*, από τους καρπούς των δέντρων του μάρτυρος (Πίν. 3.7). Επίσης, οι καρποί, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες, είχαν επίσης μεγαλύτερη τιμή χρώματος a*, από τους καρπούς του μάρτυρα. Επίσης, οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe, είχαν υψηλότερη τιμή χρώματος σάρκας a*, από τους καρπούς του μάρτυρος. Ακόμη, οι καρποί, που δέχθηκαν θειικό Fe και οι καρποί που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες, βρέθηκε να έχουν παρόμοιες τιμές και μικρότερες από αυτές των καρπών, που δέχθηκαν χηλικό Fe. Συμπερασματικά, η μεταχείριση του χηλικού Fe, αύξησε τη τιμή του χρώματος σάρκας a*, περισσότερο από κάθε άλλη μεταχείριση.

Οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe, βρέθηκε να έχουν παρόμοια τιμή χρώματος σάρκας b*, με τους καρπούς του μάρτυρος (Πίν. 3.7). Επίσης, οι καρποί, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες, βρέθηκε να έχουν μικρότερη τιμή χρώματος σάρκας b*, από τους καρπούς του μάρτυρος. Ομοίως, οι καρποί, που δέχθηκαν χηλικό Fe, είχαν μικρότερη τιμή χρώματος φλοιού b*, από του καρπούς του μάρτυρος. Τέλος, οι καρποί, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες και οι καρποί, που δέχθηκαν χηλικό Fe, βρέθηκε να έχουν παρόμοιες τιμές χρώματος σάρκας b* μεταξύ τους και μικρότερες από τις τιμές των καρπών του μάρτυρος και του θειικού Fe. Συμπερασματικά, η μεταχειρίσεις, που αύξησαν περισσότερο τη τιμή του χρώματος σάρκας a*, ήταν αυτές του μάρτυρος και του θειικού Fe.

Πίνακας 3.8 Επίδραση της ενέσιμης εφαρμογής θειικού Fe με ή χωρίς την προσθήκη βιοδιεγερτών ή ενέσιμης εφαρμογής χηλικού Fe στο βάρος καρπού (g), στο βάρος πυρήνα (g) και στο εδώδιμο (%), των καρπών δαμασκηνιάς ποικ. Angeleno στις

14/9/2022. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Tukey.

Μεταχείριση	Βάρος καρπού (g)	Βάρος πυρήνα (g)	Εδώδιμο (%)
Μάρτυρας	61,5c	2,08c	96,6b
Θεικός Fe	71,3b	2,09c	97,1a
Θεικός Fe + Βιοδιεγέρτες	83,8a	2,79a	96,7b
Χηλικός Fe	71,3b	2,41b	96,6b
Σημαντικότητα	***	***	***

*** σημαντικότητα 1%

Οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν θεικό Fe, είχαν μεγαλύτερο βάρος (gr) καρπού, από τους καρπούς των δέντρων του μάρτυρος (Πίν. 3.8). Επίσης, οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν θεικό Fe και βιοδιεγέρτες είχαν μεγαλύτερο βάρος από τους καρπούς των δέντρων του μάρτυρος. Ακόμη, οι καρποί, των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe, είχαν μεγαλύτερο βάρος από αυτούς του μάρτυρος. Ακόμη, οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν θεικό Fe και βιοδιεγέρτες, είχαν μεγαλύτερο βάρος, από τους καρπούς των δέντρων, που δέχθηκαν θεικό Fe. Προσέτι, οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe, είχαν παρόμοιες τιμές βάρους καρπών με τους καρπούς, που δέχθηκαν θεικό Fe. Τέλος, οι καρποί που δέχθηκαν χηλικό Fe, είχαν μικρότερο βάρος, από τους καρπούς, που δέχθηκαν θεικό Fe και βιοδιεγέρτες. Συμπερασματικά, η μεταχείριση, που αύξησε περισσότερο από κάθε άλλη, το βάρος του καρπού, ήταν αυτή του θεικού Fe και των βιοδιεγερτών.

Οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν θεικό Fe, βρέθηκε να έχουν παρόμοιες τιμές βάρους (gr) πυρήνα με τους καρπούς των δέντρων του μάρτυρος (Πίν. 3.8). Επίσης, οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν θεικό Fe και βιοδιεγέρτες, βρέθηκε να έχουν μεγαλύτερο βάρος πυρήνα, από τους καρπούς του μάρτυρος. Ακόμη, οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe, βρέθηκε να έχουν μεγαλύτερο βάρος πυρήνα, από τους καρπούς των δέντρων του μάρτυρος. Οι καρποί, που δέχθηκαν θεικό Fe και βιοδιεγέρτες, είχαν μεγαλύτερο βάρος πυρήνα, από τους καρπούς που δέχθηκαν θεικό Fe. Ομοίως, οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe, βρέθηκε να έχουν μεγαλύτερο βάρος πυρήνα, από του καρπούς των δέντρων, που δέχθηκαν

θεικό Fe. Τέλος, οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe, βρέθηκε να έχουν μικρότερο βάρος πυρήνων από τους καρπούς των δέντρων, που δέχθηκαν θεικό Fe και βιοδιεγέρτες. Συμπερασματικά, η μεταχείριση, που αύξησε περισσότερο από κάθε άλλη το βάρος πυρήνων, ήταν αυτή του θεικού Fe και των βιοδιεγερτών. Οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν θεικό Fe, βρέθηκε να έχουν μεγαλύτερο επί τοις εκατό ποσοστό εδώδιμου από κάθε άλλη μεταχείριση, ενώ οι λοιπές μεταχειρίσεις βρέθηκε να έχουν παρόμοιες τιμές (Πίν. 3.8).

Πίνακας 3.9 Επίδραση της ενέσιμης εφαρμογής θεικού Fe με ή χωρίς την προσθήκη βιοδιεγερτών ή ενέσιμης εφαρμογής χηλικού Fe στα ΔΣΣ χυμού (%), στο pH χυμού, στην οξύτητα χυμού (%) και στο λόγο ΔΣΣ/Οξύτητα, των καρπών δαμασκηνιάς ποικ. Angeleno στις 14/9/2022. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Tukey.

Μεταχείριση	ΔΣΣ χυμού (%)	pH χυμού	Οξύτητα χυμού (%)	ΔΣΣ/Οξύτητα
Μάρτυρας	15,2c	4,29c	0,35b	43,6c
Θεικός Fe	16,4b	4,49a	0,34b	48,4b
Θεικός Fe + Βιοδιεγέρτες	17,5a	4,53a	0,32c	55,3a
Χηλικός Fe	17,7a	4,38b	0,38a	47,2b
Σημαντικότητα	***	**	***	***

*** σημαντικότητα 1%

Οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν θεικό Fe, βρέθηκε να έχουν μεγαλύτερο επί τοις εκατό ποσοστό ΔΣΣ χυμού από τον μάρτυρα (Πίν. 3.9). Επίσης, οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν θεικό Fe και βιοδιεγέρτες βρέθηκε να έχουν επίσης μεγαλύτερο επί τοις εκατό ποσοστό ΔΣΣ χυμού, από τους καρπούς του μάρτυρα. Ομοίως, οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe βρέθηκε να έχουν μεγαλύτερο επί τοις εκατό ποσοστό ΔΣΣ χυμού, από τους καρπούς του μάρτυρα. Προσέτι, οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν θεικό Fe και βιοδιεγέρτες, βρέθηκε να έχουν μεγαλύτερο επί τοις εκατό ποσοστό ΔΣΣ χυμού, από τους καρπούς των δέντρων, που δέχθηκαν θεικό Fe. Ομοίως, οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe, βρέθηκε να έχουν μεγαλύτερο επί τοις εκατό ποσοστό ΔΣΣ χυμού, από τους καρπούς των δέντρων, που δέχθηκαν θεικό Fe. Τέλος, οι καρποί των δέντρων,

που δέχθηκαν χηλικό Fe, βρέθηκε να έχουν παρόμοια ποσοστά επί τοις εκατό ΔΣΣ χυμού, με τους καρπούς των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες. Συμπερασματικά, οι δυο τελευταίες μεταχειρίσεις αύξησαν περισσότερο τα ΔΣΣ χυμού στους καρπούς.

Οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe, βρέθηκε να έχουν υψηλότερο pH χυμού, από του καρπούς του μάρτυρος (Πίν. 3.9). Επίσης, οι καρποί, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες βρέθηκε να έχουν υψηλότερη τιμή pH χυμού, από τους καρπούς του μάρτυρος. Ομοίως, οι καρποί, που δέχθηκαν χηλικό Fe, βρέθηκαν να έχουν κι αυτοί υψηλότερο pH χυμού, από τους καρπούς του μάρτυρος. Επίσης, οι καρποί, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες, βρέθηκε να έχουν παρόμοια τιμή pH χυμού, με τους καρπούς, που δέχθηκαν θειικό Fe. Ακόμη, οι καρποί, που δέχθηκαν χηλικό Fe, βρέθηκε να έχουν μικρότερη τιμή pH χυμού, από τους καρπούς, που δέχθηκαν θειικό Fe. Τέλος, οι καρποί που δέχθηκαν χηλικό Fe, βρέθηκε να έχουν μικρότερη τιμή pH χυμού, από τους καρπούς, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες. Συμπερασματικά, οι μεταχειρίσεις, που αύξησαν περισσότερο την τιμή pH χυμού, ήταν αυτές του θειικού Fe και του θειικού Fe και των βιοδιεγερτών.

Οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe, βρέθηκε να έχουν παρόμοια τιμή οξύτητας χυμού (%), με τους καρπούς των δέντρων του μάρτυρος (Πίν. 3.9). Επίσης, οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες, βρέθηκε να έχουν μικρότερη τιμή οξύτητας χυμού, από τους καρπούς των δέντρων του μάρτυρος. Επίσης, οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe βρέθηκε να έχουν μεγαλύτερη τιμή οξύτητας χυμού, από τα δέντρα του μάρτυρος. Ακόμη, οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες, βρέθηκε να έχουν μικρότερη τιμή οξύτητας χυμού, από τους καρπούς, των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe. Επίσης, οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe, βρέθηκε να έχουν μεγαλύτερη τιμή οξύτητας χυμού, από τους καρπούς των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe. Τέλος, οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe, βρέθηκε να έχουν μεγαλύτερη τιμή οξύτητας χυμού, από τους καρπούς των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες. Συμπερασματικά, η μεταχείριση του χηλικού Fe, αύξησε την οξύτητα του χυμού των καρπών, περισσότερο από κάθε άλλη μεταχείριση.

Οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe, βρέθηκε να έχουν μεγαλύτερη τιμή ΔΣΣ/Οξύτητα, από τους καρπούς των δέντρων, του μάρτυρος (Πίν. 3.9). Επίσης, οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες, βρέθηκε να έχουν μεγαλύτερη τιμή ΔΣΣ/Οξύτητα από τους καρπούς των δέντρων του μάρτυρος. Ακόμη, οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe, βρέθηκε να έχουν μεγαλύτερη τιμή ΔΣΣ/Οξύτητα, από τους καρπούς των δέντρων του μάρτυρος. Προσέτι, οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες, βρέθηκε να έχουν μεγαλύτερη τιμή ΔΣΣ/Οξύτητα, από τους καρπούς των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe. Επίσης τα δέντρα, που δέχθηκαν χηλικό Fe, βρέθηκε να έχουν παρόμοιες τιμές ΔΣΣ/Οξύτητα, με τα δέντρα, που δέχθηκαν θειικό Fe. Τέλος, τα δέντρα, που δέχθηκαν χηλικό Fe, βρέθηκε να έχουν μικρότερη τιμή ΔΣΣ/Οξύτητα, από τα δέντρα, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες. Συμπερασματικά, η μεταχείριση του θειικού Fe και των βιοδιεγερτών, αύξησε περισσότερο από κάθε άλλη μεταχείριση την τιμή ΔΣΣ/Οξύτητα των καρπών.

Πίνακας 3.10 Επίδραση της ενέσιμης εφαρμογής θειικού Fe με ή χωρίς την προσθήκη βιοδιεγερτών ή ενέσιμης εφαρμογής χηλικού Fe στο χρώμα σάρκας L*, στη σκληρότητα σάρκας (kgF) και στην Ξηρά ουσία σάρκας (%), των καρπών δαμασκηνιάς ποικ. Angeleno στις 14/9/2022. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Tukey.

Μεταχείριση	Σκληρότητα σάρκας (kgF)	Ξηρά ουσία σάρκας (%)
Μάρτυρας	3,58a	17,9d
Θειικός Fe	3,20b	18,9c
Θειικός Fe + Βιοδιεγέρτες	2,59d	19,5b
Χηλικός Fe	2,89c	20,4a
Σημαντικότητα	***	***

*** σημαντικότητα 1%

Οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe, βρέθηκε να έχουν μικρότερη τιμή σκληρότητας σάρκας (kgF), από τους καρπούς των δέντρων του μάρτυρος (Πίν. 3.10). Επίσης, οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες, βρέθηκε να έχουν επίσης μικρότερη τιμή σκληρότητας σάρκας, από τους καρπούς

των δέντρων του μάρτυρος. Ακόμη, οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe, βρέθηκε να έχουν μικρότερη τιμή σκληρότητας σάρκας, από τους καρπούς των δέντρων του μάρτυρος. Ακόμη, οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες, βρέθηκε να έχουν μεγαλύτερη τιμή σκληρότητας σάρκας, από τους καρπούς των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe. Οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe, βρέθηκε να έχουν μικρότερη τιμή σκληρότητας σάρκας, από τους καρπούς των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe. Τέλος, οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe, βρέθηκε να έχουν μεγαλύτερη τιμή σκληρότητας σάρκας, από τους καρπούς των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες. Συμπερασματικά, η μεταχείριση, που αύξησε περισσότερο από κάθε άλλη, τη σκληρότητα σάρκας, ήταν αυτή του μάρτυρος.

Οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe, βρέθηκε να έχουν περισσότερη ξηρά ουσία σάρκας (%), από τους καρπούς των δέντρων του μάρτυρος (Πίν. 3.10). Επίσης, οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες, βρέθηκε να έχουν περισσότερη ξηρά ουσία σάρκας, από τους καρπούς των δέντρων του μάρτυρος. Ακόμη, οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe, βρέθηκε να έχουν περισσότερη ξηρά ουσία σάρκας, από τους καρπούς των δέντρων του μάρτυρος. Επίσης, οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες, βρέθηκε να έχουν περισσότερη ξηρά ουσία σάρκας, από τους καρπούς των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe. Προσέτι, οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe, βρέθηκε να έχουν περισσότερη ξηρά ουσία σάρκας, από τους καρπούς των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe. Τέλος, οι καρποί των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe, βρέθηκε να έχουν περισσότερη ξηρά ουσία σάρκας, από τους καρπούς των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες. Συμπερασματικά, η μεταχείριση, που αύξησε περισσότερο από κάθε άλλη ήταν αυτή του χηλικού Fe.

3.3 Μετρήσεις κλάδων

Πίνακας 3.11 Επίδραση της ενέσιμης εφαρμογής θειικού Fe με ή χωρίς την προσθήκη βιοδιεγερτών ή ενέσιμης εφαρμογής χηλικού Fe στο μήκος ετήσιου βλαστού (cm) και στην Ξηρά ουσία βλαστού (%), των ετήσιων βλαστών δαμασκηλιάς ποικ.

Angeleno στις 25/01/23. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Tukey.

Μεταχείριση	Μήκος ετήσιου βλαστού (cm)	Ξηρά ουσία βλαστού (%)
Μάρτυρας	33,2c	55,4b
Θεικός Fe	81,0b	54,0c
Θεικός Fe + Βιοδιεγέρτες	90,7a	56,2a
Χηλικός Fe	91,5a	55,5b
Σημαντικότητα	***	***

*** σημαντικότητα 1%

Τα δέντρα που δέχθηκαν εφαρμογή θεικού Fe είχαν μεγαλύτερο (υπερδιπλάσιο) μήκος ετήσιου βλαστού από τα δέντρα του μάρτυρα (Πίν. 3.11). Παρόμοια, και τα δέντρα που δέχθηκαν θεικό Fe και βιοδιεγέρτες ή χηλικό Fe είχαν μεγαλύτερο μήκος ετήσιου βλαστού από τα δέντρα του μάρτυρα. Τα δέντρα που δέχθηκαν θεικό Fe και βιοδιεγέρτες ή χηλικό Fe είχαν παρόμοιο μεταξύ τους μήκος ετήσιου βλαστού και μεγαλύτερο από τα δέντρα που δέχθηκαν θεικό Fe μόνο.

Οι ετήσιοι βλαστοί, των δέντρων, που δέχθηκαν θεικό Fe, βρέθηκε να έχουν λιγότερη ξηρά ουσία βλαστού (%), από τους ετήσιους βλαστούς των δέντρων του μάρτυρος (Πίν. 3.11). Επίσης, οι ετήσιοι βλαστοί, των δέντρων, που δέχθηκαν θεικό Fe και βιοδιεγέρτες, βρέθηκε να έχουν περισσότερη ξηρά ουσία, από τους ετήσιους βλαστούς των δέντρων του μάρτυρος. Ακόμη, οι βλαστοί των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe, βρέθηκε να έχουν παρόμοια τιμή ξηράς ουσίας βλαστού, μ' αυτήν του μάρτυρος. Προσέτι, οι βλαστοί των δέντρων, που δέχθηκαν θεικό Fe και βιοδιεγέρτες, βρέθηκαν να έχουν περισσότερη ξηρά ουσία βλαστού, από τους βλαστούς των δέντρων, που δέχθηκαν θεικό Fe. Ομείως, οι βλαστοί των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe, βρέθηκε να έχουν περισσότερη ξηρά ουσία βλαστού, από εκείνη των βλαστών των δέντρων, που δέχθηκαν θεικό Fe. Τέλος, οι βλαστοί των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe, βρέθηκε, να έχουν λιγότερη ξηρά ουσία βλαστού, από τους βλαστούς των δέντρων, που δέχθηκαν θεικό Fe και βιοδιεγέρτες. Συμπερασματικά, η χορήγηση θεικού Fe και βιοδιεγερτών στα δέντρα, αύξησε περισσότερο από κάθε άλλη μεταχείριση την ξηρά ουσία βλαστού.

Πίνακας 3.12 Επίδραση της ενέσιμης εφαρμογής θεικού Fe με ή χωρίς την προσθήκη βιοδιεγερτών ή ενέσιμης εφαρμογής χηλικού Fe στον αριθμό γονάτων σε 10 cm βλαστού και στο μήκος μεσογονατίου (cm) των ετήσιων βλαστών δαμασκηνιάς ποικ. Angeleno στις 25/01/23. Ανά στήλη μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά κατά Tukey.

Μεταχείριση	# γονάτων στα 10 cm βλαστού	Μήκος μεσογονατίου (cm)
Μάρτυρας	7,36a	1,58d
Θεικός Fe	4,44b	2,91c
Θεικός Fe + Βιοδιεγέρτες	3,96c	3,40a
Χηλικός Fe	4,00c	3,34b
Σημαντικότητα	***	***

*** σημαντικότητα 1%

Ο αριθμός γονάτων σε 10 cm βλαστού των δέντρων, που δέχθηκαν θεικό Fe, βρέθηκε να είναι μικρότερος από τον αριθμό γονάτων σε 10 cm βλαστού, των δέντρων του μάρτυρος (Πίν. 3.12). Επίσης, ο αριθμός γονάτων σε 10 cm βλαστού των δέντρων, που δέχθηκαν εφαρμογή θεικού Fe και βιοδιεγερτών, βρέθηκε να είναι επίσης μικρότερος του αριθμού γονάτων σε 10 cm βλαστού, των δέντρων του μάρτυρος. Ομοίως, ο αριθμός γονάτων σε 10 cm βλαστού των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe, βρέθηκε να είναι μικρότερος, από τον αριθμό γονάτων σε 10 cm βλαστού, των δέντρων του μάρτυρος. Ακόμη, ο αριθμός γονάτων σε 10 cm βλαστού των δέντρων, που δέχθηκαν θεικό Fe και βιοδιεγέρτες, βρέθηκε να είναι μικρότερος από τον αριθμό γονάτων σε 10 cm βλαστού, των δέντρων, που δέχθηκαν θεικό Fe. Επίσης, τα δέντρα, που δέχθηκαν χηλικό Fe είχαν μικρότερο αριθμό γονάτων σε 10 cm βλαστού, από τα δέντρα, που δέχθηκαν θεικό Fe. Τέλος, τα δέντρα, που δέχθηκαν χηλικό Fe, βρέθηκε να έχουν παρόμοιο αριθμό γονάτων σε 10 cm βλαστού, με τα δέντρα, που δέχθηκαν θεικό Fe και βιοδιεγέρτες. Συνεπώς, η μεταχείριση, που παρουσίασε τον μεγαλύτερο αριθμό γονάτων σε 10 cm βλαστού, ήταν αυτή του μάρτυρος.

Οι βλαστοί των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe, βρέθηκε να έχουν μεγαλύτερο μήκος μεσογονατίου (cm), από τους βλαστούς των δέντρων του μάρτυρος (Πίν. 3.12). Επίσης, οι βλαστοί των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες, βρέθηκε να έχουν μεγαλύτερο μήκος μεσογονατίου, από τους βλαστούς των δέντρων του μάρτυρος. Προσέτι, οι βλαστοί των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe, βρέθηκε να έχουν μεγαλύτερο μήκος μεσογονατίου, από τους βλαστούς των δέντρων του μάρτυρος. Ακόμη, οι βλαστοί, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες, βρέθηκε να έχουν μεγαλύτερο μήκος μεσογονατίου, από τους βλαστούς των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe. Επίσης, οι βλαστοί των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe, βρέθηκε να έχουν μεγαλύτερο μήκος μεσογονατίου, από τους βλαστούς των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe. Τέλος, οι βλαστοί, των δέντρων, που δέχθηκαν χηλικό Fe, βρέθηκε να έχουν μικρότερο μήκος μεσογονατίου, από τους βλαστούς των δέντρων, που δέχθηκαν θειικό Fe και βιοδιεγέρτες. Συνεπώς, η μεταχείριση του θειικού Fe και των βιοδιεγερτών, αύξησε περισσότερο από κάθε άλλη, το μήκος μεσογονατίου. Η εφαρμογή Fe αύξησε σημαντικά το μήκος βλαστού, μείωσε τον αριθμό γονάτων ανά 10 cm βλαστού, και αύξησε το μήκος μεσογονατίου σε σχέση με τον μάρτυρα. Όσον αφορά το ποσοστό % ΞΟ του βλαστού, ο θειικός Fe μείωσε, ο χηλικός Fe δεν επηρέασε και ο συνδυασμός θειικού Fe με βιοδιεγέρτες αύξησε το ποσοστό % ΞΟ βλαστού σε σχέση με τον μάρτυρα. Ο χηλικός Fe αύξησε σημαντικά το μήκος βλαστού, μείωσε τον # των γονάτων ανά 10 cm βλαστού, αύξησε το μήκος μεσογονατίου και αύξησε το % ΞΟ του βλαστού σε σχέση με τον θειικό Fe. Η εφαρμογή θειικού Fe και βιοδιεγερτών αύξησε σημαντικά το μήκος βλαστού, μείωσε τον # των γονάτων ανά 10 cm βλαστού, αύξησε το μήκος μεσογονατίου και αύξησε το % ΞΟ του βλαστού σε σχέση με τον θειικό Fe. Η εφαρμογή θειικού Fe και βιοδιεγερτών δεν τροποποίησε το μήκος βλαστού, δεν τροποποίησε τον αριθμό γονάτων ανά 10 cm βλαστού, δεν τροποποίησε το μήκος μεσογονατίου, αλλά αύξησε το % ΞΟ βλαστού σε σχέση με τον χηλικό Fe.

4 Συζήτηση

4.1 Τρόπος δράσης των θρεπτικών, που εφαρμόζονται με έκχυση.

Η παροχή θρεπτικών συστατικών σε δέντρα, με τη μορφή έκχυσης, δηλαδή ένεσης στον κορμό, αποτελεί αντικείμενο έρευνας, ώστε να διαπιστωθεί ο τρόπος απορρόφησης και μεταφορά εντός των δέντρων των παρεχόμενων θρεπτικών. Συγκεκριμένα, ο Fe δεν μεταφέρεται αυτούσιος εντός του φυτού, αλλά κατά τους Römheld και Marschner (1986), ο Fe συμμετέχει σε φυτοσιδηροφόρες ουσίες. Αυτές είναι ουσίες – σύμπλοκα, τα οποία καθιστούν ακόμη από εδάφους, το Fe προσβάσιμο στα φυτά και τη μεταφορά του εντός τους δυνατή. Για παράδειγμα, οι ριζοφονιδίνες είναι μια κατηγορία φυτοσιδηροφόρων ουσιών που συναντώνται σε ορισμένα γραμιδόσπερμα φυτά, κυρίως σε διάφορα είδη δασικών δέντρων και σιτηρέσιων. Αυτές οι ουσίες έχουν τη δυνατότητα να σχηματίζουν σύνθετες ενώσεις με το Fe, προκαλώντας τη διάλυσή του και επιτρέποντας στα φυτά να τον απορροφήσουν μέσω των ριζών τους. Με την έκχυση του Fe, αυτός μεταφέρεται αρχικά στη ρίζα, όπου και συμμετέχει στις παραπάνω ουσίες. Στη συνέχεια, αυτές οι ουσίες μεταφέρονται μέσω του φλοιού σε διάφορα μέρη του φυτού και κυρίως στα φύλλα, όπου συμμετέχουν στις διάφορες διαδικασίες (παραγωγή χλωροφύλλης κ.ά.) (Curie et al., 2009).

4.2 Συνέπειες χλώρωσης, σε διάφορες έρευνες

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία εφαρμόστηκαν τα σκευάσματα Fe σε ενήλικα δέντρα δαμασκηνιάς με έντονα συμπτώματα χλώρωσης – τροφοπενίας. Συγκεκριμένα, τα δέντρα, παρουσίαζαν έντονο κιτρίνισμα των φύλλων και μειωμένη ανάπτυξη όλης της βλάστησης. Ακόμη, όπως αναφέρεται και κατωτέρω, στην πτυχιακή εργασία του Φίλτσου Ι. (2004), η έλλειψη Fe συνεπάγεται και ποιοτική υποβάθμιση των διαφόρων ενζυμικών συστημάτων του φυτού.

Η χλώρωση οφείλεται μπορεί να οφείλεται σε (Φίλτσος, 2004, Η έλλειψη Fe σε υποκείμενα εσπεριδοειδών. Πτυχιακή εργασία, ΤΕΙ Δυτικής Μακεδονίας):

- Αλλοίωση της λεπτής δομής των χλωροπλαστών καθώς και στο γεγονός ότι το μαγνήσιο είναι απαραίτητο για τη βιοσύνθεση της χλωροφύλλης και τη

διατήρηση των πρωτεϊνών των χλωροπλαστών των συμπλόκων φωτοσύνθεσης. Σε μέτρια έλλειψη, η αποδόμηση των πρωτεϊνών προκαλεί απώλεια της χλωροφύλλης ενώ σε έντονη έλλειψη δεν βιοσυντίθενται επαρκείς ποσότητες χλωροφύλλης στα εκπυσσόμενα φύλλα (Welkie G.W., 1993, Iron stress responses of a chlorosis susceptible and a chlorosis resistant cultivars of pepper).

- Μειωμένη βιοσύνθεση των απαραίτητων συστατικών της φωτοσυνθετικής συσκευής και των φωτοσυνθετικών χρωστικών ή σε προοδευτική αποδόμηση των πρωτεϊνών και των συνενζυμικών παραγόντων ώστε να τροφοδοτηθεί η επανεκκίνηση του θείου προς τα νεώτερα όργανα (Pushnik J., Miler G., 1989, Iron regulation of chloroplast photosynthetic function).
- Η χλώρωση που παρατηρείται υπό τροφοπενία Fe οφείλεται στη μειωμένη βιοσύνθεση των απαραίτητων συστατικών της φωτοσυνθετικής συσκευής (ιδιαίτερα του PSI) και των φωτοσυνθετικών χρωστικών (η βιοσύνθεση πρόδρομων μορίων της χλωροφύλλης απαιτεί την παρουσία Fe). Η απαίτηση μεγάλων ποσοτήτων Fe από τα συστατικά της φωτοσυνθετικής συσκευής εξηγεί την ευαισθησία των χλωροπλαστών και ιδιαίτερα των θυλακοειδών στην έλλειψη Fe. Η έλλειψη της χλωροφύλλης είναι ιδιαίτερα έντονη, συνήθως μεγαλύτερη αυτής των καροτενοειδών. Σημειώνεται η μικρή επίδραση της ήπιας τροφοπενίας Fe στο μέγεθος των φύλλων, τον αριθμό των κυττάρων και των χλωροπλαστών (Tagliavini M., Rombola A.D., 2001, Iron deficiency and chlorosis in orchard and vineyard ecosystems).
- Αδυναμία βιοσύνθεσης των βασικών συστατικών της φωτοσυνθετικής συσκευής και κυρίως του PSII. Οι οξειδωτικές βλάβες στους χλωροπλάστες προκαλούν φωτολεύκανση και εμφάνιση νεκρωτικών κηλίδων.

Ακόμη, το 1990, οι Romhed και Marchner, εστίασαν την έρευνά τους στη μεγάλη μείωση της φωτοσύνθεσης, που επιφέρει η έλλειψη Fe. Ειδικότερα, βρέθηκε ότι η περιεκτικότητα χλωροφύλλης του μάρτυρα ήταν κατά 40-60% λιγότερη από την αντίστοιχη των φυτών που δέχτηκαν την απαιτούμενη ποσότητα Fe. Ακόμη, τα φυτά, τα οποία δέχτηκαν Fe, παρουσίασαν 30-50% αύξηση στη δραστηριότητα των ηλεκτρονίων, που συμμετείχαν στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Τελικά, τα δέντρα, που δέχτηκαν το Fe παρουσίασαν σε βάθος τριετίας εμφανώς μεγαλύτερη και

καλύτερη βλαστική ανάπτυξη, καθώς και ποιότητα καρπών.

Προσέτι, το 1995, οι Gogorcena, Abadía & Abadía, εστίασαν στην παραγωγή αντιοξειδωτικών ουσιών σε συνάρτηση με τα ποσοστά Fe των φυτών και συγκεκριμένα τη αγγουριάς. Συγκεκριμένα, διεπίστωσαν, ότι τα φυτά, που δέχθηκαν Fe, παρουσίασαν αύξηση πολλών αντιοξειδωτικών ουσιών και συγκεκριμένα: αύξηση 50% της υπεροξειδικής δεσμουτάσης (SOD), 30 % της καταλάσης (CAT), 70 % της υπεροξειδάσης (ARX) και 60 % του ασκορβικού οξέος (ASA). Συμπερασματικά, η αύξηση αυτή των αντιοξειδωτικών ουσιών, συνοδεύτηκε με φυτά με αντοχή τόσο σε ιώσεις όσο και σε αβιοτικούς παράγοντες καταπόνησης, όπως υψηλές θερμοκρασίες, ηλιακή ακτινοβολία και άλατα. Τέλος, οι Ye et al. (2015), διατύπωσαν, ότι με την αντιμετώπιση της χλώρωσης, σε φυτά πορτοκαλιάς, υπήρξε ραγδαία ανάπτυξη και πολλαπλασιασμός πρωτεϊνών στη ρίζα, που σχετίζονται με την απορρόφηση και τη μεταφορά τόσο του Fe, όσο και των λοιπών θρεπτικών συστατικών.

4.3 Αποτελέσματα εφαρμογής θειικού Fe σε διάφορες έρευνες

Όπως αναλύεται και παρακάτω, η παροχή Fe στα φυτά, με τη μορφή του θειικού Fe, αποτελεί τον πιο διαδεδομένο τρόπο, καθώς έχει το μικρότερο κόστος. Αναφορικά, με τα αποτελέσματα την εφαρμογής θειικού Fe, η έρευνα των Smith και Clark (2020), έδειξε τα παρακάτω:

1. Αύξηση στη συγκέντρωση Fe στους ιστούς των φυτών:

- Σε φυτά που έλαβαν 0 mg θειικού Fe, η συγκέντρωση Fe στους ιστούς ήταν περίπου 50 ppm.
- Με την προσθήκη 50 mg θειικού Fe, η συγκέντρωση αυξήθηκε σε 100 ppm.
- Με την προσθήκη 100 mg θειικού Fe, η συγκέντρωση έφτασε τα 150 ppm.

2. Αύξηση στη διαθεσιμότητα Fe στο έδαφος:

- Η διαθεσιμότητα Fe στο έδαφος χωρίς προσθήκη θειικού Fe ήταν 10 ppm.

- Με την προσθήκη 50 mg θεικού Fe, η διαθεσιμότητα αυξήθηκε σε 30 ppm.
- Με την προσθήκη 100 mg θεικού Fe, η διαθεσιμότητα έφτασε τα 50 ppm.

3. Βελτίωση στην ανάπτυξη των φυτών:

- Τα φυτά που δεν έλαβαν θεικό Fe είχαν ύψος περίπου 20 cm.
- Με την προσθήκη 50 mg θεικού Fe, το ύψος των φυτών αυξήθηκε σε 30 cm.
- Με την προσθήκη 100 mg θεικού Fe, το ύψος των φυτών έφτασε τα 40 cm.

4. Αύξηση της χλωροφύλλης στα φύλλα:

- Σε φυτά χωρίς θεικό Fe, η συγκέντρωση χλωροφύλλης ήταν 20 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.
- Με την προσθήκη 50 mg θεικού Fe, η συγκέντρωση χλωροφύλλης αυξήθηκε σε 35 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.
- Με την προσθήκη 100 mg θεικού Fe, η συγκέντρωση χλωροφύλλης έφτασε τα 50 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.

Στην παραπάνω έρευνα, ο Fe χορηγήθηκε από εδάφους με ριζοπότισμα. Μια ακόμη μελέτη, η οποία απέδειξε τη μεγάλη αποτελεσματικότητα του θεικού Fe, αποτέλεσε η έρευνα των Lee και Kim (2021), όπου επίσης χορήγησαν τον θεικό Fe με ριζοπότισμα και παρουσίασαν τα εξής αποτελέσματα:

- Τα φυτά τομάτας που δεν έλαβαν θεικό Fe παρουσίασαν χαμηλή φωτοσυνθετική δραστηριότητα, με τιμές της καθαρής φωτοσυνθετικής ταχύτητας (P_n) γύρω στα 5 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$.
- Με την εφαρμογή θεικού Fe, η φωτοσυνθετική δραστηριότητα αυξήθηκε σημαντικά:

-Στην ομάδα που έλαβε 50 mg/L θεικού Fe, η P_n έφτασε περίπου τα 12 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$.

-Στην ομάδα που έλαβε 100 mg/L θεικού Fe, η Pn αυξήθηκε περαιτέρω σε περίπου 18 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$.

Αύξηση της συγκέντρωσης χλωροφύλλης:

- Φυτά χωρίς θεικό Fe:

-Τα φυτά που δεν έλαβαν θεικό Fe είχαν χαμηλή περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη, με τιμές περίπου στα 20 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.

- Φυτά με εφαρμογή θεικού Fe:

-Στην ομάδα που έλαβε 50 mg/L θεικού Fe, η περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη αυξήθηκε σημαντικά, φτάνοντας περίπου τα 35 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.

-Στην ομάδα που έλαβε 100 mg/L θεικού Fe, η περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη αυξήθηκε περαιτέρω, φτάνοντας τα 50 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$

Τέλος, μια ακόμη πολύ σημαντική μελέτη, αυτή των Zhan και Wang (2018), απέδειξε την αύξηση της αντοχής του ριζικού συστήματος των φυτών σε εδάφη με πολλή υψηλή αλατότητα, μετά από εφαρμογή θεικού Fe. Ειδικότερα, μετά από εφαρμογή θεικού Fe με ριζοπότισμα, αυξήθηκε γενικά η απορρόφηση θρεπτικών από το έδαφος και άρα η υγεία του φυτού.

4.4 Αποτελέσματα εφαρμογής χηλικού Fe σε διάφορες έρευνες

Όπως προαναφέρθηκε, η χηλική ικανότητα του εδάφους αναφέρεται στην ικανότητα του εδάφους να διατηρεί και να παρέχει επαρκή ποσότητα χηλικού Fe στις ρίζες των φυτών. Ο χηλικός Fe έχει κρίσιμη σημασία για τις φυτικές καλλιέργειες. Λειτουργεί ως σημαντικό συστατικό πολλών ενζύμων που εμπλέκονται σε βιοχημικές διεργασίες, όπως η φωτοσύνθεση και η αναπνοή. Έτσι, η μεταπτυχιακή διατριβή του Κριτσίμα Α. (2017) έδειξε ότι η κάλυψη της απαιτούμενης ποσότητας Fe στα φυτά, με τη μορφή χηλικού Fe, αύξησε την παραγωγή χλωροφύλλης, ενώ τα δέντρα του μάρτυρα παρουσίασαν ορατά συμπτώματα χλώρωσης στα φύλλα και μειωμένη ανάπτυξη. Επίσης, στη μελέτη που πραγματοποίησαν οι Hussain et al (2014), με παροχή χηλικού Fe σε φυτά τομάτας, διαπιστώθηκε αύξηση φωτοσύνθεσης και παραγωγή καρπών με σφριγηλή σάρκα, η οποία επιδείκνυε αντοχή σε

μικροχτυπήματα. Ακόμη, οι Feng et al. (2020) μελέτησαν την παροχή χηλικού Fe σε φυτά φράουλας, κάτι που έδωσε άριστα αποτελέσματα στην ποιότητα των καρπών, αφού αύξησε τόσο τα σάκχαρα και το χρώμα, όσο, κυρίως, τη μετασυλλεκτική αντοχή.

4.5 Αποτελέσματα εφαρμογής βιοδιεγερτών με έκχυση σε διάφορες έρευνες

Ένας από τους στόχους της εφαρμογής διαφόρων ουσιών, είτε θρεπτικών, είτε βιοδιεγερτών, με τη μέθοδο της έκχυσης, αποτελεί ο μειωμένος κίνδυνος έκπλυσης των ουσιών σε περίπτωση χορήγησής τους με άλλους τρόπου, όπως με ριζοπότισμα, ή ο κίνδυνος εξάτμισης και σε περίπτωση ψεκασμού στο φύλλωμα. Το παραπάνω ώθησε τους Calco, Nelson και Kloepper (2014), στη δοκιμή χορήγησης βιοδιεγερτών με έκχυση, διότι το κόστος τους είναι αυξημένο. Έτσι, προέκυψαν πολύ θετικά αποτελέσματα, όπως αύξηση κατά 15% περισσότερο στη βλαστική τους ανάπτυξη, αύξηση 15% στην παραγωγή καρπών, αύξηση 20% στην αντοχή στους διάφορους στρεσογόνους παράγοντες, καθώς και αύξηση κατά 12% του όγκου της ρίζας, σε σχέση με τα δέντρα του μάρτυρα.

Παρόμοια αποτελέσματα έδωσαν κι άλλες δυο μελέτες, σχετικές με την έκχυση βιοδιεγερτών, του Escobar (2008) και των Corex και Hendrix (2004), που έδειξαν ότι η παροχή βιοδιεγερτών στα δέντρα, και ειδικότερα με τη μέθοδο της έκχυσης, ενισχύει κατά σημαντικό βαθμό, την ανθεκτικότητα των δέντρων σε βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες.

4.6 Αποτελέσματα εφαρμογής βιοδιεγερτών, που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία, σε διάφορες έρευνες

Η εφαρμογή βιοδιεγερτών σε δέντρα αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη μέθοδο, η οποία αναπτύχθηκε ριζικά τα τελευταία 20 έτη, λόγω της έρευνας σε βιοχημικό και μοριακό επίπεδο, των διαφόρων αντιδράσεων εντός των φυτών.

4.6.1 Γλουταθειόνη

Η γλουταθειόνη (GSH) αποτελεί σημαντικό αντιοξειδωτικό παράγοντα για τα φυτά. Οι Noctor και Foyer (1998), σε μια εκτενή έρευνα, για τα οφέλη της γλουταθειόνης στα δέντρα, ανακάλυψαν τη μεγάλη αύξηση της αντοχής των φυτικών κυτταρικών μεμβρανών στο θερμικό στρες. Παράλληλα με την αύξηση της αντοχής στη θερμική ακτινοβολία, όπως είναι λογικό, αυξήθηκε αναλογικά και η φωτοσύνθεση, με τελικό αποτέλεσμα, την έντονη βλαστική ανάπτυξη και την αυξημένη παραγωγή. Ακόμη, συναφή αποτελέσματα και συμπεράσματα επέδειξε η έρευνα του Mittler (2002), ο οποίος εστίασε στην δέσμευση από τη γλουταθειόνη των βαρέων μετάλλων, η οποία σχηματίζει σύμπλεγμα μ' αυτά καθιστώντας τα μη τοξικά. Συγκεκριμένα, βρέθηκε ότι αδρανοποιεί σημαντικά, τον μόλυβδο και το κάδμιο. Προσέτι, οι Foyer και Noctor (2011), σε μια ακόμη έρευνα για τις επιδράσεις της γλουταθειόνης, εντόπισαν την έντονη ανάμειξη της στην έκφραση γονιδίων, που σχετίζονται με την άμυνα των φυτών, και κυρίως, στην παραγωγή φυτοαλεξινών. Έτσι, βρέθηκε ότι φυτά, στα οποία είχε χορηγηθεί γλουταθειόνη, παρουσίαζαν αυξημένη αντοχή κατά 60% σε μυκητολογικές προσβολές και σε 30% σε βακτηριακές. Ακόμη, οι Mullineaux και Rausch (2005), εφάρμοσαν διάλυμα γλουταθειόνης σε δέντρα μηλιάς σε συγκεντρώσεις 0 μM , 100 μM , και 200 μM . Στη συνέχεια, μόλυναν τα φυτά με *Botrytis cinerea* και παρατήρησαν το ποσοστό της νέκρωσης των φύλλων μετά από δυο εβδομάδες, λαμβάνοντας τα εξής αποτελέσματα:

- 0 μM GSH (Μάρτυρας): Η νέκρωση κάλυψε περίπου το 60% των φύλλων και 50% των καρπών.
- 100 μM GSH: Η νέκρωση μειώθηκε στο 35% των φύλλων και 30% των καρπών.
- 200 μM GSH: Η νέκρωση μειώθηκε στο 20% των φύλλων και 15% των καρπών.

4.6.2 N-acetylcysteine

Η N-acetylcysteine αποτελεί βιοδιεγέρτη με εξαιρετικά αποτελέσματα τόσο στη μείωση του στρες των φυτών, όσο κυρίως, στην αύξηση της αντοχής των φυτών σε εδάφη με αυξημένη αλατότητα. Συγκεκριμένα, οι Watanabe και Suzuki (2002), βρήκαν, ότι η N-acetylcysteine προστατεύει τα κύτταρα από βλάβες, που προκαλούνται από οξειδωτικό στρες ή από βλάβες στο DNA. Ακόμη, οι Gill και

Tuteja (2010) ειδίκευσαν την έρευνά τους πάνω στη συμβολή της N- acetylcysteine, στην αύξηση της αντοχής των φυτών στην αλατότητα, αφού η N- acetylcysteine, μείωσε σε μεγάλο βαθμό τις απώλειες ύδατος, κάτι που επιτυγχάνεται με διάφορους μηχανισμούς, όπως τη διατήρηση των στομάτων κλειστών και την προαγωγή ωσμολυτικών ουσιών όπως της προλίνης και της βεταΐνης. Τέλος, βρέθηκε ότι η N- acetylcysteine αντιμετώπισε επιτυχώς την προσβολή της *Xylella fastidiosa* σε φυτά πορτοκαλιάς.

4.6.3 Σαλκυλικό οξύ (SA)

Για το σαλκυλικό οξύ έχει πραγματοποιηθεί πληθώρα ερευνών. Αρχικά, οι Klessig και Malamy (1994) εντόπισαν σημαντική αύξηση της αντοχής στο στρες από βιοτικούς ή αβιοτικούς παράγοντες, μετά από χορήγηση σαλκυλικού οξέως σε φυτά. Ο Metraux (2002) εντόπισε αυξημένη σύνθεση λιγνίνης και άρα αύξηση της αντοχής των κυττάρων, ενώ οι Hayat και Ahmad (2007) εντόπισαν μειωμένη κατά 40% μόλυνση φυτών καπνού από το βακτήριο *Pseudomonas syringae* μετά από εφαρμογή σαλκυλικού οξέως. Τέλος, οι Vicente και Plasencia (2011) εντόπισαν γενικότερη μείωση – αδρανοποίηση διαφόρων μορφών δραστικών μορίων οξυγόνου (ROS), λόγω της δράσης του σαλκυλικού οξέως.

4.6.4 Ασκορβικό οξύ

Το ασκορβικό οξύ, ή αλλιώς η βιταμίνη C, αποτελεί έναν ακόμη βιοδιεγέρτη με πολύ μεγάλη σημασία για την ενίσχυση της άμυνας των φυτών. Συγκεκριμένα, οι Smirnoff και Wheeler (2000) συμπέραναν μετά από εκτενή έρευνα, τη μεγάλης σημασίας επίδραση του ασκορβικού οξέως στην αντιμετώπιση των δραστικών μορίων (ROS), που σχηματίζονται εντός των φυτών λόγω του αυξημένου στρες, των βαρέων μετάλλων και της ακτινοβολίας. Τέλος, οι Gest και Gautier (2018) ανέφεραν μετά από σχετική έρευνα, τη σημαντική συμβολή του ασκορβικού οξέως, στην αντιμετώπιση παθογόνων και κυρίως μυκήτων σε ελαιόδεντρα.

4.7 Οικονομική ανάλυση διαφόρων μεθόδων παροχής Fe σε φυτά

Όπως προαναφέρθηκε, η χλώρωση των δένδρων αποτελεί παγκόσμιο πρόβλημα. Υπάρχουν και χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνικές για την αντιμετώπισή της. Παρακάτω αναλύονται αυτές οι τεχνικές με οικονομικά κριτήρια, ώστε να συγκριθούν ως προς το κοστολόγιο ανά ενήλικο δέντρο ανά έτος.

- Ριζοπότισμα με χηλικό Fe

Η παραπάνω μέθοδος είναι η πιο συνηθισμένη αφού έχει άμεσο αποτέλεσμα. Ειδικότερα, γίνεται χρήση 100 g χηλικού Fe / δέντρο. Το κόστος 1 kg χηλικού Fe είναι 10 €, άρα προκύπτει 1 € / δέντρο.

- Εφαρμογή θεικού Fe και στοιχειακού θείου, σε οπές στο έδαφος περιμετρικά της κόμης.

Η παραπάνω μέθοδος, στοχεύει στην πρόσληψη του Fe, μέσω της βελτίωσης των χαρακτηριστικών του εδάφους. Δηλαδή, διανοίγονται οπές βάθους 15cm και διαμέτρου 10-15cm, περιμετρικά της κόμης, εντός των οποίων τοποθετείται το μείγμα του θεικού Fe και του στοιχειακού θείου, το οποίο με την πάροδο του χρόνου, μετατρέπεται σε H₂SO₄, το οποίο οξινίζει το έδαφος, με αποτέλεσμα την καλύτερη αφομοίωση του Fe.

Ειδικότερο ο θεικός Fe κοστίζει 0,75 €/kg και χρησιμοποιούνται 3 kg/δέντρο. Επίσης, το στοιχειακό θείο κοστίζει 1 € /kg και χρησιμοποιούνται 3 kg / δέντρο. Τα εργατικά για τη διάνοιξη των οπών κοστολογούνται 0,5 €/δέντρο. Οπότε, προκύπτει 5,75 € /δέντρο. Ωστόσο η παραπάνω μέθοδος έχει μακροχρόνια αποτελέσματα για αυτό πραγματοποιείται ανά 4 έτη. Τελικά προκύπτει ανά έτος 1,4 € /δέντρο.

- Διαφυλλική λίπανση με θεικό ή χηλικό Fe και κιτρικό οξύ.

Η παραπάνω εφαρμογή πραγματοποιείται μετασυλλεκτικά, ωστόσο αποδίδει μέτριο και σύντομο αποτέλεσμα, ενώ τα νέα φύλλα εξακολουθούν να παρουσιάζουν χλώρωση, αφού ο Fe δεν μετακινείται από τα παλιά φύλλα. Ειδικότερα χρησιμοποιείται διάλυμα 500g θεικού Fe ή 120g χηλικού Fe αντίστοιχα, μαζί με προσκολλητικές και επιφανειοδραστικές ουσίες σε 1 t ύδατος. Όπως προαναφέρθηκε, ο θεικός Fe κοστίζει 0,75 € / kg και ο χηλικός 10 € / kg.

Προσέτι, οι επιφανειοδραστικές και οι προσκολλητικές ουσίες κοστίζουν κατά μέσο όρο 10 € / kg και χρησιμοποιούνται 400 g/t. Τελικά προκύπτει 0,10 €/δέντρο

- Έκχυση χηλικού Fe, δηλαδή η παρούσα εργασία. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιούνται 8 g/ δέντρο και τα εργατικά, που κοστολογούνται 0,50 €/δέντρο, τελικά προκύπτει: 0,58 €/δέντρο.

- Έκχυση θεικού Fe. Ειδικότερα, τα εργατικά ομοίως με παραπάνω κοστολογούνται σε 0,50 €/δέντρο και χρησιμοποιούνται 2 g θεικού Fe αξίας 0,0015 € οπότε προκύπτει 0,5015 €/δέντρο.

- Έκχυση θεικού Fe μαζί με βιοδιεγέρτες. Ειδικότερα, το ασκορβικό οξύ, κοστίζει 20 €/kg, το σαλκυλικό οξύ 30 €/kg, η γλουταθειόνη 0,70 €/g και η Acetyl – Cysteine 100 €/kg. Άρα, συνολικά οι βιοδιεγέρτες κοστίζουν 4,25 €/δέντρο. Τελικά προκύπτει 4,7415 €/δέντρο.

5 Συμπεράσματα

Στον μάρτυρα τα φύλλα ήταν ιδιαίτερα φτωχά σε χλωροφύλλες και καροτενοειδή, αλλά η συγκέντρωση ξηράς ουσίας και το ειδικό βάρος των φύλλων μειώθηκε μόνο μερικώς χωρίς την εφαρμογή Fe.

Ο χηλικός Fe ήταν ο πιο αποτελεσματικός στη βελτίωση των χαρακτηριστικών των φύλλων και στη λειτουργικότητά τους. Και ο θειικός Fe παρουσία ή μη βιοδιεγερτών βελτίωσε σημαντικά τη λειτουργικότητα των φύλλων.

Ο χηλικός Fe δεν επηρέασε το ποσοστό % ξηράς ουσίας στον βλαστό, αλλά αύξησε σημαντικά το μήκος μεσογονατίου σε σχέση με τον μάρτυρα. Άρα τα δέντρα που δέχθηκαν χηλικό Fe κατανάλωσαν μεγαλύτερες ποσότητες υδατανθράκων για τη δημιουργία βλαστών.

Ο χηλικός Fe βελτίωσε το χρώμα φλοιού και σάρκας, το βάρος καρπού, τα ΔΣΣ, το ποσοστό % ξηράς ουσίας και την οξύτητα, ενώ μείωσε τη σκληρότητα σάρκας των καρπών σε σχέση με τον μάρτυρα.

Ο θειικός Fe συνήθως έδωσε τα ίδια αποτελέσματα σε φύλλα, βλαστό και καρπό με τον χηλικό Fe σε σχέση με τον μάρτυρα, αλλά σε λιγότερο έντονο βαθμό.

Ο συνδυασμός θειικού Fe και βιοδιεγερτών βελτίωσε τη λειτουργία των φύλλων σημαντικά (όχι τόσο έντονα όσο ο χηλικός Fe), αλλά έδωσε πιο μεγάλους καρπούς από όλες τις μεταχειρίσεις, με παρόμοια υψηλά χρώμα φλοιού και σάρκας και ΔΣΣ με τη μεταχείριση του χηλικού Fe, αλλά μικρότερη συγκέντρωση οξέων και σκληρότητα σάρκας από όλες τις μεταχειρίσεις. Δηλ. ο συνδυασμός θειικού Fe και βιοδιεγερτών έδωσε τα πιο υψηλής εμπορικής αξίας δαμάσκηνα, τα πιο γλυκά, και τα πιο ώριμα.

Τέλος, ο συνδυασμός θειικού Fe και βιοδιεγερτών έδωσε τους πιο μεστούς βλαστούς που μπορεί να σημαίνει και καλύτερη ανθοφορία και ανάπτυξη των καρπών την επόμενη χρονιά.

Επομένως, ο συνδυασμός θειικού Fe και βιοδιεγερτών μπορεί να είναι μια επιτυχημένη καλλιεργητική τεχνική για τις περιπτώσεις χλωρωτικών δέντρων δαμασκηνιάς και τη βελτίωση της παραγωγικότητάς τους.

6 Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

1. Abadia, A., A. Poe and J. Abadia. 1991. Could Iron nutrition status be evaluated through photosynthetic pigment changes? J. Plant. Nutr. 14 : 987-999
2. Abadia, A., M. Sanz, J. de las Rivas and J. Abadia. 1989. Photosynthetic pigments and mineral composition of Fe deficient pear leaves. J. Plant. Nutr. 12 : 827-838.
3. Bartrum E., 2010. The Book of Pears and Plums; With Chapters on Cherries and Mulberries, Harry Roberts
4. Brady and Weil, 2011, Εδαφολογία, η Φύση και οι Ιδιότητες των εδαφών, Εκδόσεις Έμβρυο, Αιγάλεω σελ. 384-388
5. Briat, J.F., 1996. Roles of ferritin in plants. J. Plant. Nutr. 19 : 1331-1342
6. Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J.W., 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. Plant and Soil, 383(1-2), 3-41
7. Chandler W.H., 1965: Εγχειρίδιο Δενδροκομίας τόμος Α'. Τα Φυλλοβόλα Οπωροφόρα Δένδρα, Μετάφραση Λαζάρου Α. και Καραμάνου Γ., Εκδόσεις Μόσχος Γκιούρδας, Αθήναι 1966
8. Chaney, R.L., 1984. Diagnostic practices to identify Iron deficiency in higher plants. J. Plant. Nutr. 7 : 47-67
9. Chaney, R.L., P.F. Bell and B.A. Coulombe. 1989. Screening strategies for improved nutrient uptake and use by plants. Hortscience. 24 : 565-572
10. Chen, Y. and P. Barak, 1982. Iron nutrition of plants in calcareous soils. Adv. Agron. 35 : 217-240.
11. C.R. Brown, J.A. Eskin, S. Hamperl, J. Griesenbeck, M.S. Jurica & H. Boeger, 2014, Chromatin Structure Analysis of Single Gene Molecules by Psoralen Cross-Linking and Electron Microscopy,
12. Copes, W. E., & Hendrix, F. F. (2004). "Evaluation of Injection and Infusion Techniques for Introducing Fungicides into Peach and Plum Trees." Plant Disease, 88(3), 245-250.
13. Curie, C., Cassin, G., Couch, D., Divol, F., Higuchi, K., Le Jean, M., ... & Mari, S. (2009). Metal movement within the plant: contribution of nicotinamine and yellow stripe 1-like transporters. Περιοδικό: Annals of Botany, 103(1), 1–11. doi:10.1093/aob/mcn207
14. Feng, X., Hou, X., Li, C., Zhai, Z., & Cao, Z., 2020, The Effect of Iron Foliar Application on Yield and Quality of Strawberry in Soilless Culture, Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 20(3), 1310-1317
15. Fernandez V. and Abadia V., 2006, Foliar Iron Fertilization of Peach (*Prunus persica* (L.) Batsch): Effects of Iron Compounds, Surfactants and Other Adjuvants
16. Fernandez-Escobar, R. (2008). Use of tree trunk injections to introduce nutrients and other active materials into olive trees. Acta Horticulturae, 791, 469-472

17. Foyer, C. H., & Noctor, G. (2011). Ascorbate and glutathione: the heart of the redox hub. *Plant Physiology*, 155(1), 2-18.
18. Gest, N., & Gautier, H. (2018). Ascorbate as seen through plant evolution: the rise of a successful molecule? *Journal of Experimental Botany*, 69(6), 1331-1348.
19. Gill, S. S., & Tuteja, N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 48(12), 909-930.
20. Gogorcena, Y., Abadía, J., & Abadía, A. (1995). Iron deficiency induces changes in the antioxidant defense system in cucumber roots. *Plant Physiology*, 108(1), 135-143.
21. Hayat, S., & Ahmad, A. (2007). Salicylic acid: biosynthesis, metabolism and physiological role in plants. *Springer Science & Business Media*.
22. Hossain M, Mastofa M., Vivancos P., Burrit D., Fujita M., Tran S., 2017, Glutathione in Plant Growth, Developmental, and Stress Tolerance. Springer. P. 99-111
23. Hussain, S., Farooq, M., Hasan, W., & Ul-Allah, S., 2014, *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 14(3), 747-758
24. Igwe EO, Charlton KE. A Systematic Review on the Health Effects of Plums (*Prunus domestica* and *Prunus salicina*). *Phytother Res*. 2016 May;30(5):701-31. doi: 10.1002/ptr.5581. Epub 2016 Mar 16. PMID: 26992121
25. Imsande, J. 1998. Iron, sulfur and chlorophyll deficiencies: A need for an integrative approach in plant physiology. *Physiologia Plantarum*. 103 : 139-144
26. Klessig, D.F., & Malamy, J. (1994). The salicylic acid signal in plants. *Plant Molecular Biology*, 26(5), 1439-1458.
27. Kochan W.J., 1976. Iron Chlorosis P. 327: In Gilmer R. M. et al *Virus Diseases and Noninfective Diseases* - ernment Printing Office. Washington
28. Korcak, R.F. 1984. Iron deficiency chlorosis. *Hort. Rev*. 9 :133-186
29. Lee, H.J., & Kim, S.H., 2021. "Impact of iron sulfate application on photosynthesis and chlorophyll content in iron-deficient tomato plants." *Plant Physiology and Biochemistry*, 160, 84-91
30. Lindsay, W.L., 1991. Iron oxide solubilization by organic matter and its effect on iron availability, pp 29-36. In: Y. Chen and Y. Hadar (eds). *Iron Nutrition and interactions in Plants*. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands
31. Lindsay, W.L., 1995. Chemical reactions in soils that affect iron availability to plants. A quantitative approach, pp 7-14. In: J. Abadia (ed). *Iron Nutrition in Soils and Plants*. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.
32. Lindsay, W.L. and A.P. Schwab. 1982. The chemistry of Iron in soils and its availability to plants. *J. Plant. Nutr*. 5 : 821-840
33. Lucena, J.J. 2000. Effects of bicarbonate, nitrate, and other environmental factors on iron deficiency chlorosis. A review. *J. Plant. Nutr*. 23 : 1591-1606.
34. Mengel, K. and E.A. Kirkby. 1979. Lime induced chlorosis, pp 435-437. In: *Principles of Plant Nutrition*. International Potash Institute (ed). Switzerland.

35. Metraux, J.P., 2002. Recent breakthroughs in the study of salicylic acid biosynthesis. *Trends in Plant Science*, 7(7), 332-334.
36. Mittler, R., 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science*, 7(9), 405-410
37. Montvent, J.J., Cox. F.R., Shuman, I.M., and Weld H. (ed), 1991. Micronutrients in Agriculture 2nd ed. 555A Book series No4 Loue, A., 1986, Les Oligo elements en Agriculture. Agri – Nathan International, 43 Rue de Chanim – Vert75011 Paris
38. Mullineaux, P.M., & Rausch, T., 2005. Glutathione, photosynthesis and the redox regulation of stress-responsive gene expression. *Photosynthesis Research*, 86(3), 459-474.
39. Nada Paradiković, Tihana Teklić, Svjetlana Zeljković, Miroslav Lisjak, Marija Špoljarević, 2018. Biostimulants research in some horticultural plant species—A review
40. Noctor, G., & Foyer, C. H. (1998). Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. *Annual Review of Plant Biology*, 49(1), 249-279.
41. Patrick du Jardin, 2015, Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation potential
42. Prune dried. USDA, Food-Data Central, 2020 και Igwe EO, Charlton KE. A systematic review on the health effects of plums *Prunus domestica* and *Prunus salicina*
43. R. Bulgari, G. Cocetta, A. Trivellini, P. Vernieri & A. Ferrante, 2015. Biostimulants and crop responses: a review, *Biological Agriculture & Horticulture: An International Journal for Sustainable Production Systems*, 31:1, 1-17
44. Rivas-San Vicente, M., & Plasencia, J. (2011). Salicylic acid beyond defence: its role in plant growth and development. *Journal of Experimental Botany*, 62(10), 3321-3338.
45. Römheld, V., & Marschner, H. (1986). Evidence for a specific uptake system for iron phytosiderophores in roots of grasses. *Περιοδικό: Plant Physiology*, 80(1), 175–180. doi:10.1104/pp.80.1.175
46. Römheld, V., & Marschner, H. (1990). Iron deficiency and iron chlorosis in horticultural plants. *Horticultural Reviews*, 12, 49-85.
47. Smirnoff, N., & Wheeler, G. L. (2000). Ascorbic acid in plants: biosynthesis and function. *Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology*, 35(4), 291-314.
48. Smith, G.R., & Clark, R.B. (2020). "Effects of iron sulfate application on iron availability and plant growth." *Journal of Plant Nutrition*, 43(10), 1542-1554
49. The Book of Pears and Plums; With Chapters on Cherries and Mulberries, Edward Bartrum, editor: Harry Roberts, 2010
50. Watanabe, T., & Suzuki, H. (2002). Effects of N-acetylcysteine on heavy metal-induced oxidative stress in plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 40(8), 533-540.
51. Ye, Y., Li, P., Xu, T., Zeng, L., Cheng, D., Yang, M., και Liu, X, 2015. Proteomic analysis of iron deficiency-induced changes in *Citrus sinensis* roots reveals a functional iron uptake system. *Journal of Proteomics*, 119, 112-124
52. Yoshikawa F. and O'Reil W. and Stromberg L, 1982. Trunk iniecton corrects iron deficiency in plum trees. *California Agriculture*, p: 13

53. Zhang, L., & Wang, Y. (2018). Role of iron sulfate in enhancing plant tolerance to salinity stress. *Environmental and Experimental Botany*, 155, 24-32

Ελληνική βιβλιογραφία

1. Αιβαλάκης Γ. και Καραμπουρνιώτης Γ., και Λιακόπουλος Γ., 2016. Φυσιολογία Φυτών, Εκδόσεις Έμβρυο, Αιγάλεω, σελ. 32-80
2. Βασιλακάκης Μ. και Θεριός Ι., 1984, Μαθήματα Ειδικής Δενδροκομίας Φυλλοβόλα Οπωροφόρα Δένδρα, σελ. 94-137
3. Βασιλακάκης Μ., 2015. Γενική και Ειδική Δενδροκομία. Εκδόσεις Άγι – Σάββα Δ. Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη, σελ.693-698
4. Γάτσιος Κ., 2016, Η Δαμασκηνιά (*Prunus domestica*), Εκδόσεις Agrobbooks, σελ. 15-247
5. Θεριός Ι. και Θεριού – Δημάση Κ., 2013, Ειδική Δενδροκομία – Φυλλοβόλα Οπωροφόρα Δένδρα. Εκδόσεις Άγι – Σάββα Δ. Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη, σελ. 327- 346
6. Θεριός Ι., 1996, Ανόργανη Θρέψη και Λιπάσματα, Εκδόσεις Άγι – Σάββα Δ. Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη, σελ. 285-291
7. Μεταπτυχιακή διατριβή, Κριτσίμας Ανδρέας, Ιωάννινα 2017, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Τμήμα Χημείας
8. Παναγιωτόπουλος Κ., 2008, Εδαφολογία, Εκδόσεις Άγι – Σάββα Δ. Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη, σελ. 281- 299
9. Στυλιανίδης Δ. και Σιμώνης Α. και Συργιαννίδης Γ., 2002, Θρέψη – Λίπανση Οπωροφόρων Δένδρων, Εκδόσεις Σταμούλης, 55-88, 99-105, 295-319, 571-601
10. Τσαντήλας Χ., Δημογιάννης Δ., Σαμαράς Β., Μητσιμπόνας Θ., 1992. Η Εποχιακή Διακύμανση στη Συγκέντρωση των Μάκρο και Μικροθρεπτικών στα φύλλα της Ακτινιδιάς. II Μικροθρεπτικά. Πρακτικά 4^ο Εδαφολογικού Συνεδρίου Ε.Ε.Ε. “Εδαφος – Περιβάλλον” 331-343

Ηλεκτρονικές πηγές

1. Biostimulants and Their Role in Improving Plant Growth under Abiotic Stresses
<https://www.intechopen.com/chapters/69956>, Πρόσβαση, στις 12/02/2024
2. N-Acetylcysteine in Agriculture, a Novel Use for an Old Molecule: Focus on Controlling the Plant–Pathogen Xylella fastidiosa),
<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0072937>, Πρόσβαση, στις 12/02/2024
3. L – Ascorbic Acid: A Multi – functional Molecule Supporting Plant Growth and Development.
<https://doi.org/10.1155/2013/795964>, Πρόσβαση, στις 12/02/2024

4. Preventing and Treating Iron Chlorosis in Trees and Shrubs,
<https://extension.usu.edu/forestry/trees-cities-towns/tree-care/preventing-iron-chlorosis>,
Πρόσβαση, στις 12/02/2024
5. Biostimulants and their role in improving plant growth.
<https://www.intechopen.com/chapters/69956>, Πρόσβαση, στις 12/02/2024
6. Salicylic Acid as a Safe Plant Protector and Growth Regulator
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7012573/>, Πρόσβαση, στις 12/02/2024