



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

“Επίδραση διαφυλλικής λίπανσης με οργανικό ασβέστιο και άζωτο στην
ποιότητα των μήλων Red Chief”

Μαργαρίτη Αθανασία

Επιβλέπων καθηγητής: Νάνος Γεώργιος

Βόλος 2018

Ευχαριστίες

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε υπό την επίβλεψη του καθηγητή κυρίου Γεώργιου Νάνου, τον οποίο θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα για την πολύτιμη υποστήριξή του κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης των πειραμάτων αλλά και κατά τη διάρκεια συγγραφής της πτυχιακής.

Επίσης, ένα μεγάλο ευχαριστώ θα ήθελα να εκφράσω στην Τριανταφυλλιά Γεωργουδάκη για την σωστή καθοδήγησή της κατά την εκτέλεση των πειραμάτων στο εργαστήριο, καθώς και τις κυρίες Νίκη Τομαρά και Λιάνα Παναγιωτάκη για την υπομονή και την επιμονή που έδειξαν κατά τη διαδικασία πραγματοποίησης των πειραμάτων.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στους καθηγητές μου κ.κ. Νικόλαο Τσιρόπουλο και Βασίλειο Αντωνιάδη για τις γνώσεις που μας μετέφεραν με τους άλλους καθηγητές του Τμήματος. Ιδιαίτερο ευχαριστώ στον καθηγητή κ. Τσιρόπουλο για την άδεια χρήσης του εξοπλισμού του Εργαστηρίου Αναλυτικής Χημείας.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ θα ήθελα να εκφράσω και στους γονείς μου για την αμέριστη συμπαράσταση που επέδειξαν σε όλη τη διάρκεια εκτέλεσης της πτυχιακής και κυρίως τον πατέρα μου για την πολύτιμη βοήθειά του κατά το στάδιο εκτέλεσης των εργασιών στον αγρό.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	5
1. Εισαγωγή.....	6
2. Ανασκόπηση βιβλιογραφίας.....	8
2.1. Σημασία και καλλιέργεια μηλιάς.....	8
2.1.1. Γενικά.....	8
2.1.2. Βοτανικά χαρακτηριστικά.....	8
2.1.3. Τρόπος καρποφορίας.....	9
2.1.4. Κλιματικοί και εδαφικοί παράγοντες.....	9
2.1.5. Αρδευση.....	10
2.1.6. Λίπανση.....	11
2.1.7. Αραίωμα καρπών.....	12
2.1.8. Κλάδεμα.....	13
2.1.9. Συγκομιδή.....	13
2.1.10. Συντήρηση.....	14
2.2. Ανόργανη θρέψη μηλιάς.....	14
2.2.1. Άζωτο.....	14
2.2.2. Φώσφορο.....	16
2.2.3. Κάλιο.....	17
2.2.4. Ασβέστιο.....	18
2.3. Διαφυλλική πρόσληψη στοιχείων.....	20
2.3.1. Είσοδος θρεπτικών μέσω της επιδερμίδας των φύλλων.....	21
2.3.2. Είσοδος θρεπτικών μέσω των στομάτων των φύλλων.....	21
3. Υλικά και μέθοδοι.....	22

3.1. Πειραματικός αγρός.....	22
3.2. Μεταχειρίσεις.....	22
3.3. Εργαστηριακός εξοπλισμός.....	22
3.4. Προσδιορισμός χλωροφύλλης.....	24
3.5 Προσδιορισμός ποιοτικών χαρακτηριστικών.....	25
3.6. Προσδιορισμός νωπού και ξηρού βάρους βλαστών.....	27
3.7. Φυλλοδιαγνωστική.....	28
3.8. Στατιστική ανάλυση.....	28
4.Αποτελέσματα.....	29
4.1 Διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων ως προς τα χαρακτηριστικά των φύλλων...29	
4.2. Διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων ως προς την ποιότητα των καρπών.....	31
4.3. Διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων ως προς τους βλαστούς.....	33
4.4. Αποτελέσματα φυλλοδιαγνωστικής.....	35
5.Συζήτηση.....	37
5.1. Χαρακτηριστικά φύλλων.....	37
5.2. Ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών.....	37
5.3. Χαρακτηριστικά βλαστών.....	38
5.4. Φυλλοδιαγνωστική.....	39
Συμπεράσματα.....	41
Βιβλιογραφία.....	42

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η επίδραση διαφυλλικών εφαρμογών ασβεστίου και αζώτου τόσο ως προς τα χαρακτηριστικά ποιότητας των μήλων όσο και ως προς τα χαρακτηριστικά των φύλλων και βλαστών. Πραγματοποιήθηκε μία σειρά δοκιμών με σκοπό την ποσοτικοποίηση της χλωροφύλλης, του ξηρού βάρους και της θρέψης των φύλλων. Επίσης, μετρήθηκε το χλωρό και το ξηρό βάρος των βλαστών που συλλέχθηκαν κατά την περίοδο του κλαδέματος, καθώς και η ποιότητα των καρπών ‘Red Chief’ αμέσως μετά τη συγκομιδή τους. Η ποιότητα των καρπών προέκυψε μετά από μέτρηση του χρώματος της σάρκας, της σκληρότητας της σάρκας καθώς και των διαλυτών στερεών συστατικών, της οξύτητας, των φαινολικών και των ολικών αντιοξειδωτικών του χυμού. Οι επανειλημμένοι διαφυλλικοί ψεκασμοί με οργανικό ασβέστιο ή συνδυασμό οργανικού ασβεστίου και αζώτου δεν βελτίωσαν ουσιαστικά ούτε την ανόργανη θρέψη των φύλλων ούτε και την ποιότητα των καρπών. Παρά το γεγονός αυτό, όμως, φαίνεται οι ψεκασμοί να βελτίωσαν από νωρίς τη συγκέντρωση χλωροφύλλης στα φύλλα και μείωσαν ελαφρά την ετήσια βλάστηση.

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Η κατανάλωση φρούτων και λαχανικών τα τελευταία χρόνια έχει εμφανίσει ραγδαία αύξηση εξαιτίας των ευεργετικών αποτελεσμάτων που προσφέρουν στην υγεία. Τα φρούτα αποτελούν μία από τις σημαντικότερες πηγές βιταμινών, αντιοξειδωτικών και φυτικών ινών, στοιχείων απαραίτητων για τη σωστή λειτουργία ενός οργανισμού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ζήτησής τους και επομένως και την αύξηση της παραγωγής τους.

Ο καρπός του μήλου αποτελεί ένα πολύ δημοφιλές φρούτο στην καθημερινή ζωή του ανθρώπου εξαιτίας της γεύσης, των θρεπτικών του συστατικών και της ευκολίας του στη χρήση και την αποθήκευσή του (Cornille et al., 2014). Η καλλιέργεια της μηλιάς αποτελεί μία από τις σημαντικότερες καλλιέργειες σε όλο τον κόσμο και ιδιαίτερα στις εύκρατες ζώνες. Καλλιεργείται κυρίως σε ορεινές και ημιορεινές περιοχές λόγω της καλύτερης και ποιοτικότερης παραγωγής τους σε αυτές. Ωστόσο, αποτελεί μία καλλιέργεια που χρειάζεται υψηλές εισροές, τόσο σε χημικά, όσο και σε εργατικά για την παραγωγή φρούτων υψηλής ποιότητας (Strapatsa et al., 2006). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το κόστος παραγωγής να είναι υψηλό με συνέπεια και την αύξηση του κόστους που πρέπει να καταβάλλει ο καταναλωτής.

Για την επιτυχή και ποιοτική καλλιέργεια της μηλιάς είναι απαραίτητη η λίπανσή της τόσο μέσω του εδάφους όσο και μέσω του φυλλώματός της. Υψηλότερες είναι οι απαιτήσεις της ως προς το άζωτο και κάλιο, αλλά η ορθή θρέψη με ασβέστιο είναι σημαντική για την ποιότητα και συντηρησιμότητα των μήλων.

Το ασβέστιο αν και αποτελεί ένα από τα πιο δυσκίνητα στοιχεία παίζει καθοριστικό ρόλο στα κύτταρα των φυτών και ιδιαίτερα στο κυτταρικό τοίχωμα, καθώς διατηρεί την δομή του, άρα και τη σκληρότητα του καρπού. Το ασβέστιο δύσκολα συσσωρεύεται στα μήλα, καθώς το στοιχείο μεταφέρεται κυρίως μέσω της διαπνοής, λειτουργίας η οποία συμβαίνει ως επί το πλείστον στα φύλλα και πολύ λιγότερο στους καρπούς. Έτσι, εμφανίζεται μειωμένη συγκέντρωση στα μήλα με συνέπεια να παρατηρούνται δυσμενή αποτελέσματα αυξάνοντας την ευαισθησία των καρπών στην πικρή στιγμάτωση, στην καστανή καρδιά και στην υάλωση. Προκειμένου να αποφευχθούν οι συνέπειες αυτές προτείνονται διαφυλλικοί ψεκασμοί οι οποίοι

διαβρέχουν την επιφάνεια των μήλων και το ασβέστιο και λοιπά θρεπτικά εισέρχονται πιο εύκολα στο εσωτερικό τους.

Το άζωτο αποτελεί ένα από τα πιο διαδεδομένα και απαραίτητα στοιχεία για την ανάπτυξη και την σωστή λειτουργία κάθε φυτού. Είναι υπεύθυνο για την αύξηση της βλάστησης και σημαντικό συστατικό της χλωροφύλλης. Στην καλλιέργεια της μηλιάς απαιτείται κυρίως κατά την έκπτυξη και ανάπτυξη της νέας βλάστησης και την αρχική ανάπτυξη των καρπιδίων. Έχει την δυνατότητα να κάνει εντονότερο το πράσινο χρώμα των φύλλων που αυτό συνεπάγεται ότι αυξάνει την ποσότητα της χλωροφύλλης σε αυτά και κατά συνέπεια την παραγωγή ενέργειας και αποθησαυριστικών ουσιών που θα χρησιμοποιήσει το φυτό για την ανάπτυξή του και τη δημιουργία καρπών. Όμως, προσθήκη υπερβολικής ποσότητας αζώτου έχει ως συνέπεια τη βλαστομανία του φυτού, ενώ έλλειψή του έχει ως αποτέλεσμα φυτά καχεκτικά με μικρή βλάστηση. Για το λόγο αυτό είναι σημαντική η προσθήκη της σωστής ποσότητας ως αποτέλεσμα της φυλλοδιαγνωστικής, της εμφάνισης του δέντρου, και της ανάλυσης του εδάφους.

Τέλος, το ασβέστιο παρατηρείται σε έλλειψη τόσο στους μηλεώνες της Ζαγοράς, όσο και των περισσότερων μηλοπαραγωγικών περιοχών, αν και είναι σημαντικότερο στοιχείο για την ποιότητα, τη σκληρότητα και τη συντηρησιμότητα των μήλων. Στη παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε μια προσπάθεια βελτίωσης της θρέψης των μήλων με μια οργανική μορφή ασβεστίου, καθώς και αζώτου Ελληνικής εταιρείας με βοηθητικές ουσίες για τη βελτίωση της πρόσληψής του.

Κεφάλαιο 2: Ανασκόπηση βιβλιογραφίας

2.1 Σημασία και καλλιέργεια μηλιάς

2.1.1 Γενικά

Η μηλιά είναι ένα από τα πιο διαδεδομένα οπωροφόρα δένδρα σε παγκόσμιο επίπεδο. Στην Ελλάδα καταλαμβάνει την τέταρτη θέση μετά την καλλιέργεια της ελιάς, των εσπεριδοειδών και της ροδακινιάς. Η καλλιέργειά της παρατηρείται σε ημιορεινές, ορεινές, αλλά και πεδινές περιοχές. Γνωστότερες περιοχές στην παραγωγή μήλων είναι η Νάουσα, η Ζαγορά Πηλίου, η Αγία Λαρίσης, η Τρίπολη και η Καστοριά.

2.1.2 Βοτανικά χαρακτηριστικά

Η μηλιά ανήκει στην οικογένεια Rosaceae, υποοικογένεια Pomoideae και γένος Malus (Θεριός και Δημάση-Θεριού, 2013). Είναι φυλλοβόλο δένδρο, μεγαλόσωμο ή μικρόσωμο (ανάλογα με το υποκείμενο πάνω στο οποίο είναι εμβολιασμένο και την ένταση ανάπτυξης της ποικιλίας), πλαγιόκλαδο ή ορθόκλαδο. Τα φύλλα του είναι απλά, ωοειδή, μέσου μεγέθους, πριονωτά, με την κάτω επιφάνειά τους χνουδωτή. Οι οφθαλμοί είναι πεπλατυσμένοι και χνουδωτοί και διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, σε βλαστοφόρους που δίνουν βλαστικές καταβολές και σε μικτούς που δίνουν φύλλα και άνθη (Θεριός και Δημάση-Θεριού, 2013). Κάθε μικτός οφθαλμός είναι υπεύθυνος για τη γένεση μίας ταξιανθίας κορύμβου με 5-7 μεγάλα, λευκά ή ελαφρώς ρόδινα άνθη (Βασιλακάκης, 2016). Κάθε άνθος διαθέτει 5 σέπαλα, 5 πέταλα, 20-25 στήμονες και ύπερο με μία ωοθήκη και 5 στύλους. Η ωοθήκη είναι πεντάχωρη με 2 σπερματικές βλάστες σε κάθε χώρο (Ποντίκης, 2003). Ο καρπός είναι ψευδής με σάρκα τραγανή, χρώμα φλοιού στην ωρίμανση κόκκινο, πράσινο, κίτρινο και όλα τα ενδιάμεσα χρώματα, γεύση γλυκιά, υπόξινη ή όξινη και στο εσωτερικό περικλείει έως 10 μη εδώδιμα, καφέ σπέρματα (Βασιλακάκης, 2016).

Το χρώμα των κόκκινων μήλων οφείλεται στην παρουσία ανθοκυανινών στο φλοιό που καθορίζουν, μαζί με άλλους παράγοντες, την ποιότητά τους. Οι ανθοκυανίνες αποτελούν μία από τις σημαντικότερες ομάδες ορατών χρωστικών και ανήκουν στην

κατηγορία των φυτοχημικών (αντιοξειδωτικών) ουσιών. Υπάρχουν πάνω από 400 γνωστά είδη. Βρίσκονται συνήθως διαλυμένες στα χυμοτόπια των επιδερμικών κυττάρων. Είναι διαλυτές στο νερό και σε οργανικούς διαλύτες και ιδιαίτερα γνωστές για την αντιοξειδωτική τους δράση (Διαδικτυακή πηγή 1).

2.1.3 Τρόπος καρποφορίας

Η μηλιά καρποφορεί κυρίως σε ξύλο 2 ή περισσότερων ετών, σε λογχοειδή βλάστηση, που ονομάζεται αιχμή την πρώτη χρονιά δημιουργίας της. Αυτά τα καρποφόρα όργανα συχνά παρενιαυτοφορούν. Ωστόσο, κάτω από ευνοϊκές καιρικές συνθήκες και σωστές καλλιεργητικές φροντίδες, μπορούν να δώσουν καρπό και ταυτόχρονα να σχηματίσουν ανθοφόρο οφθαλμό που τον επόμενο χρόνο θα καρποφορήσει κανονικά (Ποντίκης, 2003). Τα καρποφόρα όργανα διακρίνονται σε ημιμόνιμα και μόνιμα. Το δένδρο καρποφορεί σε αιχμές, σε λαμβούρδες, σε ασκούς και σε λεπτοκλάδια. Η αιχμή είναι βλαστός μήκους 1-2cm που φέρει στο άκρο του ανθοφόρο οφθαλμό (Θεριός και Δημάση-Θεριού, 2013). Δημιουργείται σε ξύλο ηλικίας δύο ετών και αφού καρποφορήσει δίνει γένεση στη λαμβούρδα (Βασιλακάκης, 2016). Ο ασκός προκύπτει από διόγκωση της λαμβούρδας που είναι μεγάλη σε ηλικία. Τέλος, τα λεπτοκλάδια είναι βλαστοί προηγούμενου έτους, μήκους 10-20cm, που στο άκρο τους φέρουν μικτό οφθαλμό (Θεριός και Δημάση-Θεριού, 2013).

Η είσοδος του δένδρου σε αξιόλογη καρποφορία συμβαίνει κατά τον 2^ο με 6^ο χρόνο ζωής του ανάλογα βέβαια με την ποικιλία και το υποκείμενο. Η άνθιση του δένδρου συμβαίνει την άνοιξη, ενώ οι πρώτες καταβολές των ανθέων της επόμενης άνοιξης εμφανίζονται τέλη Ιουνίου με μέσα Ιουλίου (Ποντίκης, 2003). Επομένως, η διαφοροποίηση των ανθοφόρων οφθαλμών της μηλιάς συμβαίνει το νωρίς το καλοκαίρι.

2.1.4 Κλιματικοί και εδαφικοί παράγοντες

Είναι δένδρο ψυχρών και υγρών περιοχών. Για σωστή ανάπτυξη και καλής ποιότητας καρπούς απαιτεί να είναι δροσεροί οι θερινοί μήνες, ενώ το χειμώνα, κατά τη διάρκεια του ληθάργου, αντέχει μέχρι τους -40°C (Βασιλακάκης, 1991). Πολύ

υψηλές θερμοκρασίες το καλοκαίρι έχουν σαν αποτέλεσμα να δημιουργούνται ηλιοκαύματα στο φλοιό των μήλων, καθώς και προβλήματα στη διαδικασία διαφοροποίησης ανθοφόρων οφθαλμών. Απαραίτητη είναι περίοδος χαμηλών θερμοκρασιών κατά τους χειμερινούς μήνες για την διακοπή του ληθάργου των μικτών οφθαλμών. Οι περισσότερες ποικιλίες μηλιάς χρειάζονται περίπου 500-1200 ώρες χαμηλών θερμοκρασιών ώστε στην συνέχεια να ξεκινήσει η εκβλάστηση των μικτών οφθαλμών και να ολοκληρωθεί κανονικά η άνθισή τους (Θερίος και Δημάση-Θεριού, 2013). Θερμοί χειμώνες έχουν ως αποτέλεσμα πολλοί μικτοί οφθαλμοί να μην εκπτυχθούν, η βλάστησή τους να είναι αδύνατη, η καρποφορία περιορισμένη και η άνθιση και ωρίμανση των καρπών χρονικά ασύγχρονη (Ποντίκης, 2003). Ζημιές από παγετούς κυρίως κατά την περίοδο της άνοιξης έχουν ως αποτέλεσμα τη νέκρωση των ανθοφόρων οφθαλμών και ανθέων και επομένως την καταστροφή της παραγωγής του έτους. Λοιπές ζημιές στο φυτικό κεφάλαιο δεν έχουν παρατηρηθεί στην Ελλάδα από χειμερινούς παγετούς.

Ένας ακόμη σημαντικός παράγοντας για την διατήρηση της υψηλής παραγωγικότητας και ποιότητας των καρπών είναι η ηλιοφάνεια. Περιοχές με υψηλή ηλιοφάνεια και χαμηλά επίπεδα σκόνης αυξάνουν τη φωτοσύνθεση των δένδρων και παράγουν μήλα με πιο έντονο κόκκινο χρώμα (Θερίος και Δημάση-Θεριού, 2013).

Προτιμά εδάφη γόνιμα, αμμοπηλώδη, με βάθος 2 ή και περισσότερα μέτρα. Ανέχεται pH 5-8 με άριστες τις τιμές 6,5-6,8 (Ποντίκης, 2003). Η μηλιά είναι ευπαθής στην παρουσία μεγάλων συγκεντρώσεων Ca στο έδαφος (Βασιλακάκης, 1991). Επειδή οι ρίζες της μηλιάς είναι ευαίσθητες σε περίσσεια νερού, το υπέδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται καλά. Έτσι, υπέδαφος που συγκρατεί ποσότητα νερού και είναι συνεκτικό, δεν είναι κατάλληλο για την καλλιέργεια καθώς περιορίζει την ανάπτυξη της ρίζας και μειώνει τη ζωνηρότητα και τη διάρκεια ζωής των δένδρων (Ποντίκης, 2003).

2.1.5 Άρδευση

Το νερό είναι ένα από τα πιο απαραίτητα συστατικά για τη σωστή λειτουργία του δένδρου, διότι όλες οι σημαντικές διεργασίες καθορίζονται από το υδατικό ισοζύγιο. Καθώς είναι δένδρο υγρών περιοχών, ανέχεται την υγρασία και την απαιτεί κυρίως

κατά τη θερινή περίοδο. Χρειάζεται περίπου 1000 mm βροχής το έτος (Βασιλακάκης, 1991). Στην περίπτωση που οι ανάγκες δεν ικανοποιηθούν από ανοιξιάτικες και θερινές βροχοπτώσεις, γίνονται αρδεύσεις προτού τα φυτά παρουσιάσουν συμπτώματα μαράνσεως. Έτσι, συμπληρωματική άρδευση εφαρμόζεται τον Ιούνιο, τον Ιούλιο, τον Αύγουστο και τον Σεπτέμβριο με διάφορες μεθόδους από τις οποίες να κυριαρχούν αυτές των λεκανών, του μικροκαταιωνισμού και της στάγδην άρδευσης (Βασιλακάκης, 2016).

2.1.6 Λίπανση

Ιδιαίτερη σημασία για την ανάπτυξη της μηλιάς έχει η λίπανση του δένδρου. Η απορρόφηση του αζώτου (N) από τις ρίζες πραγματοποιείται κυρίως την άνοιξη αφού πρώτα έχει προηγηθεί η επανακινητοποίηση και χρήση από τη νέα βλάστηση και άνθιση του αποθησαυρισμένου N. Η προσθήκη N μέσω διαφόρων λιπασμάτων πρέπει να γίνεται κάθε χρόνο. Ενδεικτικές τιμές είναι 7,5-10kg N στο στρέμμα κάθε έτος. Υπερβολικές ποσότητες εκτός από ότι δεν απορροφούνται αποτελεσματικά από τα δένδρα και προκαλούν ρύπανση του περιβάλλοντος, δημιουργούν και διάφορα προβλήματα στην καλλιέργεια όπως υπερβολική ζωηρότητα του δένδρου, μείωση συνεκτικότητας της σάρκας των καρπών, καθώς και δυσκολία κατά την συντήρηση λόγω εμφάνισης διαφόρων βιοτικών και φυσιολογικών ασθενειών όπως την πικρή στιγματώση. Τροφοπενία N προκαλεί μεταχρωματισμό των φύλλων προς το κιτρινωπό (Θεριός και Δημάση-Θεριού, 2013).

Ο φώσφορος (P), εξαιτίας της δυσκολίας που εμφανίζει ως προς την μετακίνηση εντός του εδάφους και από το έδαφος στο φυτό, είναι σχεδόν πάντα επαρκής στο έδαφος. Για το λόγο αυτό μπορεί να μην γίνει ποτέ προσθήκη του. Στην περίπτωση όμως που εμφανιστούν ελλείψεις στα φύλλα ή συμπτώματα τροφοπενίας όπως μικρό μέγεθος φύλλων, επιβράδυνση επιμήκυνσης βλαστών ή σκούρο πράσινο χρώμα φύλλων με πορφυρές αποχρώσεις, συνίσταται προσθήκη 1-3kg P το στρέμμα (Θεριός και Δημάση-Θεριού, 2013). Ανάλογα το εδαφικό pH συνήθως αυτή η ποσότητα πρέπει να εφαρμοστεί διαφυλλικά ή με υδρολίπανση την άνοιξη.

Οι απαιτήσεις του φυτού σε κάλιο (K) είναι παρόμοιες με τις απαιτήσεις του N. Κάθε χρόνο ή κάθε δεύτερο χρόνο είναι απαραίτητη η προσθήκη 11,5-15kg K το

στρέμμα (Βασιλακάκης, 2016). Το Κ βελτιώνει το ερυθρό χρώμα και την ογκομετρούμενη οξύτητα των καρπών. Έλλειψη του προκαλεί περιφερειακό κιτρίνισμα-καφέτιασμα και σχίσμο παλαιότερων φύλλων βάσης των ετήσιων βλαστών (Θεριός και Δημάση-Θεριού, 2013).

Ως προς τα υπόλοιπα ιχνοστοιχεία αξίζει να γίνει αναφορά στο ασβέστιο (Ca) και στο βόριο (B). Οι απαιτήσεις σε Ca ικανοποιούνται μέσω του εδαφικού διαλύματος με την μεταφορά του προς την ρίζα και την απορρόφησή του από αυτή. Στα περισσότερα εδάφη το Ca είναι επαρκές για τη θρέψη των φύλλων, όχι όμως και των καρπών, καθώς όπως προαναφέρθηκε δεν μετακινείται εύκολα προς τους καρπούς. Έτσι, έλλειψη Ca προκαλεί σημαντικά προβλήματα κυρίως στους καρπούς και σπανιότερα στα φύλλα. Η παρουσία του B χρειάζεται σε χαμηλές συγκεντρώσεις στα φύλλα και στους καρπούς. Ανεπαρκής εφοδιασμός με B προκαλεί ξήρανση και μάρανση ανθέων κατά την άνθιση, μειωμένη καρπόδεση και φυσιολογικές ανωμαλίες στους καρπούς. Η χορήγησή του είναι αποτελεσματικότερη όταν γίνεται το φθινόπωρο μετά τη συγκομιδή διαφυλλικά ή αργότερα το φθινόπωρο από εδάφους (Θεριός και Δημάση-Θεριού, 2013).

Φυσικά, για τη σωστότερη και αποτελεσματικότερη εφαρμογή των λιπασμάτων είναι αναγκαία η φυλλοδιαγνωστική από την οποία λαμβάνονται ακριβή στοιχεία για τις ελλείψεις και τις περίσσιες στοιχείων και ιχνοστοιχείων. Σε συνδυασμό με την εδαφολογική ανάλυση μπορούν να υπολογιστούν οι ακριβείς ποσότητες και είδη λιπασμάτων που θα πρέπει να προστεθούν στο χωράφι.

2.1.7 Αραιώμα καρπών

Το αραιώμα καρπών έχει ως σκοπό την καλύτερη ποιότητα του καρπού ως προς το χρώμα του, το σχήμα του και τη γεύση του, μειώνει την παρεννιαυτοφορία και διατηρεί τη βλαστική ανάπτυξη του δένδρου (Θεριός και Δημάση-Θεριού, 2013). Αραιώμα γίνεται κάθε χρόνο και ιδιαίτερα όταν υπάρχει υπερβολική καρπόδεση. Μπορεί να πραγματοποιηθεί με δύο τρόπους, με το χέρι, όταν οι καρποί είναι σε μέγεθος καρυδιού, και με χημικά μέσα. Το αραιώμα με το χέρι παρά το γεγονός ότι έχει αυξημένο κόστος, δίνει καλύτερα αποτελέσματα. Το χημικό αραιώμα, αν και είναι φθηνότερο, απαιτεί μεγαλύτερη προσοχή, καθώς μία αποτυχία μπορεί να

οδηγήσει σε απώλεια της παραγωγής. Για το λόγο αυτό, προτείνεται μερικό χημικό αραίωμα και στη συνέχεια συμπληρωματικό αραίωμα με το χέρι (Βασιλακάκης, 2016). Η διαμόρφωση των δέντρων σε χαμηλά σχήματα και φυτικά τείχη κάνει το αραίωμα σημαντικά φθηνότερο.

2.1.8 Κλάδεμα

Με το κλάδεμα πραγματοποιείται η αφαίρεση τμημάτων του δένδρου με σκοπό την ισορροπημένη βλάστηση και καρποφορία του. Αν και αποτελεί μία δαπανηρή μεταχείριση, ωστόσο είναι απαραίτητο κάθε χρόνο, καθώς βελτιώνει το σχήμα του δένδρου και την ποιότητα του καρπού, ρυθμίζει την άνθιση, την αύξηση και την καρπόδεση, διευκολύνει την είσοδο άφθονου φωτός και επαρκή αερισμού, καθώς και τη διεύδυση των ψεκαστικών σκευασμάτων στην κόμη. Το κλάδεμα, κατά κύριο λόγο, λαμβάνει χώρα την περίοδο του ληθάργου. Στην περίπτωση, όμως, που ο χειμώνας είναι ψυχρός και με αρκετούς παγετούς, συνίσταται καθυστέρηση του κλαδέματος για αποφυγή πρόκλησης ζημιών από τις χαμηλές θερμοκρασίες. Υπερβολική καθυστέρηση κλαδέματος μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη δημιουργία ανθοφόρων οφθαλμών οι οποίοι θα καρποφορήσουν το επόμενο έτος (Θερίος και Δημάση-Θεριού, 2013).

2.1.9 Συγκομιδή

Ο καρπός ωριμάζει ανάλογα με την καρπική περίοδο κάθε ποικιλίας. Ο χρόνος συγκομιδής κατέχει σημαντική θέση για την ποιότητα και την μακροχρόνια συντήρηση του καρπού. Συγκομιδή που γίνεται νωρίτερα από το κανονικό έχει ως αποτέλεσμα τη χαμηλή ποιότητα των μήλων, την εμφάνιση επιφανειακού εγκαύματος και τη σταδιακή συρρίκνωση του καρπού. Αντίθετα, καθυστερημένη συγκομιδή έχει ως αποτέλεσμα την περιορισμένη αντοχή του καρπού στους μικροοργανισμούς, την εμφάνιση υάλωσης, τη γρήγορη αλλοίωση των καρπών και το εσωτερικό καφέτιασμα (Βασιλακάκης, 1991). Και στις δύο περιπτώσεις δεν μπορεί να γίνει μακρά συντήρηση στο ψυγείο. Ο κατάλληλος χρόνος συγκομιδής καθορίζεται από το μέγεθος των καρπών, από το χρώμα του φλοιού, από τη συνεκτικότητα της σάρκας, από το χρώμα των σπερμάτων, από τα διαλυτά στερεά συστατικά, από την καρπική

περίοδο, από το τεστ αμύλου, από την παραγωγή αιθυλενίου και από την αναπνευστική δραστηριότητα του καρπού. Η συγκομιδή πραγματοποιείται με το χέρι. Για το λόγο αυτό, και εξαιτίας της φθαρτότητας των νωπών αυτών καρπών, πρέπει να γίνεται με προσοχή, καθώς υπάρχει πολύ μεγάλος κίνδυνος μωλωπισμών. Στη συνέχεια, είτε οι καρποί μεταφέρονται για συσκευασία και μετέπειτα στην αγορά είτε μεταφέρονται στα ψυγεία για συντήρηση (Βασιλακάκης, 2016).

2.1.10 Συντήρηση

Οι πιο συνηθισμένες συνθήκες συντήρησης των μήλων ήταν τα παλιότερα χρόνια σε κοινά ψυγεία αμέσως μετά τη συγκομιδή σε θερμοκρασία 0°C και σχετική υγρασία >90%. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται στροφή προς τη συντήρηση των καρπών με θαλάμους με σύστημα ελεγχόμενης ατμόσφαιρας με τη χρήση ή μη SmartFresh. Κατά την ελεγχόμενη ατμόσφαιρα η αναλογία O₂/CO₂ παραμένει σταθερή. Έτσι, μέσα στους ψυκτικούς θαλάμους η συγκέντρωση του O₂ διατηρείται στο 1-3%, του CO₂ στο 0,3-3%, ενώ η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία είναι ίδια με αυτή των κοινών ψυγείων. Με τη μέθοδο SmartFresh ελέγχεται η παραγωγή αιθυλενίου, αερίου που προάγει τη διαδικασία της ωρίμανσης και παράγεται από τα ίδια τα φρούτα κατά τη διάρκεια της συντήρησης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το μήλο να διατηρεί τη σκληρότητα της σάρκας και να μην εμφανίζονται φυσιολογικές ασθένειες όπως το επιφανειακό έγκαυμα. Ωστόσο, η μακρά συντήρηση των καρπών μετά από εφαρμογή SmartFresh έχει συχνά ως αποτέλεσμα τα μήλα να μην σχηματίζουν άρωμα, να υποβαθμίζεται η γευστική ποιότητά τους, ενώ και το κόστος συντήρησης να αυξάνεται (Βασιλακάκης, 2016).

2.2 Ανόργανη θρέψη μηλιάς

2.2.1 Άζωτο

Το άζωτο (N) είναι ένα από τα βασικότερα συστατικά για το σχηματισμό των απαραίτητων για το φυτό οργανικών ουσιών. Είναι ευκίνητο στοιχείο που προσδίδει πράσινο χρώμα στα φύλλα και έντονο κόκκινο χρώμα στους καρπούς. Οι χλωροπλάστες κατέχουν το 70% του N των φύλλων (Τσαπικούνης, 1997). Αποτελεί

σημαντικό συστατικό των αμινοξέων, που είναι δομικά συστατικά των πρωτεϊνών, και ενζύμων μέσω των οποίων γίνεται έλεγχος διάφορων βιολογικών διαδικασιών. Άζωτο, επίσης, περιέχεται στα νουκλεϊκά οξέα, που είναι υπεύθυνα για την κληρονομικότητα, καθώς και στη χλωροφύλλη πάνω στην οποία βασίζεται όλος ο φωτοσυνθετικός μηχανισμός των φυτών (Brady and Weil, 2011). Κάθε μόριο χλωροφύλλης απαρτίζεται από ένα κεντρικό άτομο Mg γύρω στο οποίο υπάρχουν 4 δακτύλιοι πυρολίου που καθένας φέρει ένα άτομο N και 4 άτομα C (Τσαπικούνης, 1997). Τέλος, αποτελεί απαραίτητο θρεπτικό για το μεταβολισμό των υδατανθράκων μέσω των αντίστοιχων ενζύμων (Brady and Weil, 2011).

Το N παρέχεται στο ριζικό σύστημα υπό ανόργανη μορφή, όπως των νιτρικών (NO_3^-), ουρικών και αμμωνιακών ιόντων (NH_4^+). Τα φυτά, επίσης, μπορούν να το προσλάβουν και σε οργανική μορφή μικρομοριακών υδατοδιαλυτών ενώσεων. Η πρόσληψη από εδάφους του οργανικού αζώτου είναι μικρότερη σε σχέση με τις ανόργανες μορφές (Brady and Weil, 2011). Αλλά οι οργανικές μορφές N μπορεί να είναι περισσότερο ή λιγότερο απορροφήσιμες από το φύλλο μετά από διαφυλλική τους εφαρμογή.

Το 23-50% του συνολικού αζώτου των φύλλων επαναπορροφάται από το δέντρο κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου πριν αυτά πέσουν στο έδαφος και αποθηκεύεται στους ξυλώδεις ιστούς υπό την μορφή πρωτεϊνών ή αμινοξέων. Με την έναρξη της εαρινής βλάστησης οι ανάγκες του δένδρου σε άζωτο καλύπτονται από το αποθηκευμένο, αφού το δένδρο δεν βρίσκεται σε θέση να απορροφήσει από το έδαφος έως και την έναρξη της βλάστησης. Προσθήκη αζώτου κατά το καλοκαίρι σε δέντρα που δεν έχουν υπερλιπανθεί με N την άνοιξη δεν επηρεάζει την συγκέντρωσή του στους καρπούς, αλλά αποθηκεύεται για χρήση του κατά την έναρξη της βλάστησης την επόμενη βλαστική περίοδο (Διαδικτυακή πηγή 2).

Όταν το άζωτο υπάρχει σε επάρκεια προάγει την αύξηση και την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, την καρπόδεση, την παραγωγικότητα και την πρόσληψη από τα δένδρα άλλων θρεπτικών στοιχείων. Τα φύλλα αποκτούν βαθύ πράσινο χρώμα και αυξάνεται η περιεκτικότητά τους σε πρωτεΐνες. Αύξηση παρατηρείται και στην περιεκτικότητα των σπερμάτων σε πρωτεΐνες (Brady and Weil, 2011).

Έλλειψη αζώτου έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία φυτών καχεκτικών, χλωρωτικών με μικρή ανάπτυξη. Παρατηρείται μείωση της περιεκτικότητας των

φυτών σε πρωτεΐνες και αύξηση σε σάκχαρα, διότι ουσίες που περιέχουν άνθρακα και προορίζονται για σύνθεση πρωτεϊνών δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν, καθώς το φυτό διαθέτει μικρές ποσότητες αζώτου (Brady and Weil, 2011). Επίσης, εμφανείς γίνονται και οι επιπτώσεις ως προς το μέγεθος της βλάστησης, τη ζωηρότητα και την καρπόδεση των δένδρων. Κατά τη συντήρηση των μήλων μπορεί να παρουσιαστεί κιτρίνισμα ή πρόωρο μαλάκωμα (Μαλέας, 2016). Εξαιτίας της ευκινησίας που έχει ως στοιχείο, σε συνθήκες έλλειψης τα φυτά μετακινούν το άζωτο που διαθέτουν από τα παλαιότερα προς τα νεότερα φύλλα με αποτέλεσμα να υπάρχουν εμφανείς χλωρώσεις στα μεγαλύτερης ηλικίας φύλλα που στη συνέχεια αποκόπτονται από το δένδρο. Τέλος, παρατηρείται πιο γρήγορη γήρανση των φυτών (Brady and Weil, 2011).

Περίσσεια αζώτου δεν παρέχει θετικά αποτελέσματα στις καλλιέργειες. Αρχικά, υπάρχει υπερβολική βλαστική ανάπτυξη και τα κύτταρα των βλαστών επιμηκύνονται με αποτέλεσμα τα τοιχώματά τους να γίνονται λεπτότερα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να δημιουργείται τρυφερή βλάστηση με ευαισθησία στο πλάγιασμα μετά από έντονες βροχοπτώσεις ή ισχυρούς ανέμους (Brady and Weil, 2011). Υπερβολικό άζωτο μπορεί να οδηγήσει σε εκδήλωση επιφανειακού εγκαύματος. Επιπλέον, παρουσιάζεται διαταραχή ως προς τη θρεπτική κατάσταση των δένδρων. Ιδιαίτερα αρνητικά επηρεάζεται το ασβέστιο με αποτέλεσμα να εκδηλώνονται στους καρπούς διάφορες ανωμαλίες, όπως η πικρή στιγμάτωση και το καφέτιασμα της σάρκας των καρπών (Μαλέας, 2016). Καθυστερείται η ωρίμανση των καρπών και υπάρχει ευαισθησία όλων των φυτικών μερών σε προσβολές από εχθρούς και ασθένειες, κυρίως μηκυτολογικές. Μειώνεται η αντοχή του φυτού στις χαμηλές θερμοκρασίες και υποβαθμίζεται η ποιότητα των καρπών ως προς το χρωματισμό και το άρωμά τους. Τέλος, υπερβολικό άζωτο υποβαθμίζει τα επιφανειακά και τα υπόγεια νερά με την έκπλυση της περίσσειας νιτρικών ιόντων (Brady and Weil, 2011).

Η χορήγηση αζωτούχου λίπανσης γίνεται κυρίως μέσω του εδάφους, ενώ συμπληρωματική μπορεί να γίνει και μέσω του φυλλώματος. Η μεγαλύτερη ποσότητα δίνεται στα δένδρα πριν την άνθιση, πρακτική που έχει συνέπειες στην εαρινή βλάστηση ανάλογα την ποσότητα του διαθέσιμου N.

2.2.2 Φώσφορος

Ο φώσφορος είναι ένα εξίσου σημαντικό στοιχείο για την ανάπτυξη των δένδρων. Είναι ευκίνητο και αποτελεί σημαντικό συστατικό ενώσεων υψηλής ενέργειας όπως ATP, νουκλεϊκών οξέων, φωσφολιπιδίων και συνενζύμων. Επίσης, δρα στο κύτταρο σαν ρυθμιστής pH και συμμετέχει στο μεταβολισμό των λιπών, των υδατανθράκων και των πρωτεϊνών (Τσαπικούνης, 1997). Συμμετέχει σε κρίσιμες διαδικασίες της φωτοσύνθεσης και αποτελεί απαραίτητο στοιχείο για τους μεριστωματικούς ιστούς (Brady and Weil, 2011). Επηρεάζει την ανάπτυξη της ρίζας, την άνθιση, την καρπόδεση και επιταχύνει την ωριμότητα του φυτού. Παρατηρείται ότι μεγαλύτερες ποσότητες φωσφόρου αποταμιεύονται στους νεοαναπτυσσόμενους καρπούς και ιδιαίτερα στα σπέρματά τους, ενώ πολύ μικρές ποσότητες χρειάζονται για τους ώριμους καρπούς (Τσαπικούνης, 1997). Άρα η εαρινή εφαρμογή του είναι σημαντική.

Στο έδαφος ο φώσφορος βρίσκεται σε οργανική και σε ανόργανη μορφή. Χαρακτηριστικό του γνώρισμα είναι η μικρή διαλυτότητά του και η δέσμευσή του στα κολλοειδή του εδάφους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η κίνηση των φωσφορικών ανιόντων προς την επιφάνεια των ριζών να είναι πολύ αργή και οι μικρές διαθέσιμες συγκεντρώσεις του να οδηγούν σε τροφопενίες (Μήτσιος, 2004). Εφαρμογή διαφυλλικού ψεκασμού με φώσφορο το καλοκαίρι, Ιούνιο-Ιούλιο, ενδείκνυται για να αποφευχθεί η αποσύνθεση των μήλων λόγω γήρατος και οι επιπτώσεις των χαμηλών θερμοκρασιών. Το μεγαλύτερο ποσοστό φωσφορικών λιπασμάτων χρησιμοποιείται από τα δένδρα κατά την εγκατάστασή τους, ενώ είναι μικρή η απορρόφηση στα υπόλοιπα χρόνια της ζωής τους (Τσαπικούνης, 2004).

Έλλειψη φωσφόρου προκαλεί περιορισμένη ανάπτυξη του φυτού, ενώ το φύλλωμα αποκτά ένα σκούρο σχεδόν κυανοπράσινο χρώμα (Μίχου, 2002). Η άνθιση είναι αραιή και η ωρίμανση καθυστερημένη. Παρατηρείται μικρή αντοχή των ιστών σε ασθένειες και ευνοείται το σχίσσιμο των καρπών. Επίσης, επειδή, όπως προαναφέρθηκε, είναι ευκίνητο στοιχείο μέσα στο φυτό, στην περίπτωση που υπάρχει μειωμένη διαθεσιμότητα, ο φώσφορος μετακινείται από τα παλαιότερα φύλλα προς τα νεότερα και για το λόγο αυτό τα πρώτα συμπτώματα εμφανίζονται στα μεγαλύτερης ηλικίας φύλλα (Brady and Weil, 2011).

2.2.3 Κάλιο

Το κάλιο (K) αποτελεί με τη σειρά του ένα από τα πιο διαδεδομένα και απαραίτητα για τη θρέψη των φυτών στοιχεία. Παίρνει μέρος στο μεταβολισμό των υδατανθράκων και του αζώτου, στη σύνθεση των πρωτεϊνών, στην αποικοδόμηση και μεταφορά σακχάρων και στη σύνθεση και διάσπαση του αμύλου (Τσαπικούνης, 1997). Δρα ως ενεργοποιητής κυτταρικών ενζύμων και είναι υπεύθυνο για σημαντικές διεργασίες της φωτοσύνθεσης (Brady and Weil, 2011). Περισσότερα από 50 ένζυμα φαίνεται να επηρεάζονται από την παρουσία του καλίου (Τσαπικούνης, 1997). Ρυθμίζει το άνοιγμα και το κλείσιμο των στοματίων μειώνοντας το υδατικό δυναμικό των κυττάρων και την απώλεια νερού, ενώ αυξάνει την ικανότητα της ρίζας να προσλαμβάνει νερό από το έδαφος. Επαρκές κάλιο βοηθά τα δένδρα να αποκτήσουν αντοχή στην ξηρασία του καλοκαιριού και στο ψύχος κατά τη διάρκεια του χειμώνα και ενδυναμώνει τους βλαστούς. Παράλληλα, παρατηρείται αντοχή σε προσβολές από έντομα και σε μυκητολογικές ασθένειες (Brady and Weil, 2011). Μεγαλύτερες ποσότητες καλίου επιζητά το φυτό κατά το σχηματισμό και την ανάπτυξη των καρπών, καθώς βελτιώνει την ποιότητα τους, τη γεύση και το χρώμα τους (Τσαπικούνης, 2004). Τέλος, επιμηκύνεται η ζωή των καρπών κατά τη συντήρηση και τη μεταφορά.

Περίσσεια καλίου προκαλεί αρνητικές επιδράσεις στην ποιότητα των καρπών, καθώς επηρεάζεται αρνητικά η πρόσληψη ασβεστίου. Έτσι, με την αυξημένη περιεκτικότητά του K στους καρπούς εμφανίζονται πιο έντονα τα προβλήματα της πικρής στιγμάτωσης και του καφετιάσματος της καρδιάς και της σάρκας (Τσαπικούνης, 2004). Επιπλέον, μεγαλύτερη περιεκτικότητα K αυξάνει τη φωτοσύνθεση και τη φωτοαναπνοή (Τσαπικούνης, 1997).

Έλλειψη καλίου προκαλεί ανεπαρκή λειτουργία των στοματίων με αποτέλεσμα να μειώνεται η φωτοσύνθεση και να αυξάνεται η αναπνοή και η συγκέντρωση μη πρωτεϊνικού αζώτου. Στα παλαιότερα φύλλα παρατηρείται κιτρίνισμα και νέκρωση των άκρων και των περιθωρίων του ελάσματος. Επιπρόσθετα, εμφανίζεται ευπάθεια στις υψηλές και στις χαμηλές θερμοκρασίες (Τσαπικούνης, 1997).

2.2.4 Ασβέστιο

Το ασβέστιο (Ca) αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία για πολλές καλλιέργειες και ιδιαίτερα για αυτή της μηλιάς. Αν και δυσκίνητο παίζει σημαντικό ρόλο στην επιμήκυνση και διαίρεση των κυττάρων, στη διαπερατότητα της κυτταρικής μεμβράνης, στη βλάστηση της γύρης και την επιμήκυνση του γυρεοσωλήνα, στο σχηματισμό της μιτωτικής ατράκτου και στην ανάπτυξη των μεριστωμάτων. Συμμετέχει στο σχηματισμό των κυτταρικών τοιχωμάτων, καθώς αποτελεί κύριο συστατικό της μεσο-επιδερμίδας προσδίδοντας χαρακτηριστική σκληρότητα χάρη στο πηκτινικό ασβέστιο που λειτουργεί σαν στερεωτικό (Τσαπικούνης, 1997). Ρυθμίζει το pH, περιορίζει την ευπάθεια των ιστών σε προσβολές από μικροοργανισμούς και συμμετέχει στην ωρίμανση των καρπών (Διαδικτυακή πηγή 2). Επηρεάζει τη μεταφορά των υδατανθράκων, αυξάνει τη δραστηριότητα πολλών ενζύμων όπως οι αμυλάσες, οι ΑΤΡάσες και η καλμοδουλίνη, η οποία είναι υπεύθυνη για τη μεταφορά των κατιόντων του ασβεστίου μέσα στα χυμοτόπια των κυττάρων, ενώ εξουδετερώνει τη δράση υψηλών συγκεντρώσεων άλλων στοιχείων προστατεύοντας το κύτταρο από τοξικότητες. Ιόντα ασβεστίου συνδέουν μόρια λιπιδίων μεταξύ τους διασφαλίζοντας τη σωστή τους θέση στις κυτταρικές μεμβράνες. Επιπλέον, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση της αναπνοής καθώς και στην παραγωγή αιθυλενίου στους καρπούς. Τέλος, προστατεύει τους καρπούς από μωλωπισμούς και τραυματισμούς κατά τη μεταφορά και αποθήκευση και επιμηκώνει τη μετασυλλεκτική ζωή των καρπών (Τσαπικούνης, 1997). Στα δένδρα το ασβέστιο αποθηκεύεται σε μεγάλες ποσότητες στους ξυλώδεις ιστούς και η πρόσληψή του πραγματοποιείται από νεαρές ρίζες που δεν έχουν ακόμη φτάσει στο στάδιο της φελλοποίησης (Brady and Weil, 2011).

Οι κύριες πηγές από τις οποίες προσλαμβάνεται το ασβέστιο από τα φυτά είναι το ανταλλάξιμο ασβέστιο και το ασβέστιο που προκύπτει από ευκόλως αποσπασόμενα υλικά. Περιοχές οι οποίες χαρακτηρίζονται ως ξηρές ή ημίξηρες, και υψηλές συγκεντρώσεις ανθρακικών στο εδαφικό διάλυμα σε συνδυασμό με υψηλό pH μειώνουν τη διαλυτότητα των ασβεστούχων ορυκτών (Brady and Weil, 2011).

Την πρόσληψη του διαθέσιμου ασβεστίου ανταγωνίζονται τα φύλλα και οι καρποί. Στα φύλλα, λόγω μεγαλύτερης έντασης διαπνοής, συσσωρεύεται περισσότερο ασβέστιο, ιδιαίτερα κατά την περίοδο του καλοκαιριού, σε σχέση με τους καρπούς. Έτσι παρατηρείται ότι το ασβέστιο που υπάρχει στα φύλλα δεν σχετίζεται με αυτό των καρπών με αποτέλεσμα να παρατηρούνται στους καρπούς διάφορες

φυσιολογικές ανωμαλίες εξαιτίας της έλλειψής του. Για το λόγο αυτό γίνονται και ψεκασμοί των δένδρων, εκτός από την πρόσληψη από το έδαφος, με σκευάσματα ασβεστίου (Διαδικτυακή πηγή 3).

Έλλειψη ασβεστίου προκαλεί συμπτώματα σε φύλλα, οφθαλμούς και καρπούς. Επιπλέον, το ριζικό σύστημα παρουσιάζεται βραχύτερο και πυκνότερο σε σχέση με το κανονικό και οι ρίζες εμφανίζονται καχεκτικές με ζελατινώδη υφή. Ακόμη και στην περίπτωση που το έδαφος έχει βελτιωθεί με ασβέστωση, σε κάποια φυτά μπορεί να παρατηρηθεί έλλειψη ασβεστίου. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το ασβέστιο δυσκολεύεται να μεταφερθεί και να εισέλθει στο φυτό. Για το λόγο αυτό συχνά απαιτείται και διαφυλλική εφαρμογή ασβεστίου. Ιδιαίτερη σημασία, όπως ειπώθηκε, έχει στους καρπούς, καθώς μήλα φτωχά σε ασβέστιο δεν συντηρούνται για μεγάλο χρονικό διάστημα και εμφανίζουν πολλές φυσιολογικές ασθένειες όπως πικρή στιγμάτωση και υάλωση (Brady and Weil, 2011).

Η πικρή στιγμάτωση παρατηρείται κυρίως μετά τη συγκομιδή κατά τη διάρκεια της συντήρησης. Χαρακτηρίζεται από μικρά έως μεγάλα στίγματα και καθιζάνουσες κηλίδες στο φλοιό των μήλων κυρίως προς την περιοχή του κάλυκα. Τα σημεία αυτά νεκρώνονται, γίνονται σπογγώδη και έχουν πικρή γεύση. Η ασθένεια αυτή οφείλεται κυρίως στην έλλειψη ασβεστίου στη σάρκα των καρπών και στη διαταραχή της σχέσης $\frac{Ca+Mg}{K}$ (Βασιλακάκης, 2016). Επιπλέον, ευνοείται από την υπερβολική ζωηρότητα των δένδρων και από υπερβολικές και ακανόνιστες αρδεύσεις κατά την ωρίμανση.

Η υάλωση παρουσιάζεται ως υδαρής υφή της σάρκας που αρχίζει από το κέντρο του καρπού και επεκτείνεται σε όλη την περιφέρειά του. Τα πρώτα συμπτώματα εμφανίζονται λίγες ημέρες πριν τη συγκομιδή, αλλά γίνονται εντονότερα μετά τη συγκομιδή και κατά την περίοδο της συντήρησης. Είναι εμφανής κυρίως σε υπερώριμα φρούτα και οφείλεται σε έλλειψη ασβεστίου (Κυριάκου και Κώστα, 2014).

2.3 Διαφυλλική πρόσληψη στοιχείων

Τα θρεπτικά στοιχεία ως επί το πλείστον προσλαμβάνονται δια μέσου των ριζών από το έδαφος και από εκεί μεταφέρονται μέσω των ιστών σε όλα τα μέρη του δένδρου. Μερικές φορές, όμως, η πρόσληψη των στοιχείων από το έδαφος δεν είναι επαρκής, διότι ο ρυθμός ανάπτυξης του δένδρου είναι μεγαλύτερος από την ταχύτητα πρόσληψης και μεταφοράς των θρεπτικών στοιχείων από τις ρίζες προς όλα τα υπόλοιπα μέρη του φυτού. Για το λόγο αυτό οι διαφυλλικοί ψεκασμοί αποτελούν σημαντικά εργαλεία για να επιτευχθεί το άριστο επίπεδο θρέψης. Η είσοδος των θρεπτικών στοιχείων με τους διαφυλλικούς ψεκασμούς γίνεται μέσω της επιδερμίδας και των στομάτων των φύλλων.

2.3.1 Είσοδος θρεπτικών μέσω της επιδερμίδας των φύλλων

Το κύριο συστατικό της επιδερμίδας είναι η χητίνη η οποία καλύπτεται από κηρώδη εφυμενίδα. Για την είσοδο των διαφυλλικών λιπασμάτων η επιδερμίδα μετατρέπεται βαθμιαία από υδρόφοβη σε υδρόφιλη από το εξωτερικό προς το εσωτερικό. Έτσι, τα θρεπτικά εισέρχονται μέσω χασμάτων της εφυμενίδας και μέσω διάφορων υδρόφιλων πόρων οι οποίοι είναι περισσότερο διαπερατοί.

2.3.2 Είσοδος θρεπτικών μέσω των στομάτων των φύλλων

Η πρόσληψη των θρεπτικών μέσω των στομάτων πραγματοποιείται σε μικρό βαθμό και αυτό γιατί συμβαίνει κατά τη διάρκεια της νύχτας όπου τα στόματα είναι κλειστά. Τα κατιόντα και τα ανιόντα προκειμένου να διατηρηθεί η ηλεκτρική ουδετερότητα, διαπερνούν σε ισοδύναμες ποσότητες. Τέλος, η ταχύτητα εισόδου των θρεπτικών στοιχείων επηρεάζεται από το μοριακό τους βάρος, καθώς και από τη μορφή του άλατος του στοιχείου και της παρουσίας λοιπών υδρόφιλων συστατικών σε συνδυασμό με την ύπαρξη νερού (Διαδικτυακή πηγή 4).

Κεφάλαιο 3: Υλικά και μέθοδοι

3.1 Πειραματικός αγρός

Για τις πειραματικές δοκιμές χρησιμοποιήθηκαν 18 μηλιές ποικιλίας Red Chief στην περιοχή Ανήλιο Πηλίου. Τα δένδρα ήταν ηλικίας έξι ετών με υποκείμενο MM111, σε αποστάσεις φύτευσης 2,5m * 2,5m και διαμόρφωση ελεύθερο κύπελλο, ενώ δέχονταν τις κλασικές τοπικά εφαρμοζόμενες καλλιεργητικές φροντίδες. Συγκεκριμένα, γίνεται κλάδεμα με το χέρι περίπου στα τέλη Φεβρουαρίου, ψεκασμοί για καταπολέμηση φουζικλαδίου, αφίδων και καρπόκαψας και λίπανση βασική από εδάφους με Complepsal 12-12-17 300-400 g ανά δένδρο το Μάρτιο.

3.2 Μεταχειρίσεις

Από τις ανωτέρω μηλιές:

οι έξι (Μεταχείριση Α) ψεκάστηκαν με διαφυλλικό ασβέστιο Theocal (30% w/wCa, 35% w/ωργανική ουσία, pH 7,1) και με οργανική ουσία Theofast (4,4% w/ωργανική ουσία, pH 9,5),

οι έξι (Μεταχείριση Β) με τα προαναφερθέντα προϊόντα μαζί με διαφυλλικό άζωτο Theohealth (10% w/wN, 0,5% w/wK, 2,5% w/ωργανική ουσία, C/N 0,13, 0,13% w/ωΔιουρία, pH 7,7) και

τα υπόλοιπα έξι δεν ψεκάστηκαν κάτι διαφορετικό πλην των εφαρμογών του παραγωγού, καθώς χρησιμοποιήθηκαν ως μάρτυρες (Μεταχείριση Μ).

3.3 Εργαστηριακός εξοπλισμός

Για τη διεξαγωγή των πειραμάτων χρησιμοποιήθηκαν τα εξής εργαστηριακά μηχανήματα:

Ανακινητής Vortex

Ζυγοί ακριβείας τεσσάρων και δύο δεκαδικών

Ηλεκτρονικό επιτραπέζιο πενετρόμετρο (Fruit Firmness Tester, Turoni Srl, Ιταλίας)
ανυψωμένο σε drill-press stand με έμβολο διατομής 11 mm

Ηλεκτρονικό πεχάμετρο Hanna (HI 9024, Πορτογαλία)

Ηλεκτρονικό φορητό διαθλασίμετρο ρυθμιζόμενης θερμοκρασίας (ATAGO, Ιαπωνία)
για μέτρηση των διαλυτών στερεών συστατικών

Υδατόλουτρο ρυθμιζόμενης θερμοκρασίας

Φασματοφωτόμετρο

Φούρνος ξήρανσης φυτικών δειγμάτων

Χρωματόμετρο Minolta (Model CR-400, Konica Minolta Optics Ltd, Ιαπωνία)

Ουσίες που χρησιμοποιήθηκαν:

Αιθανόλη 95%

Ασκορβικό οξύ

Αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu (αραίωση 1:10)

Διάλυμα 0,1 N NaOH

Διάλυμα οξικού οξέος

Διάλυμα τριχλωριούχου σιδήρου ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)

Διάλυμα υδροχλωρίου (HCl)

Διάλυμα Na_2CO_3

Μεθανόλη absolute

DPPH

Tripyridil-s-triazine (TPTZ)

3.4 Προσδιορισμός χλωροφύλλης

Από τις τρεις μεταχειρίσεις και κάθε δένδρο (έξι επαναλήψεις) λήφθηκαν έξι φύλλα από το μέσο ετήσιων βλαστών κάθε δένδρου. Τα φύλλα τοποθετήθηκαν κατά σειρά μεγέθους από το μικρότερο προς το μεγαλύτερο και με διακορευτή διαμέτρου 9 mm, με κάθετες τομές αριστερά και δεξιά από το κεντρικό νεύρο των φύλλων, αφαιρέθηκαν 12 δίσκοι. Η επιφάνεια κάθε δίσκου είναι 0,636 cm². Τα συγκεκριμένα δείγματα τοποθετήθηκαν σε προζυγισμένο petri και ζυγίστηκαν σε ζυγό ακριβείας τεσσάρων δεκαδικών. Στη συνέχεια μεταφέρθηκαν για ξήρανση σε φούρνο στους 80°C για 24 ώρες ή έως ότου οι δίσκοι να θρυμματίζονται με απλή πίεση. Οι ξηροί δίσκοι ξαναζυγίστηκαν καθώς και το άδειο petri και υπολογίστηκε η ξηρά ουσία. Επιπλέον, υπολογίστηκε το ειδικό βάρος φύλλου (Specific Leaf Weight, SLW) ως ξηρό βάρος 12 δίσκων σε mg προς επιφάνεια 12 δίσκων σε cm².

Από τα παραπάνω έξι δείγματα φύλλων αποκόπηκαν άλλοι έξι δίσκοι διαμέτρου 9 mm από το έλασμα των φύλλων, οι οποίοι με λαβίδα κόπηκαν στη μέση. Τα μισά τοποθετήθηκαν επάνω σε ζυγό ακριβείας τεσσάρων δεκαδικών και, αφού καταγράφηκε το βάρος τους, τεμαχίστηκαν περαιτέρω και μεταφέρθηκαν σε screwtop δοκιμαστικό σωλήνα που περιείχε 15 mL αιθανόλης 95%. Ο δοκιμαστικός σωλήνας ποματίστηκε, αναδεύτηκε σε Vortex και μεταφέρθηκε σε υδατόλουτρο στους 80°C. Κατά τη διάρκεια παραμονής του στο υδατόλουτρο πραγματοποιήθηκε μία ακόμη ανάδευση σε Vortex. Ο σωλήνας αφαιρέθηκε από τα υδατόλουτρο μόλις το πράσινο χρώμα των ελασμάτων μετατράπηκε σε λευκό και τοποθετήθηκε σε σκοτεινό μέρος έως ότου η θερμοκρασία του επιστρέψει σε αυτή του περιβάλλοντος. Τέλος, μετά από ανακίνηση μετρήθηκε η απορρόφηση στο φασματοφωτόμετρο στα 665 και 649 nm με τη βοήθεια γυάλινης κυψελίδας (Wintermans and Motts, 1965). Η ίδια διαδικασία επαναλήφθηκε σε όλα τα δείγματα του πειράματος.

Ο υπολογισμός της χλωροφύλλης α και β πραγματοποιήθηκε με τους τύπους:

Χλωροφύλλη α: $13,7 * A_{665} - 5,76 * A_{649}$

Χλωροφύλλη β: $25,8 * A_{649} - 7,6 * A_{665}$

και εκφράζονταν σε mg/mL αιθανόλης ή εκφράζονταν σε mg χλωροφύλλης / g ξηρού βάρους με τον τύπο:

$15 * \text{Χλωροφύλλη } \alpha / (1000 * \text{ξηρό βάρος } 6 \text{ μισών δίσκων σε g})$

Με γνωστή την επιφάνεια των δίσκων των οποίων μετρήθηκε η συγκέντρωση της χλωροφύλλης, υπολογίστηκε και η συγκέντρωση κάθε χλωροφύλλης (a, b, total) ανά μονάδα επιφάνειας.

3.5 Προσδιορισμός ποιοτικών χαρακτηριστικών

Αρχικά, από κάθε δένδρο κάθε μεταχείρισης λήφθηκαν επτά μήλα τυχαία από ύψος 1,8 – 2,3 m ύψος και από όλες τις κατευθύνσεις του ορίζοντα. Σε ζυγό ακριβείας δύο δεκαδικών ζυγίστηκαν τα μήλα από κάθε δένδρο ξεχωριστά και καταγράφηκε το βάρος του μεγαλύτερου μήλου κάθε δένδρου.

Ακολούθησε προσδιορισμός του χρώματος του φλοιού κάθε καρπού με το χρωματόμετρο Minolta. Πάρθηκαν δύο μετρήσεις αντιδιαμετρικά στον ισημερινό κάθε καρπού και καταγράφηκε ο μέσος όρος των παραμέτρων L^* , C^* και Hue. Το L^* εκφράζει τη φωτεινότητα του χρώματος του καρπού. Έχει κλίμακα από το 0-100, όπου $L^*=0$ είναι το μαύρο και $L^*=100$ είναι το λευκό. Έτσι, όσο πιο μεγάλο είναι το L^* τόσο πιο φωτεινό είναι το χρώμα του καρπού (λιγότερο κόκκινο). Όσον αφορά το C^* , όσο πιο μεγάλο είναι, τόσο πιο καθαρό χρώμα έχει ο καρπός (απομακρύνεται από το γκρι). Τέλος, το Hue αποδίδει την απόχρωση. Όταν Hue=0° εκφράζει το κόκκινο, όταν Hue=90° εκφράζει το κίτρινο, όταν Hue=180° εκφράζει το πράσινο και όταν Hue=270° εκφράζει το μπλε. Γενικότερα, όμως, όταν υπάρχει συνδυασμός των C^* και Hue, δίνεται το ακριβές, πραγματικό χρώμα ιδιαίτερα των έγχρωμων καρπών, όπως είναι τα κόκκινα μήλα (McGuire, 1992).

Στη συνέχεια, μετρήθηκε η σκληρότητα κάθε καρπού με τη χρήση του ηλεκτρονικού επιτραπέζιου πενετρόμετρου. Σε κάθε καρπό έγιναν δύο μετρήσεις στο κέντρο, αντιδιαμετρικά, αφού πρώτα αφαιρέθηκε με έναν αποφλοιωτή ο φλοιός των καρπών στα αντίστοιχα σημεία και καταγράφηκε ο μέσος όρος των τιμών για κάθε καρπό.

Μετέπειτα, ακολούθησε η μέτρηση των διαλυτών στερεών συστατικών. Αφού τεμαχίστηκαν τα μήλα από κάθε δένδρο σε τέσσερα τεμάχια ανά καρπό κατά μήκος, αφαιρέθηκε με προσοχή η περιοχή της σάρκας γύρω από τον πυρήνα. Κατόπιν, έγινε λήψη χυμού από τα τμήματα του καρπού γύρω από τον ισημερινό των μήλων με τη χρήση πιεστή σκόρδου. Για την λήψη του χυμού χρησιμοποιήθηκαν τα δύο τεμάχια

ενώ τμήματα από τα άλλα δύο συγκεντρώθηκαν σε σακουλάκια και συντηρήθηκαν στην κατάψυξη για τη μέτρηση των ολικών φαινολικών και των αντιοξειδωτικών. Από τον εκχυλισμένο χυμό που συγκεντρώθηκε από το καθένα από τα επτά μήλα του κάθε δένδρου, χρησιμοποιήθηκαν μία έως δύο σταγόνες για τη μέτρηση των διαλυτών στερεών συστατικών με το ηλεκτρονικό φορητό διαθλασίμετρο. Πριν από κάθε μέτρηση γίνονταν μηδενισμός του διαθλασίμετρου με απεσταγμένο νερό.

Για τον προσδιορισμό της ογκομετρούμενης οξύτητας χρησιμοποιήθηκε ο ίδιος χυμός που παραλήφθηκε για τη μέτρηση των διαλυτών στερεών συστατικών ανά καρπό. Δύο mL χυμού αραιώθηκαν με 18 mL απιονισμένου νερού. Έπειτα, ο αραιωμένος χυμός εξουδετερώθηκε με διάλυμα 0,1 N NaOH μέχρις ότου η τιμή του pH στο ηλεκτρονικό πεχάμετρο φτάσει το 8,2. Τέλος, καταγράφηκαν τα mL του NaOH που χρειάστηκαν για να γίνει η εξουδετέρωση και υπολογίστηκε η συγκέντρωση μηλικού οξέος στο χυμό σε % νωπού βάρους χυμού.

Για τη μέτρηση των ολικών φαινολικών ουσιών χρησιμοποιήθηκαν τα τεμάχια των καρπών που συντηρήθηκαν στην κατάψυξη. Αφού έγινε πολτοποίηση των δειγμάτων, λήφθηκαν 5 g πολτοποιημένου ιστού σε σωλήνα φυγοκέντρωσης. Έπειτα, προστέθηκαν 25 mL μεθανόλης και πραγματοποιήθηκε ομογενοποίηση των παραπάνω για 1-2 min περίπου με ομογενοποιητή Turrax. Ακολούθησε φυγοκέντρωση για 10 min στις 5000 r/min και λήφθηκε το υπερκείμενο σε φιαλίδια. Αρχικά, έγινε αραιώση του υπερκείμενου 1:5 και στη συνέχεια 2 mL του αραιωμένου χυμού αναμίχθηκαν σε δοκιμαστικό σωλήνα με 2 mL νερό και στη συνέχεια προστέθηκαν 10 mL του εμπορικού αντιδραστηρίου Folin-Ciocalteu, που είχε αραιωθεί 10 φορές με απιονισμένο νερό. Στη συνέχεια έγινε ανακίνηση σε Vortex. Έπειτα, προστέθηκαν 8 mL διαλύματος Na_2CO_3 , καλύφθηκαν οι δοκιμαστικοί σωλήνες με Parafilm και πραγματοποιήθηκε περαιτέρω ανακίνηση σε Vortex. Τέλος, τα δείγματα παρέμειναν στο σκοτάδι για 30 min και ακολούθησε μέτρηση στο φασματοφωτόμετρο για απορρόφηση στα 760 nm. Για το μηδενισμό του οργάνου χρησιμοποιήθηκαν 2 mL νερό αντί για υπερκείμενο χυμού καρπού.

Η μέτρηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας έγινε με 2 μεθόδους, με τη μέθοδο FRAP και με τη μέθοδο DPPH.

Για την μέθοδο FRAP αρχικά παρασκευάστηκαν τα διαλύματα TPTZ και FRAP. Για την παρασκευή του διαλύματος TPTZ χρησιμοποιήθηκαν 0,1 g TPTZ τα οποία

διαλύθηκαν σε 32 mL πυκνού HCl και αναδεύτηκαν σε Vortex. Για το διάλυμα εργασίας FRAP χρησιμοποιήθηκαν 50 mL διαλύματος οξικού οξέος, 5 mL διαλύματος TPTZ και 5 mL διαλύματος τριχλωριούχου σιδήρου. Για τη μέτρηση τοποθετήθηκαν σε δοκιμαστικούς σωλήνες 50 μ L από τα μεθανολικά εκχυλίσματα των μήλων (υπερκείμενο υγρό ανωτέρω), που χρησιμοποιήθηκαν και για τη μέτρηση των ολικών φαινολικών, και 2,95 mL διαλύματος εργασίας FRAP τα οποία ομογενοποιήθηκαν με Vortex και τοποθετήθηκαν σε υδατόλουτρο στους 37 °C για ακριβώς 4 min. Αμέσως μετά μετρήθηκε η απορρόφησή τους στο φασματοφωτόμετρο στα 593 nm. Ο μηδενισμός του φασματοφωτόμετρου έγινε με τη χρήση buffer διαλύματος (χωρίς υπερκείμενο χυμού), ενώ παράλληλα μετρήθηκε και η απορρόφηση διαλύματος FRAP.

Για την μέθοδο DPPH τοποθετήθηκαν σε δοκιμαστικούς σωλήνες 100 μ L από το μεθανολικά εκχυλίσματα των μήλων, που χρησιμοποιήθηκαν και στον υπολογισμό των ολικών φαινολικών και στη μέθοδο FRAP ανωτέρω, και 2,9 mL DPPH. Επίσης, σε ένα δοκιμαστικό σωλήνα προστέθηκαν 100 μ L μεθανόλης και 2,9 mL DPPH για χρήση ως buffer και μηδενισμό του φασματοφωτόμετρου. Στη συνέχεια, οι δοκιμαστικοί σωλήνες καλύφθηκαν με Parafilm και, αφού ομογενοποιήθηκαν με Vortex, τοποθετήθηκαν στο σκοτάδι για 30 min ακριβώς και αμέσως μετά μετρήθηκε η απορρόφηση στο φασματοφωτόμετρο στα 517 nm.

3.6 Προσδιορισμός νωπού και ξηρού βάρους βλαστών

Κατά την περίοδο του κλαδέματος, τέλος Φεβρουαρίου, συγκεντρώθηκαν από κάθε δένδρο και μεταχείριση ξεχωριστά οι ετήσιοι και παλαιότεροι βλαστοί και ζυγίστηκαν αρχικά οι ετήσιοι και στη συνέχεια οι ετήσιοι και οι παλαιότεροι βλαστοί μαζί. Ταυτόχρονα, μετρήθηκε και η περίμετρος του κορμού από τον οποίο υπολογίστηκε η διάμετρος του. Οι βλαστοί αφέθηκαν να αποξηραθούν φυσικά και μετά ζυγίστηκαν ξανά και καταγράφηκε το ξηρό βάρος τους. Υπολογίστηκαν διάφορες παράμετροι σχετικά με την παραγωγή βιομάζας σε ετήσιο και παλαιότερο βλαστό ανά μονάδα επιφάνειας διατομής κορμού και το ποσοστό % ξηράς ουσίας των βλαστών.

3.7 Φυλλοδιαγνωστική

Τέλος Ιουλίου πραγματοποιήθηκε λήψη 50 φύλλων με δύο επαναλήψεις ανά μεταχείριση για διεξαγωγή φυλλοδιαγνωστικής. Τα φύλλα που συλλέχθηκαν προήλθαν από το μέσο ετήσιων βλαστών. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε διεξοδική πλύση των φύλλων με τρεχούμενο νερό βρύσης και τελικό ξέπλυμα με απιονισμένο νερό. Τέλος, τα φύλλα ξηράνθηκαν φυσικά πριν αποσταλούν στο πρώην Ινστιτούτο Εδαφολογίας τους Κ.Γ.Ε.Β.Ε. του ΕΛ.Γ.Ο «ΔΗΜΗΤΡΑ» στη Θεσσαλονίκη για ανάλυση.

3.8 Στατιστική ανάλυση

Ανά μεταχείριση είχαμε έξι επαναλήψεις φύλλων, έξι επαναλήψεις των 7 καρπών έκαστη και έξι επαναλήψεις κλαδεμάτων από τα έξι δένδρα επαναλήψεις. Τέλος, είχαμε δύο επαναλήψεις ανά μεταχείριση για τη φυλλοδιαγνωστική ανάλυση. Στα αποτελέσματα έγινε απλή ανάλυση με το πρόγραμμα Excel με εύρεση του μέσου όρου και τυπικής απόκλισης.

Κεφάλαιο 4: Αποτελέσματα

4.1 Διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων ως προς τα χαρακτηριστικά των φύλλων

Από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στα φύλλα παρατηρήθηκε ότι τα φύλλα του μάρτυρα είχαν παρόμοιο ποσοστό % ξηράς ουσίας με τα φύλλα που προήλθαν από τα δένδρα της μεταχείρισης A και της μεταχείρισης B (Πίν. 4.1). Παρόμοιο ποσοστό ξηράς ουσίας είχαν και τα φύλλα της μεταχείρισης A και της μεταχείρισης B μεταξύ τους (Πίν. 4.1). Τα φύλλα της μεταχείρισης A και της μεταχείρισης B είχαν παρόμοιο ειδικό βάρος τόσο μεταξύ τους όσο και με τα φύλλα που προήλθαν από τα δένδρα του μάρτυρα (Πίν. 4.1).

Πίνακας 4.1 Μεταβολές της συγκέντρωσης ξηράς ουσίας και του ειδικού βάρους των φύλλων των δένδρων μηλιάς “Red Chief” μεταξύ του μάρτυρα, της μεταχείρισης A (Μεταχ. A) που δέχτηκε διαφυλλικούς ψεκασμούς με ασβέστιο Theocal και με οργανική ουσία Theofast, και της μεταχείρισης B (Μεταχ. B) που δέχτηκε διαφυλλικούς ψεκασμούς με τα ανωτέρω και με άζωτο Theohealth. Φαίνονται οι μέσοι όροι έξι επαναλήψεων, καθώς και οι τυπικές αποκλίσεις τους.

	Ξηρά Ουσία (%)	Ειδικό Βάρος (mgcm⁻²)
Μάρτυρας	37,8±1,3	8,99±0,76
Μεταχ. A	39,5±2,1	9,14±1,46
Μεταχ. B	38,8±1,4	9,07±0,78

Όσον αφορά τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης a και b, και της συνολικής χλωροφύλλης στα φύλλα, εκφρασμένη είτε ανά g ξηράς ουσίας (Πίν. 4.2) είτε ανά m² επιφάνειας φύλλου (Πίν. 4.3), παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση στα ψεκασμένα δένδρα σε σχέση με το μάρτυρα. Συγκεκριμένα, τα φύλλα που προήλθαν από τα

δένδρα της μεταχείρισης A και της μεταχείρισης B είχαν μεγαλύτερη συγκέντρωση χλωροφύλλης a και χλωροφύλλης b σε σχέση με τα φύλλα των δένδρων του μάρτυρα. Ωστόσο, η συγκέντρωση χλωροφύλλης a, όπως και της χλωροφύλλης b, μεταξύ των φύλλων των δύο μεταχειρίσεων με εξτρά ψεκασμούς ήταν παρόμοια.

Πίνακας 4.2 Μεταβολές της χλωροφύλλης a (Χλωροφ. a), της χλωροφύλλης b (Χλωροφ. b) και της συνολικής χλωροφύλλης (Συνολ. Χλωροφ.) των φύλλων των δένδρων μηλιάς “Red Chief” μεταξύ του μάρτυρα, της μεταχείρισης A (Μεταχ. A) που δέχτηκε διαφυλλικούς ψεκασμούς με ασβέστιο Theocal και με οργανική ουσία Theofast, και της μεταχείρισης B (Μεταχ. B) που δέχτηκε διαφυλλικούς ψεκασμούς με τα ανωτέρω και με άζωτο Theohealth. Φαίνονται οι μέσοι όροι έξι επαναλήψεων, καθώς και οι τυπικές αποκλίσεις τους.

	Χλωροφ. a (mgg⁻¹ΞΟ)	Χλωροφ. b (mgg⁻¹ΞΟ)	Συνολ. Χλωροφ. (mgg⁻¹ΞΟ)
Μάρτυρας	4,68±0,43	1,57±0,12	6,25±0,55
Μεταχ. A	6,02±0,89	2,09±0,34	8,11±1,23
Μεταχ. B	5,83±0,67	1,97±0,24	7,80±0,91

Πίνακας 4.3 Μεταβολές της χλωροφύλλης a (Χλωροφ. a), της χλωροφύλλης b (Χλωροφ. b) και της συνολικής χλωροφύλλης (Συνολ. Χλωροφ.) των φύλλων των δένδρων μηλιάς “Red Chief” μεταξύ του μάρτυρα, της μεταχείρισης A (Μεταχ. A) που δέχτηκε διαφυλλικούς ψεκασμούς με ασβέστιο Theocal και με οργανική ουσία Theofast, και της μεταχείρισης B (Μεταχ. B) που δέχτηκε διαφυλλικούς ψεκασμούς με τα ανωτέρω και με άζωτο Theohealth. Φαίνονται οι μέσοι όροι έξι επαναλήψεων, καθώς και οι τυπικές αποκλίσεις τους.

	Χλωροφ. a (mgm⁻²)	Χλωροφ. b (mgm⁻²)	Συνολ. Χλωροφ. (mgm⁻²)
Μάρτυρας	418,7±55,4	141,5±22,0	560,2±77,3
Μεταχ. A	533,2±36,9	185,0±16,5	718,2±53,0
Μεταχ. B	526,2±23,9	177,5±8,1	703,8±30,3

4.2 Διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων ως προς την ποιότητα των καρπών

Οι καρποί που προήλθαν από τα δένδρα της μεταχείρισης A είχαν μικρότερο βάρος (είτε το μέσο όρο των 7 καρπών-επαναλήψεων είτε το βάρος του μέγιστου αυτών) από τους καρπούς του μάρτυρα (Πίν. 4.4). Οι καρποί της μεταχείρισης B είχαν παρόμοιο βάρος, αν και λίγο μικρότερο, με τους καρπούς του μάρτυρα (Πίν. 4.4). Οι καρποί της μεταχείρισης A είχαν λίγο μικρότερο (όχι σημαντικά) βάρος από τους καρπούς της μεταχείρισης B (Πίν. 4.4). Οι καρποί του μάρτυρα, της μεταχείρισης A και της μεταχείρισης B είχαν παρόμοιο χρώμα φλοιού μεταξύ τους (Πίν. 4.4). Διαφορά υπήρξε ως προς την καθαρότητα του χρώματος (παράμετρος C*) των καρπών, όπου οι καρποί της μεταχείρισης A και της μεταχείρισης B είχαν σημαντικά πιο καθαρό δηλαδή όχι τόσο σκούρο κόκκινο χρώμα φλοιού σε σχέση με τους καρπούς του μάρτυρα (Πίν. 4.4). Οι καρποί της μεταχείρισης A είχαν παρόμοιο, αν και λίγο πιο καθαρό, κόκκινο χρώμα με τους καρπούς της μεταχείρισης B (Πίν. 4.4).

Πίνακας 4.4 Μεταβολές καρπών ως προς το βάρος του ενός (μέσος όρος των 7 καρπών-επαναλήψεων) (Βαρ. Καρπ.), ως προς το βάρος του μεγαλύτερου καρπού (Βαρ. Μεγ. Καρπ.) και ως προς τις παραμέτρους χρώματος φλοιού L*, C* και γωνίας Hue μήλων “Red Chief” μεταξύ του μάρτυρα, της μεταχείρισης A (Μεταχ. A) που δέχτηκε διαφυλλικούς ψεκασμούς με ασβέστιο Theocal και με οργανική ουσία Theofast, και της μεταχείρισης B (Μεταχ. B) που δέχτηκε διαφυλλικούς ψεκασμούς με τα ανωτέρω και με άζωτο Theohealth. Φαίνονται οι μέσοι όροι έξι επαναλήψεων, καθώς και οι τυπικές αποκλίσεις τους.

	Βάρ. Καρπ. (g)	Βάρ. Μεγ. Καρπ. (g)	L*	C*	Hue (°)
Μάρτυρας	217,3±13,4	264,4±20,3	42,2±3,2	26,3±0,9	32,6±6,7
Μεταχ. A	203,8±10,7	239,5±16,5	41,0±4,2	30,3±1,1	28,5±4,5
Μεταχ. B	209,9±9,9	247,9±20,4	42,9±4,9	28,6±2,1	32,1±6,3

Επιπλέον, οι καρποί της μεταχείρισης A και της μεταχείρισης B είχαν παρόμοια οργανοληπτικά χαρακτηριστικά με τους καρπούς του μάρτυρα (Πίν. 4.5). Δηλαδή, τα διαλυτά στερεά συστατικά (ΔΣΣ), το pH, η οξύτητα χυμού, καθώς και η σκληρότητα σάρκας παρουσίασαν παρόμοιες τιμές μεταξύ των τριών μεταχειρίσεων (Πίν. 4.5).

Πίνακας 4.5 Μεταβολές της σκληρότητας της σάρκας (Σκληρ. Καρπ.), των διαλυτών στερεών συστατικών (ΔΣΣ), του pH και της ογκομετρούμενης οξύτητας (ΟΟ) του χυμού μήλων “Red Chief” μεταξύ του μάρτυρα, της μεταχείρισης A (Μεταχ. A) που δέχτηκε διαφυλλικούς ψεκασμούς με ασβέστιο Theocal και με οργανική ουσία Theofast, και της μεταχείρισης B (Μεταχ. B) που δέχτηκε διαφυλλικούς ψεκασμούς με τα ανωτέρω και με άζωτο Theohealth. Φαίνονται οι μέσοι όροι έξι επαναλήψεων, καθώς και οι τυπικές αποκλίσεις τους.

	Σκληρ.Καρπ. (kgF)	ΔΣΣ (%)	pH	ΟΟ (% μηλικό)
Μάρτυρας	7,84±0,25	11,1±0,8	3,05±0,24	0,32±0,06
Μεταχ. A	7,99±0,15	11,7±0,6	2,92±0,12	0,27±0,03
Μεταχ. B	7,88±0,27	11,3±0,5	2,92±0,12	0,31±0,03

Όσον αφορά τη συγκέντρωση των ολικών φαινολικών παρατηρήθηκε ότι οι καρποί του μάρτυρα και της μεταχείρισης A είχαν υψηλότερη συγκέντρωση ολικών φαινολικών από τους καρπούς της μεταχείρισης B (Πίν. 4.6). Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στη συγκέντρωση ολικών φαινολικών της μεταχείρισης A και του μάρτυρα (Πίν. 4.6). Οι καρποί της μεταχείρισης A παρουσίασαν υψηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα DPPH σε σχέση με το μάρτυρα και τη μεταχείριση B χωρίς τα μήλα των δύο τελευταίων μεταχειρίσεων να διαφέρουν μεταξύ τους (Πίν. 4.6). Τέλος, οι καρποί της μεταχείρισης A και της μεταχείρισης B είχαν παρόμοια αντιοξειδωτική ικανότητα FRAP με τους καρπούς του μάρτυρα (Πίν. 4.6).

Πίνακας 4.6 Μεταβολές της συγκέντρωσης των ολικών φαινολικών (Συγκ. Ολικ. Φαιν.) και της αντιοξειδωτικής ικανότητας, που ποσοτικοποιήθηκε με τις μεθόδους DPPH και FRAP, στο χυμό μήλων που προήλθαν από δένδρα “Red Chief” μεταξύ του μάρτυρα, της μεταχείρισης A (Μεταχ. Α) που δέχτηκε διαφυλλικούς ψεκασμούς με ασβέστιο Theocal και με οργανική ουσία Theofast, και της μεταχείρισης B (Μεταχ. Β) που δέχτηκε διαφυλλικούς ψεκασμούς με τα ανωτέρω και με άζωτο Theohealth. Φαίνονται οι μέσοι όροι έξι επαναλήψεων, καθώς και οι τυπικές αποκλίσεις τους.

		DPPH	FRAP
	Συγκ. Ολικ. Φαιν.	($\mu\text{mol ascorbic acid/}$	($\mu\text{mol ascorbic acid/}$
	(mgGallicacid/gfw)	g fw)	g fw)
Μάρτυρας	0,85±0,05	3,93±0,24	3,35±0,22
Μεταχ. Α	0,88±0,08	4,20±0,24	3,73±0,42
Μεταχ. Β	0,76±0,03	3,94±0,20	3,46±0,30

4.3 Διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων στους βλαστούς των κλαδευτικών

Η διάμετρος του κορμού των δένδρων του μάρτυρα, της μεταχείρισης Α και της μεταχείρισης Β ήταν παρόμοια (Πίν. 4.7). Προφανώς, σε παρόμοιες τιμές κυμαίνονταν και η επιφάνεια διατομής των κορμών και στις τρεις μεταχειρίσεις (Πίν. 4.7). Το βάρος των ετήσιων βλαστών των δένδρων της μεταχείρισης Α μειώθηκε σημαντικά σε σχέση με το βάρος των ετήσιων βλαστών των δένδρων του μάρτυρα (Πίν. 4.8). Όσον αφορά τη μεταχείριση Β, το βάρος των ετήσιων βλαστών των δένδρων της ήταν παρόμοιο, αν και λίγο μικρότερο, με το βάρος των ετήσιων βλαστών του μάρτυρα. Επίσης, το βάρος των ετήσιων βλαστών των δένδρων της μεταχείρισης Β ήταν λίγο μεγαλύτερο από το βάρος των ετήσιων βλαστών της μεταχείρισης Α (Πίν. 4.8). Το νωπό βάρος των ετήσιων βλαστών ανά μονάδα επιφάνειας διατομής κορμού των δένδρων της μεταχείρισης Α και της μεταχείρισης Β μειώθηκε αλλά όχι σημαντικά σε σχέση με το μάρτυρα, καθώς ο μάρτυρας είχε υψηλή παραλλακτικότητα (Πίν. 4.8). Τέλος, το ποσοστό ξηράς ουσίας των βλαστών

των δένδρων της μεταχείρισης A και της μεταχείρισης B παρέμεινε παρόμοιο τόσο μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων όσο και σε σχέση με το μάρτυρα (Πίν. 4.8). Στους παλαιότερους βλαστούς βρέθηκε μεγάλη παραλλακτικότητα μεταξύ των δέντρων και καμία σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών μεταχειρίσεων (αποτελέσματα δεν παρουσιάζονται).

Πίνακας 4.7 Διαφοροποίηση της διαμέτρου (Διάμετρ. κορμού) και της επιφάνειας διατομής (TCSA) των κορμών των δένδρων μηλιάς “Red Chief” μεταξύ του μάρτυρα, της μεταχείρισης A (Μεταχ. A) που δέχτηκε διαφυλλικούς ψεκασμούς με ασβέστιο Theocal και με οργανική ουσία Theofast, και της μεταχείρισης B (Μεταχ. B) που δέχτηκε διαφυλλικούς ψεκασμούς με τα ανωτέρω και με άζωτο Theohealth. Φαίνονται οι μέσοι όροι έξι επαναλήψεων, καθώς και οι τυπικές αποκλίσεις τους.

	Διάμετρ. Κορμού (cm)	TCSA (cm²)
Μάρτυρας	12,26±1,75	120,07±34,64
Μεταχ. A	12,26±1,60	119,66±29,12
Μεταχ. B	12,53±2,00	125,80±39,31

Πίνακας 4.8 Μεταβολές των βλαστών μηλιάς “Red Chief” ως προς το νωπό βάρος των ετήσιων (Νωπό Βαρ. Ετησ.), το νωπό βάρος των ετήσιων ανά μονάδα επιφάνειας διατομής κορμού (Νωπ. Βάρ. Ετ./TCSA) και το ποσοστό ξηράς ουσίας αυτών μεταξύ του μάρτυρα, της μεταχείρισης A (Μεταχ. A) που δέχτηκε διαφυλλικούς ψεκασμούς με ασβέστιο Theocal και με οργανική ουσία Theofast, και της μεταχείρισης B (Μεταχ. B) που δέχτηκε διαφυλλικούς ψεκασμούς με τα ανωτέρω και με άζωτο Theohealth. Φαίνονται οι μέσοι όροι έξι επαναλήψεων, καθώς και οι τυπικές αποκλίσεις τους.

	Νωπό Βάρ. Ετησ. (kg)	Νωπ. Βάρ. Ετ./TCSA (gcm⁻²)	Ξηρά Ουσία (%)
Μάρτυρας	1,60±0,50	14,08±6,52	53,50±1,03
Μεταχ. A	1,03±0,36	9,05±3,40	53,07±0,92
Μεταχ. B	1,38±0,80	11,93±9,01	53,19±1,47

4.4 Αποτελέσματα φυλλοδιαγνωστικής

Με βάση τα αποτελέσματα, όσον αφορά τα μακροθρεπτικά στοιχεία, το άζωτο στα φύλλα ήταν σε επάρκεια και παρόμοιο σε όλες τις μεταχειρίσεις με ελαφρά αύξηση στη μεταχείριση Α και στη μεταχείριση Β (Πίν. 4.9). Ο φώσφορος βρέθηκε και αυτός σε επάρκεια και στις τρεις μεταχειρίσεις όμως μειώθηκε με τους ψεκασμούς σε σχέση με το μάρτυρα (Πίν. 4.9). Στο μάρτυρα και στη μεταχείριση Β το κάλιο βρέθηκε ανάμεσα στα πλαίσια επάρκειας, ενώ στη μεταχείριση Α ήταν ανεπαρκές (Πίν. 4.9). Το ασβέστιο και το μαγνήσιο σε όλες τις μεταχειρίσεις ήταν σε ανεπάρκεια χωρίς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων (Πίν. 4.9).

Πίνακας 4.9 Διαφορές στις συγκεντρώσεις των μακροθρεπτικών στοιχείων αζώτου (N), φωσφόρου (P), καλίου (K), ασβεστίου (Ca) και μαγνησίου (Mg) στα φύλλα μηλιάς “Red Chief” μεταξύ του μάρτυρα, της μεταχείρισης Α (Μεταχ. Α) που δέχτηκε διαφυλλικούς ψεκασμούς με ασβέστιο Theocal και με οργανική ουσία Theofast, και της μεταχείρισης Β (Μεταχ. Β) που δέχτηκε διαφυλλικούς ψεκασμούς με τα ανωτέρω και με άζωτο Theohealth καθώς και οι τιμές επάρκειας των στοιχείων.

	N (gkg⁻¹)	P (gkg⁻¹)	K (gkg⁻¹)	Ca (gkg⁻¹)	Mg (gkg⁻¹)
Μάρτυρας	23,00	2,06	16,05	5,55	2,20
Μεταχ. Α	24,05	1,80	11,05	6,00	2,20
Μεταχ. Β	25,05	1,80	15,60	5,75	2,15
Επάρκεια					
Στοιχείων	19-26	1-4	12-20	8-16	2,5-4,5

Όσον αφορά τα μικροθρεπτικά στοιχεία, εμφανίστηκε επάρκεια στο χαλκό με ελαφρά αύξηση στη μεταχείριση Α και στη μεταχείριση Β σε σχέση με τον μάρτυρα (Πίν. 4.10). Ο ψευδάργυρος και το βόριο βρέθηκαν σε ανεπάρκεια και στις τρεις μεταχειρίσεις χωρίς διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων (Πίν. 4.10). Αντίθετα, ο σίδηρος εμφανίστηκε σε επάρκεια με μία μικρή αύξηση στη μεταχείριση Α σε σχέση με το μάρτυρα και τη μεταχείριση Β (Πίν. 4.10). Τέλος, επαρκές ήταν και το μαγγάνιο με αύξηση στα ψεκασμένα, και ιδιαίτερα στη μεταχείριση Α, σε σχέση με το μάρτυρα (Πίν. 4.10).

Πίνακας 4.10 Διαφορές στις συγκεντρώσεις των μικροθρεπτικών στοιχείων χαλκού (Cu), ψευδαργύρου (Zn), σιδήρου (Fe), μαγγανίου (Mn) και βορίου (B) στα φύλλα μηλιάς “Red Chief” μεταξύ του μάρτυρα, της μεταχείρισης A (Μεταχ. Α) που δέχτηκε διαφυλλικούς ψεκασμούς με ασβέστιο Theocal και με οργανική ουσία Theofast, και της μεταχείρισης B (Μεταχ. Β) που δέχτηκε διαφυλλικούς ψεκασμούς με τα ανωτέρω και με άζωτο Theohealth καθώς και οι τιμές επάρκειας των στοιχείων.

	Cu (mgkg⁻¹)	Zn (mgkg⁻¹)	Fe (mgkg⁻¹)	Mn (mgkg⁻¹)	B (mgkg⁻¹)
Μάρτυρας	7,3	12,6	62,2	65,7	22,5
Μεταχ. Α	8,9	13,7	66,4	79,7	22,0
Μεταχ. Β	9,5	13,1	60,9	72,1	23,5
Επάρκεια					
Στοιχείων	6-25	20-100	50-300	25-200	25-50

Κεφάλαιο 5: Συζήτηση

5.1 Χαρακτηριστικά φύλλων

Η διαφυλλική εφαρμογή ασβεστίου βρέθηκε να βελτιώνει την συγκέντρωση χλωροφύλλης στα φύλλα είτε εφαρμόστηκε μαζί με εξτρά άζωτο είτε όχι. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τα ψεκασμένα φύλλα να έχουν πιο έντονο πράσινο χρώμα. Ομοίως φύλλα εσπεριδοειδών εμφάνισαν χλωρωτικά συμπτώματα σε χαμηλά επίπεδα ασβεστίου, καθώς μειώθηκαν τα επίπεδα της χλωροφύλλης (Lavon et al., 1999). Το ασβέστιο δεν απαιτείται άμεσα για την σύνθεση της χλωροφύλλης αλλά ελέγχει και τροποποιεί την πρόσληψη σημαντικών ιόντων που σχετίζονται με αυτή, όπως το άζωτο και το μαγνήσιο. Το μαγνήσιο ήταν σε ανεπάρκεια και αυτό μπορεί να προκαλέσει μείωση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης. Σε αυτές τις συνθήκες η αύξηση της χλωροφύλλης με το συγκεκριμένο σκεύασμα και τα βοηθητικά του παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Παρά το γεγονός αυτό όμως η βελτίωση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης δεν έδειξε σημαντική βελτίωση στο δείκτη καλής λειτουργίας των φύλλων, που είναι το ειδικό βάρος φύλλων, ούτε και στο ποσοστό % ξηράς ουσίας στα φύλλα, εν αντιθέσει με το ξηρό βάρος των φύλλων τα οποία προήλθαν από δένδρα ‘Golden Delicious’ που φαίνεται να βελτιώθηκε με την προσθήκη αζώτου (Strissel et al., 2005).

5.2 Ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών

Οι επανειλημμένες διαφυλλικές εφαρμογές ασβεστίου θεωρούνται ότι είναι απαραίτητες στη σύγχρονη μηλοκαλλιέργεια για την παραγωγή υγιών, καλής ποιότητας και συντηρησιμότητας μήλων. Η αύξηση του ασβεστίου εντός των καρπών δεν είναι εύκολη. Πολλοί θεωρούν ότι το εδαφικό ασβέστιο μέσω των αγγείων του ξύλου μεταφέρεται στους καρπούς με τη διαπνοή τους (Blevins, 1994). Προφανώς αυτή η μετακίνηση γίνεται κύρια στα νεαρά καρπίδια. Η μετακίνηση με το φλοίωμα (μέσω του ηθμού) από τα φύλλα στον καρπό είναι θεωρητικά μηδαμινή (Blevins, 1994). Γι’ αυτό από νωρίς στην ανάπτυξη του καρπιδίου γίνονται διαφυλλικές εφαρμογές ασβεστίου για το λούσιμο των καρπιδίων με διάλυμα ασβεστίου και τη μερική του απορρόφηση από τον καρπό. Η μορφή του σκευάσματος ασβεστίου και

τυχόν βοηθητικές ουσίες βοηθούν θεωρητικά στην απορρόφηση του ασβεστίου από τους φυτικούς ιστούς, συμπεριλαμβανομένων και των καρπών. Η αύξηση της συγκέντρωσης ασβεστίου στους φυτικούς ιστούς σημαίνει και αύξηση της αντοχής στη βιοτική καταπόνηση από μύκητες και βακτήρια (ισχυροποιείται το κυτταρικό τοίχωμα) και στη θερμική καταπόνηση, αλλά και αύξηση της αντοχής στο μαλάκωμα της σάρκας στους καρπούς κατά τη διακίνηση και συντήρησή τους (Himelrick and McDuffie, 1983, Conway, 1994).

Μετά από καταγραφή του μεγέθους των καρπών παρατηρήθηκε ότι ο μάρτυρας κατείχε τους μεγαλύτερους καρπούς. Αυτό αποδεικνύει ότι οι ψεκασμοί ασβεστίου και αζώτου μείωσαν το μέγεθος των καρπών, σε αντίθεση με τους Raese and Drake (1997) που παρατήρησαν ότι προσθήκη αζώτου αύξησε το μέγεθος των καρπών 'Fuji'. Μεταβολή όμως παρουσιάστηκε και στον χρωματισμό τους καθώς το χρώμα τους ήταν πιο καθαρό και όχι τόσο σκούρο κόκκινο όπως του μάρτυρα. Ελκυστικότερο χρώμα, επίσης, παρατηρήθηκε και σε μήλα 'Royal Delicious' που εφοδιάστηκαν με ασβέστιο (Sharma et al., 2013). Αντίθετα, προσθήκη αζώτου φαίνεται να προκάλεσε μείωση στον κόκκινο χρωματισμό των μήλων 'Fuji' (Raese and Drake, 1997) και στον κίτρινο χρωματισμό των μήλων 'Golden Delicious' (Hansen, 1980). Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, όπως η οξύτητα, η σκληρότητα της σάρκας και τα διαλυτά στερεά συστατικά δεν μεταβλήθηκαν από τους ψεκασμούς. Αντίθετα, σύμφωνα με τους Sharma et al. (2013) η προσθήκη ασβεστίου στους καρπούς μηλιάς 'Royal Delicious' αύξησε την σκληρότητα της σάρκας, την οξύτητα και τα ολικά διαλυτά στερεά συστατικά. Επιπρόσθετα, η προσθήκη αζώτου στη μεταχείριση B φαίνεται να μείωσε την συγκέντρωση των ολικών φαινολικών καθώς ο μάρτυρας και η μεταχείριση A είχαν μεγαλύτερες τιμές. Ο ψεκασμός με οργανική ουσία και ασβέστιο αύξησε την αντιοξειδωτική ικανότητα DPPH ενώ και οι τρεις μεταχειρίσεις παρουσίασαν παρόμοια αντιοξειδωτική ικανότητα FRAP. Παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάστηκαν και από τους Ranjbar et al. (2018) καθώς η προσθήκη γλωριούχου ασβεστίου στα μήλα 'Red Delicious' την συγκέντρωση φαινολικών και την ολική αντιοξειδωτική δράση.

5.3 Χαρακτηριστικά βλαστών

Οι διαφυλλικοί ψεκασμοί με ασβέστιο είχαν σαν αποτέλεσμα τη μερική (όταν εφαρμόστηκε και άζωτο) ή σημαντική μείωση της ετήσιας βλαστικής ανάπτυξης χωρίς αλλαγή στη συγκέντρωση ξηράς ουσίας. Άρα μειώθηκε η συνολική ξηρά ουσία που μετακινήθηκε στην ετήσια βλάστηση. Αντίθετα, σύμφωνα με τους Strissel et al. (2005) η προσθήκη αζώτου σε δένδρα ‘Golden Delicious’ προκάλεσε περαιτέρω ανάπτυξη των βλαστών. Προφανώς η μορφή που εφαρμόστηκε στην παρούσα εργασία να έχει αυτό το σημαντικό θετικό χαρακτηριστικό της μείωσης της βλαστικής ανάπτυξης.

5.4 Φυλλοδιαγνωστική

Το σκεύασμα σε οργανική μορφή ασβεστίου σε συνδυασμό με πρόσθετα που θεωρητικά βοηθούν στην απορρόφηση του ασβεστίου από τους ιστούς, που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη, δεν βρέθηκε να βελτιώνει τη θρέψη των φύλλων σε ασβέστιο, που ήταν ελλειμματική, ούτε και την ποιότητα των καρπών σε κάποιο βαθμό. Τα φύλλα των δέντρων όλων των μεταχειρίσεων ήταν ελλειμματικά σε ασβέστιο, ψευδάργυρο και βόριο. Αυτό μπορεί να συνετέλεσε στη μειωμένη αντίδραση στις εφαρμογές σχετικά με την ποιότητα των καρπών. Αντίθετα, σύμφωνα με τους Raese and Drake (1997) προσθήκη αζώτου σε μήλα ‘Fuji’ αύξησαν τις ποσότητες καλίου, ασβεστίου, μαγνησίου και βορίου στα φύλλα, ενώ μείωσαν τις ποσότητες σιδήρου και ψευδαργύρου. Βέβαια, η έλλειψη ψευδαργύρου και βορίου δεν σχετίζεται με την ποιότητα καρπού, αλλά ήταν πιθανόν τα δέντρα να ήταν περιορισμένης δυνατότητας λειτουργίας λόγω των συγκεκριμένων ελλείψεων. Από την άλλη μεριά, φαίνεται ότι η συγκεκριμένη μορφή ασβεστίου που εφαρμόστηκε στην παρούσα μελέτη δεν είναι αποτελεσματική στην απορρόφηση ή και διατήρηση στους ιστούς που απορροφάται (εδώ μετρήθηκαν μόνο τα φύλλα), καθώς το ασβέστιο δεν μετακινείται στο φλοιό ούτε μετακινείται από τα κύτταρα του φύλλου στο φλοιό και σε άλλα σημεία του δέντρου.

Τα αποτελέσματα της φυλλοδιαγνωστικής έδειξαν ότι οι ψεκασμοί αύξησαν την συγκέντρωση του αζώτου, του χαλκού και του μαγγανίου στα φύλλα σε σχέση με το μάρτυρα, ενώ αντίθετα μείωσαν την ποσότητα του φωσφόρου. Ίδια αποτελέσματα παρουσιάστηκαν και σε δένδρα ‘Fuji’ στα οποία πραγματοποιήθηκε ψεκασμός με άζωτο (Raese and Drake, 1997) καθώς και σε δένδρα ‘Jonathan’ στα οποία

προκλήθηκε με την προσθήκη γλωριούχου ασβεστίου αύξηση στα στοιχεία άζωτο, μαγνήσιο, κάλιο και φώσφορο (Kadir, 2005). Οι ψεκασμοί με άζωτο και οργανική ουσία στη μεταχείριση Α φαίνεται να επηρέασαν τις ποσότητες του καλίου και του σιδήρου, καθώς στο πρώτο παρατηρήθηκε μείωση σε επίπεδο ανεπάρκειας, ενώ στο δεύτερο παρατηρήθηκε αύξηση σε σχέση με το μάρτυρα και τη μεταχείριση Β. Ψεκασμοί με άζωτο σε μήλα ‘Golden Delicious’ έδειξε παρόμοια αποτελέσματα καθώς χαμηλή ποσότητα αζώτου προκάλεσε αύξηση των στοιχείων φωσφόρου και καλίου (Hansen, 1980).

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η μεταβολή των ανόργανων στοιχείων καλίου και ασβεστίου στα φύλλα. Με τους διαφυλλικούς ψεκασμούς ασβεστίου αυξήθηκε μερικώς το ασβέστιο στα φύλλα (παρέμειναν σε επίπεδα έλλειψης) και παράλληλα μειώθηκε ελαφρά η συγκέντρωση καλίου σε αυτά προκαλώντας έλλειψη. Είναι γνωστή η συσχέτιση καλίου-ασβεστίου-μαγνησίου στους φυτικούς ιστούς, καθώς είναι τα κύρια κατιόντα και μπορούν να αντικαθιστούν το ένα το άλλο. Αυτό παρατηρήθηκε στην παρούσα εργασία.

Συμπεράσματα

Το ασβέστιο αποτελεί ένα από τα πιο απαραίτητα στοιχεία για την ομαλή ανάπτυξη ενός μηλεώνα. Παρά το γεγονός αυτό πολύ συχνά λείπει από τους μηλεώνες της Ελλάδας. Για αυτό το λόγο πραγματοποιούνται κατά τη διάρκεια όλης της παραγωγικής ανάπτυξης των δένδρων διαφυλλικοί ψεκασμοί. Θεωρητικά μέσω των διαφυλλικών εφαρμογών ένα οργανικό σκεύασμα ασβεστίου μπορεί να εισέλθει πιο αποτελεσματικά εντός των φυτικών ιστών, με τη βοήθεια, βέβαια, επιπλέον σκευασμάτων. Στην παρούσα εργασία, όμως, δεν κατέστη δυνατόν να βελτιώσει την ανόργανη θρέψη των φύλλων, ούτε και την ποιότητα των καρπών. Ωστόσο, φάνηκε να αυξάνει τη συγκέντρωση χλωροφύλλης στα φύλλα και, εν μέρει, να μειώνει την ετήσια βλάστηση.

Το άζωτο είναι ένα από τα πλέον απαραίτητα στοιχεία για την ανάπτυξη κάθε φυτού και την αύξηση της φυτομάζας του. Διαφυλλικοί ψεκασμοί με άζωτο ταυτόχρονα με τους ψεκασμούς με οργανικό ασβέστιο εμφάνισαν παρόμοια αποτελέσματα με την απλή εφαρμογή οργανικού ασβεστίου χωρίς κάποια ιδιαίτερη μεταβολή τόσο ως προς την θρέψη των φύλλων όσο και ως προς την ποιότητα και την ανάπτυξη των καρπών και των βλαστών, καθώς τα φύλλα περιείχαν επαρκές N.

Βιβλιογραφία

Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία

- Brady C.N. και Weil R.R., 2011. Εδαφολογία: η Φύση και οι Ιδιότητες των Εδαφών. Εκδόσεις Έμβρυο, Αθήνα.
- Βασιλακάκης Δ.Μ., 1991. Στοιχεία Γενικής και Ειδικής Δενδροκομίας. Θεσσαλονίκη 1991
- Βασιλακάκης Δ.Μ., 2016. Γενική και Ειδική Δενδροκομία. Εκδόσεις Γαρταγάνης, Θεσσαλονίκη.
- Θεριός Ν.Ι. και Δημάση-Θεριού Κ., 2013. Ειδική Δενδροκομία - Φυλλοβόλα Οπωροφόρα Δένδρα. Εκδόσεις Γαρταγάνης, Θεσσαλονίκη.
- Κυριάκου Μ. και Κώστα Χ., 2014. Μετασυλλεκτική διαχείριση μήλων. Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Λευκωσία.
- Μαλέας Β., 2016. Επίδραση χρήσης ζεόλιθου ως ενισχυτικού παράγοντα λίπανσης Ν, Ρ και Κ καλλιέργειας μηλιάς. Μεταπτυχιακή Εργασία, Εργ. Εδαφολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.
- Μήτσιος Κ.Ι., 2004. Γονιμότητα Εδαφών. Εκδόσεις Zigmel, Αθήνα.
- Μίχου Ο., 2002. Επίδραση της διαφυλλικής εφαρμογής ασβεστίου στην ποιότητα του καρπού μηλιάς Starking Delicious. Μεταπτυχιακή Εργασία, Εργ. Δενδροκομίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.
- Ποντίκη Α.Κ., 2003. Ειδική Δενδροκομία Μηλοειδή. Εκδόσεις Αθ. Σταμούλη, Αθήνα.

- Τσαπικούνης Α.Φ., 1997. Θρέψη-Λίπανση των Φυτών. Μέρος Β. Εκδόσεις Αθ. Σταμούλη, Αθήνα.
- Τσαπικούνης Α.Φ., 2004. Θρέψη-Λίπανση των Φυτών. Τόμος Α. Εκδόσεις Αθ. Σταμούλη, Αθήνα.

Ξενογλώσση Βιβλιογραφία

- Blevins D.G., 1994. Uptake, translocation and function of essential mineral elements in crop plants. In K.J. Boote, J.M. Bennett, T.R. Sinclair and G.M. Paulsen (eds), Physiology and Determination of Crop Yield. American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Conway W.S., Sams C.E. and Kelman A., 1994. Enhancing the natural resistance of plant tissues to postharvest diseases through Ca applications. HortScience 29(7):751-754.
- Cornille A., Giraud T., Smulders J.M.M., Roldan-Ruiz I. and Gladieux P., 2014. The domestication and evolutionary ecology of apples. Trends Genetics 30:57-65.
- Hansen P., 1980. Yield components and fruit development in ‘Golden Delicious’ apples as affected by the timing of nitrogen supply. Sci.Hortic. 12:243-257.
- Himelrick D.G. and McDuffie R.F., 1983. The calcium cycle: uptake and distribution in apple trees. HortScience 18(2): 147-151.
- Kadir S.A., 2005. Fruit quality at harvest of ‘Jonathan’ apple treated with foliarly-applied calcium chloride. J. Plant Nutr. 27(11):1991-2006.

- Lavon R., Salomon R. and Goldschmidt E.E., 1999. Effect of potassium, magnesium and calcium deficiencies on nitrogen constituents and chloroplast components in citrus leaves. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 124(2):158-162.
- McGuire R.G., 1992. Reporting of objective color measurements. HortScience 27:1254-1255.
- Raese J.T. and Drake S.R., 1997. Nitrogen fertilization and elemental composition affects fruit quality of ‘Fuji’ apples. J. Plant Nutr. 20(12):1797-1809.
- Ranjbar S., Rahemi M. and Ramezani A., 2018. Comparison of nano-calcium and calcium chloride spray on postharvest quality and cell wall enzymes activity in apple cv. Red Delicious. Sci. Hortic. 240:57-64.
- Sharma R.R., Singh D. and Pal R.K., 2013. Synergistic influence of pre-harvest calcium sprays and postharvest hot water treatment on fruit firmness, decay, bitter pit incidence and postharvest quality of Royal Delicious apples (*Malus x domestica* Borkh). Amer. J. Plant Sci. 4(1):153-159.
- Strapatsa V.A., Nanos D.G. and Tsatsarelis A.C., 2006. Energy flow for integrated apple production in Greece. Agric. Ecosystems Environ. 116:176-180.
- Strissel T., Halbwirth H., Hoyer U., Zistler C., Stich K and Treutter D., 2005. Growth-promoting nitrogen nutrition affects flavonoid biosynthesis in young apple (*Malus domestica* Borkh.) leaves. Plant Biol. 7:677-685.
- Wintermans I.F. and Mots A., 1965. Spectrophotometric characteristics of chlorophylls a and b and their pheophytins in ethanol. Bioch. Biophys. Acta 109:448-453.

Διαδικτυακή Βιβλιογραφία

- Διαδικτυακή πηγή 1:

<https://www.ecoblueberries.com/el/knowledge-base/anthokyanines/>

➤ Διαδικτυακή πηγή 2:

<https://www.aua.gr/roussos/Roussos/pdf/Printing%20Lessons/General/Fertilization%202013.pdf>

➤ Διαδικτυακή πηγή 3:

http://www.efthymiadis.gr/inst/redestos/gallery/File/%CE%9A+%CE%9D_%CE%95%CE%A5%CE%98%CE%A5%CE%9C%CE%99%CE%91%CE%94%CE%97_%CE%95%CE%9D%CE%A4%CE%A5%CE%A0%CE%9F%20%CE%91%CE%A3%CE%92%CE%95%CE%A3%CE%A4%CE%99%CE%9F%CE%A5.pdf

➤ Διαδικτυακή πηγή 4:

http://library.tee.gr/digital/m2067/m2067_armatas.pdf