

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

**Σχολή Γεωπονικών Επιστημών
Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής & Αγροτικού Περιβάλλοντος**

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

Εφαρμογή αειφόρου λίπανσης σε εντατική καλλιέργεια καστανιάς

ΙΩΑΝΝΑ Ν. ΤΣΙΝΤΣΙΡΑΚΟΥ

ΒΟΛΟΣ 2014

Εφαρμογή αειφόρου λίπανσης σε εντατική καλλιέργεια καστανιάς

ΙΩANNA N. ΤΣΙΝΤΣΙΡΑΚΟΥ

Μέλη Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής:

1) Γεώργιος Νάνος, Αναπληρωτής Καθηγητής Δενδροκομίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

2) Ανθή Δημήρκου, Καθηγήτρια Εδαφολογίας με έμφαση στη Χημεία εδάφους, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

3) Ευθυμία Λεβίζου, Λέκτορας Φυσιολογίας Φυτών, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Copyright © ΙΩANNA ΤΣΙΝΤΣΙΡΑΚΟΥ, 2014

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

Στην οικογένεια μου

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στον επιβλέποντα Καθηγητή μου κύριο Γεώργιο Νάνο, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος και Διευθυντή του Εργαστηρίου Δενδροκομίας, για την συνολική επιστημονική συμβολή κατά τη διάρκεια της έρευνας και της διεξαγωγής του πειράματος, τις υποδείξεις και τις διορθώσεις κατά τη συγγραφή του κειμένου της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, καθώς, επίσης, και για την παραχώρηση του εργαστηρίου του, ώστε να πραγματοποιηθούν οι απαραίτητες αναλύσεις της παρούσας πτυχιακής.

Ευχαριστώ θερμά την Καθηγήτρια Ανθή Δημήρκου, Καθηγήτρια του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος και διευθύντρια του Εργαστηρίου Εδαφολογίας για την προθυμία της να μου παραχωρήσει το εργαστήριο για τη διεξαγωγή μέρους των μετρήσεων, καθώς και για τη συμμετοχή της στην εξεταστική επιτροπή.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες εκφράζω στην Λέκτορα Ευθυμία Λεβίζου για το ενδιαφέρον, την συμπαράσταση, τις πολύτιμες διορθώσεις της και συμβουλές για την εκπόνηση της μεταπτυχιακής μου διατριβής, αλλά και για τη συμμετοχή της στην Συμβουλευτική επιτροπή.

Ευχαριστώ, επίσης, την Διδάκτωρ Μόλλα Κατερίνα για την βοήθειά της στην υλοποίηση μέρους του πειράματος.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την ηθική τους υποστήριξη όλα τα χρόνια των σπουδών μου, και ιδιαίτερα τον πατέρα μου για την παραχώρηση του καστανεώνα και για την υλική και ηθική συμπαράστασή του και τον αδελφό μου για την ιδιαίτερη υποστήριξή του.

Περίληψη

Σκοπός της εργασίας ήταν η βελτίωση της τοπικά εφαρμοζόμενης λίπανσης της καστανιάς με στόχο τη μείωση των εφαρμοζόμενων λιπαντικών ποσοτήτων, την εφαρμογή κατάλληλων τύπων λιπασμάτων και την καλύτερη κατανομή χρονικά, ανάλογα με τις ανάγκες της καστανιάς. Δύο παρακείμενοι καστανεώνες δέχθηκαν διαφορετική λίπανση το έτος 2013: ο μάρτυρας δέχθηκε την εμπειρική τοπική λίπανση με υψηλή σχετικά προσθήκη αζώτου, ενώ στον άλλον καστανεώνα εφαρμόστηκε αειφόρος λίπανση με βάση την εδαφολογική ανάλυση, την κάλυψη του καστανεώνα με κόμη και την παραγωγικότητα του. Την ίδια περίπου λίπανση δέχτηκαν και τα έτη 2011 και 2012, ενώ εκτελέστηκε κλάδεμα στα δέντρα του μάρτυρα το χειμώνα πριν την καλλιεργητική περίοδο 2013, καθώς η πυκνή βλάστηση λόγω μεγάλου μεγέθους των δέντρων και υψηλής αζωτούχου λίπανσης σκιάζει την κόμη και μειώνει την παραγωγικότητα και ποιότητα καρπών. Τα αποτελέσματα του έτους 2013 συγκρίθηκαν με αυτά των ετών 2011 και 2012. Τα φύλλα από τα δέντρα με ορθολογική λίπανση είχαν υψηλότερο ποσοστό ξηράς ουσίας, ειδικό βάρος, και ολική χλωροφύλλη από τα φύλλα του μάρτυρα το 2013 και τα προηγούμενα έτη. Τα φύλλα του μάρτυρα είχαν καλύτερα χαρακτηριστικά το 2013 σε σχέση με τα προηγούμενα δύο έτη. Επομένως, η πιο ισορροπημένη λίπανση αλλά και το κλάδεμα έκανε τα φύλλα πιο ικανά να παράγουν φωτοσυνθετικά προϊόντα. Η παραγωγικότητα καρπών είτε ανά μονάδα επιφάνειας διατομής κορμού είτε ανά μονάδα επιφάνειας εδάφους καλυπτόμενου από την κόμη δεν επηρεάστηκε ουσιαστικά από τη λίπανση. Η ποιότητα του καρπού των δέντρων με αειφόρο λίπανση (μέγεθος καρπού και εδωδιμου τμήματος) ήταν παρόμοια ή και καλύτερη από την ποιότητα των καρπών του μάρτυρα. Βρέθηκε, λοιπόν, ότι η αειφόρος λίπανση, που σημαίνει μια μείωση κυρίως στην εφαρμογή αζώτου έως και 50% στην ποσότητα εφαρμογής του, δεν επηρέασε αρνητικά την παραγωγικότητα των δέντρων καστανιάς και την ποιότητα καρπού. Επίσης, μετρήθηκαν οι συνολικές συγκεντρώσεις ανόργανων στοιχείων στα φύλλα και στους καρπούς των δέντρων των δύο καστανεώνων, με τα φύλλα των δέντρων με αειφόρο λίπανση να έχουν υψηλότερη συγκέντρωση N, Mg, Fe και Zn στα φύλλα και παρόμοια συγκέντρωση K και B με τα φύλλα των δέντρων του μάρτυρα, ενώ οι καρποί των δέντρων με αειφόρο λίπανση είχαν υψηλότερη συγκέντρωση N, Mg, Fe και Mn από τους καρπούς του μάρτυρα. Τέλος, τα φύλλα και

οι καρποί εγκαταλειμμένων δέντρων ήταν υποδεέστερα των καλλιεργούμενων δέντρων και των δύο μεταχειρίσεων μας σε τέτοιο βαθμό ώστε οι καρποί των εγκαταλειμμένων να είναι μη εμπορικοί.

Λέξεις-κλειδιά: *Castanea sativa*, αειφόρος καλλιέργεια, φυσιολογία φυτού, ανόργανη θρέψη, ποιότητα καρπού

Abstract

We studied the improvement of locally applied chestnut tree fertilization to reduce the nutrient quantities used, to apply the proper fertilizer types and to improve the timing of application depending on the chestnut needs over time. Two neighboring intensively cultivated chestnut groves were fertilized over 3 years with sustainable nutrient management (based on soil analysis, soil surface covered by canopy and yield) or the local practices applied (high N inputs, control). Pruning was applied to the control trees before the 3rd year of study to evaluate if shading or the high N availability was the major cause of lower fruit quality and leaf development. The leaves from sustainable fertilization had higher dry matter, specific leaf weight and total chlorophyll than the leaves from control trees. Nut productivity per unit trunk cross-sectional area or per unit soil surface shaded by the canopy was similar in the two experimental chestnut groves. Nuts from the trees with sustainable fertilization had better size and quality than nuts from control trees. Thus, sustainable fertilization did not negatively affect leaf and nut productivity and nut quality with a reduction in the applied N quantities of about 50%. Leaf and nut inorganic analysis also showed that reduction of nutrient application (mainly N) did not negatively affect nutrient content, but, on the contrary, the leaves had higher N, Mg, Fe and Zn and similar K and B to the control leaves. Nuts from sustainable fertilization also had higher N, Mg, Fe and Mn than the control nuts. Finally, leaves and nuts from nearby abandoned chestnut grove were of inferior state and quality (non-salable) compared to the intensively cultivated chestnut groves.

Index words: *Castanea sativa*, sustainable, inorganic plant nutrition, fruit quality

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	13
2.1 Βοτανική ταξινόμηση και περιγραφή.....	13
2.2 Ονομασία, καταγωγή, εξάπλωση	15
2.3 Καλλιέργεια καστανιάς.....	16
2.3.1 Απαιτήσεις σε κλίμα, νερό, έδαφος και θρεπτικά στοιχεία.....	16
2.3.2 Πολλαπλασιασμός και εγκατάσταση της καλλιέργειας της καστανιάς.....	19
2.3.3 Τρόπος καλλιέργειας.....	20
2.3.4 Διαμόρφωση κόμης- Κλάδεμα.....	21
2.4 Εχθροί και ασθένειες της καστανιάς.....	23
2.5 Φυσιολογία φύλλου.....	24
2.5.1 Φωτοσύνθεση.....	25
2.5.1.1 Παράγοντες που τροποποιούν το ρυθμό της φωτοσύνθεσης.....	27
2.5.2 Διαπνοή.....	29
2.5.3 Ξηρά ουσία.....	29
2.5.4 Ειδικό βάρος φύλλων.....	31
2.6 Ορθή διαχείριση της πρακτικής της λίπανσης.....	31
2.7 Θρέψη- Λίπανση φυτών.....	33
2.7.1 Φυσιολογική σημασία των θρεπτικών στοιχείων.....	33
2.7.2 Θρέψη φυτών. Πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων από το εδαφικό διάλυμα και από την ατμόσφαιρα.....	34
2.7.3 Απώλειες θρεπτικών στοιχείων.....	36
2.7.4 Φυλλοδιαγνωστική.....	38
2.7.5 Λίπανση καλλιεργειών.....	39

2.7.6 Λίπανση της καστανιάς.....	40
2.7.7 Λίπανση καστανεώνα από την εγκατάσταση έως την πλήρη απόδοση των δέντρων	42
2.8 Παραγωγικότητα.....	44
2.8.1 Η φυτική κόμη της καλλιέργειας- Φυτοκάλυψη.....	45
2.8.2 Δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI).....	46
2.8.3 Ηλικία δέντρων.....	47
2.9 Ποιότητα καρπού.....	47
2.10 Συγκομιδή- Συντήρηση καρπών.....	50
3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	52
3.1 Καθορισμός δέντρων δειγματοληψίας.....	52
3.2 Περιγραφή πειραματικών καστανεώνων.....	55
3.3 Εφαρμογές λιπαντικών μονάδων στους δύο καστανεώνες.....	56
3.4 Λεπτομερής καταγραφή των καλλιεργητικών φροντίδων στους δύο καστανεώνες τα τρία έτη μελέτης.....	59
3.5 Μετρήσεις pH, αγωγιμότητας του εδάφους και θρεπτικών στοιχείων πριν την εφαρμογή λίπανσης.....	61
3.6 Εδαφολογική ανάλυση μετά τη συγκομιδή.....	62
3.7 Συγκομιδές και μετρήσεις παραγωγής.....	65
3.8 Ποιότητα καρπού.....	66
3.9 Μετρήσεις ξηράς ουσίας, ειδικού βάρους και χλωροφύλλης φύλλων.....	66
3.10 Προσδιορισμός της ολικής συγκέντρωσης των ανόργανων στοιχείων σε φυτικά δείγματα και στους καρπούς με τη μέθοδο της ξηρής καύσης.....	68
3.11 Στατιστική ανάλυση.....	70
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	71
4.1 Φυσιολογικά χαρακτηριστικά φύλλων καστανιάς.....	73
4.1.1 Επίδραση μεταχειρίσεων στην ξηρά ουσία, στο ειδικό βάρος και στην	

ειδική φυλλική επιφάνεια των φύλλων καστανιάς.....	73
4.1.2 Επίδραση μεταχειρίσεων στη συνολική χλωροφύλλη φύλλων καστανιάς...	76
4.1.3 Επίδραση των διαφορετικών λιπάνσεων στη θρέψη των φύλλων.....	80
4.1.4 Φυσιολογικά χαρακτηριστικά φύλλων από εγκαταλειμμένα δέντρα καστανιάς.....	82
4.1.5 Συγκέντρωση ανόργανων στοιχείων στα φύλλα εγκαταλειμμένων δέντρων και των καστανεώνων μάρτυρα και με αειφόρο λίπανση.....	87
4.2 Επίδραση των διαφορετικών λιπάνσεων στην παραγωγικότητα των δέντρων καστανιάς.....	88
4.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών καστανιάς.....	92
4.3.1 Επίδραση διαφορετικών λιπάνσεων στην ποιότητα των καρπών.....	92
4.3.2 Επίδραση διαφορετικών λιπάνσεων στη συγκέντρωση ανόργανων στοιχείων στους καρπούς καστανιάς.....	98
4.3.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών από εγκαταλειμμένα δέντρα καστανιάς της περιοχής Μελίβοιας Λάρισας.....	99
4.3.4 Συγκέντρωση ανόργανων στοιχείων στους καρπούς εγκαταλειμμένων δέντρων και των καστανεώνων μάρτυρα και με αειφόρο λίπανση.....	104
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	111
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	122
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	123
Φωτογραφίες δέντρων από τον πειραματικό καστανεώνα.....	130
Φωτογραφίες δέντρων από τον καστανεώνα μάρτυρα.....	131
Φωτογραφίες από τον εγκαταλειμμένο καστανεώνα.....	133

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συστηματική καλλιέργεια της καστανιάς για παραγωγή καρπών και ξύλου ξεκίνησε από το μεσαίωνα και εξακολουθεί να αναπτύσσεται και να παρουσιάζει σημαντική δυναμική ιδιαίτερα σε ορεινές και ημιορεινές περιοχές. Η εντατική καλλιέργεια της καστανιάς για μεγαλύτερη παραγωγή και καλύτερου ποιοτικά καρπού είχε ως αποτέλεσμα την εφαρμογή υπερβολικών ποσοτήτων λιπαντικών μονάδων, οι οποίες δεν ήταν απαραίτητες για τη θρέψη των δέντρων. Συνεπώς, η έλλειψη ενημέρωσης για την ορθολογική διαχείριση της πρακτικής της λίπανσης έχει ως αποτέλεσμα τόσο το υψηλό κόστος παραγωγής, λόγω των υψηλών τιμών λιπασμάτων, αλλά και αυξημένες απώλειες λιπασμάτων στο περιβάλλον λόγω έκπλυσης.

Για την επίτευξη υψηλών και σταθερών αποδόσεων οι ετήσιες καλλιεργητικές φροντίδες είναι απαραίτητες για την καστανιά. Το σωστό κλάδεμα διαμόρφωσης, για τον καλό αερισμό και φωτισμό της κόμης, σε συνδυασμό με μια επιμελημένη καλλιέργεια και κατάλληλη λίπανση, εξασφαλίζει γρήγορη είσοδο του δέντρου στην καρποφορία, από τον 4^ο- 6^ο χρόνο, και σταθερά υψηλή παραγωγή κατά τη διάρκεια της παραγωγικής ζωής του δέντρου. Επίσης, σημαντικό χαρακτηριστικό στην καλλιέργεια της καστανιάς είναι η παραγωγή υψηλής ποιότητας και μεγάλου μεγέθους καρπού, που επιτυγχάνεται με εφαρμογή λιπασμάτων και κυρίως αζώτου. Η εφαρμογή του αζώτου είναι ιδιαίτερα σημαντική, αφού η καστανιά αντιδρά ιδιαίτερα στην αζωτούχο λίπανση δίνοντας έντονη βλάστηση, υψηλό ποσοστό τέλειων θηλυκών ανθέων, υψηλή καρπόδεση και καλή καρποφορία.

Για την ορθή πρακτική της λίπανσης της καστανιάς είναι απαραίτητο να εφαρμόζεται ο κατάλληλος τύπος λιπάσματος, σε σωστή ποσότητα, ανάλογα με τις ανάγκες της καλλιέργειας και του εδάφους, την εποχή που η καλλιέργεια έχει τις μεγαλύτερες απαιτήσεις σε θρεπτικά και στο σωστό μέρος ώστε τα θρεπτικά να είναι διαθέσιμα στα φυτά.

Στην Ελλάδα, παρατηρείται μια σχεδόν πλήρης έλλειψη πειραματικών δεδομένων για τις ανάγκες του δέντρου σε λιπαντικά στοιχεία. Έτσι, σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η αειφόρος λίπανση της καστανιάς με βάση τα παγκόσμια πειραματικά δεδομένα δίνοντας, έμφαση, στην ορθολογική διαχείριση της πρακτικής της. Συγκεκριμένα εφαρμόστηκαν οι ποσότητες των θρεπτικών στοιχείων που έχει

ανάγκη η καστανιά, με τον κατάλληλο τύπο λιπάσματος (καταλληλότητα για τα εδάφη που καλλιεργείται η καστανιά με στόχο την οικονομικότητα) και την εποχή που οι ανάγκες τις καστανιάς είναι αυξημένες (περίοδος βλάστησης, άνθιση, εποχή τελικής ανάπτυξης του καρπού). Επίσης, σκοπός της μελέτης ήταν η αξιολόγηση μερικών φυσιολογικών χαρακτηριστικών των φύλλων, ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών και προσδιορισμός των ανόργανων στοιχείων στα φύλλα και στους καρπούς δέντρων καστανιάς σαν αποτέλεσμα της ορθολογικής λίπανσης. Τέλος, αξιολογήθηκαν ορισμένα φυσιολογικά χαρακτηριστικά φύλλων και ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών από εγκαταλειμμένα δέντρα και συγκρίθηκαν με τα αντίστοιχα αποτελέσματα των καλλιεργούμενων πειραματικών δέντρων.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Βοτανική ταξινόμηση και περιγραφή

Η καστανιά, ανήκει στην κλάση των Δικοτυλήδονων, στην τάξη των Fagales και στην οικογένεια των Φηγίδων, Fagaceae¹. Το γένος *Castanea* περιλαμβάνει συνολικά 13 είδη φυλλοβόλων δέντρων, από τα οποία οικονομικό ενδιαφέρον παρουσιάζουν μόνο: η Ιαπωνική καστανιά, *Castanea crenata*, η Κινέζικη καστανιά, *Castanea mollissima*, η Αμερικάνικη καστανιά, *Castanea dentata* και η Ευρωπαϊκή καστανιά, *Castanea sativa*.

Η Ευρωπαϊκή καστανιά, *Castanea sativa*, είναι δέντρο φυλλοβόλο, αιωνόβιο, με ύψος έως 35 μέτρα και διάμετρο κορμού έως και 2 μέτρα. Ευδοκimeί σε ορεινές και ημιορεινές περιοχές, σε υψόμετρο από 300 έως 700 μέτρα². Η εμφάνιση του δέντρου διαφέρει ανάλογα με την ποικιλία και την πυκνότητα φύτευσης. Κατά την ενηλικίωσή του γίνεται ανοιχτόκλαδο, καθώς παίρνει σχήμα σφαιρικό όταν βρίσκεται σε ανοιχτό μέρος ή ορθόκλαδο, πυραμοειδές και ψηλό, όταν η βλάστηση είναι πυκνή. Τα φύλλα είναι απλά, κατ' εναλλαγή, δερματώδη, με οδοντώσεις στις άκρες. Η πάνω επιφάνεια του φύλλου είναι βαθυπράσινη, ενώ η κάτω είναι ανοιχτότερου χρώματος με έρποντα τριχίδια, τα οποία, όσο ωριμάζει το φύλλο, τα αποβάλλει³. Οι οφθαλμοί διακρίνονται σε δύο είδη, τους ξυλοφόρους και τους μικτούς καρποφόρους⁴. Οι ξυλοφόροι οφθαλμοί βρίσκονται στη βάση, πλάγια ή επάκρια, των ετήσιων καρποφόρων βλαστών και δίνουν φυλλοφόρο βλαστό με ξυλοφόρους ή μικτούς οφθαλμούς. Οι μικτοί καρποφόροι οφθαλμοί βρίσκονται στην άκρη των καρποφόρων βλαστών και δίνουν φυλλοφόρο βλαστό με αρσενικά ή αντρόγυνα άνθη.

Η καστανιά είναι δέντρο μόνικο και δικλινές, δηλαδή, στο ίδιο δέντρο φέρει ξεχωριστά αρσενικά και θηλυκά άνθη που βρίσκονται στον ίδιο ετήσιο βλαστό. Τα άνθη της καστανιάς εκπύσσονται από το Μάιο μέχρι και τον Ιούλιο, ανάλογα το είδος και την περιοχή ανάπτυξης. Συνήθως, όμως, ανθίζει τον Ιούνιο και ωριμάζει τους καρπούς από τα τέλη Σεπτεμβρίου έως και τον Οκτώβριο του ίδιου έτους. Οι

¹ Δημουλάς 1986, 19.

² Βασιλακάκης 2004, 556; Δημουλάς 1986, 21.

³ Δημουλάς 1986, 28.

⁴ Δημουλάς 1986, 21.

ταξιανθίες είναι τύπου ίουλου, που σχηματίζονται στη μασχάλη των φύλλων των ετήσιων βλαστών και διακρίνονται σε δύο είδη: Οι μονοσεξουαλικοί αρσενικοί ίουλοι, που περιέχουν μόνο αρσενικά άνθη και βρίσκονται στα κατώτερα τμήματα των βλαστών, και οι δισεξουαλικοί, αντρώγυνοι ίουλοι, που βρίσκονται στην άκρη των βλαστών. Οι θηλυκές ανθοταξίες σχηματίζουν μια κασίδα, με ακανθώδες περίβλημα, στα τέλη Ιουνίου-Ιουλίου, που περιβάλλεται από ένα κύριο και δύο δευτερεύοντα βράκτια φύλλα.

Η καστανιά είναι σταυρογονιμοποιούμενο είδος και συνεπώς απαιτεί να υπάρχουν στην γύρω περιοχή και επικονιάστριες ποικιλίες. Η επικονίαση γίνεται κυρίως με τα έντομα αλλά και τον άνεμο⁵. Για την επίτευξη του μεγαλύτερου ποσοστού καρπόδεσης, αλλά και εξαιτίας της σπάνιας αυτογονιμοποίησης⁶, ενδείκνυται η συνύπαρξη τουλάχιστον δύο ποικιλιών καστανιάς ή οι διαφορετικές αυτές ποικιλίες να παράγουν γύρη σε διαφορετικές περιόδους⁷. Επιπροσθέτως, για την επίτευξη ενός ικανοποιητικού ποσοστού καρπόδεσης από τη σταυρογονιμοποίηση, η απόσταση μεταξύ των διαφορετικών ποικιλιών δεν θα πρέπει να ξεπερνά τα 65 μέτρα⁸.

Ο καρπός της καστανιάς είναι κάρυο και αποτελείται από λείο, δερματώδες περικάρπιο καστανοκόκκινου, ή και μαυροκόκκινου χρωματισμού, που προέρχεται από το τοίχωμα της ωοθήκης. Στο ένα άκρο φέρει ουρά και χνούδι, δηλαδή αποξηραμένους στύλους (δάδα), ενώ στο άλλο φέρει σκληρή βάση⁹. Το εδώδιμο τμήμα του κάστανου αποτελείται από το σπέρμα που φέρει το έμβρυο και δύο κοτυληδόνες. Η καρποφορία επιτυγχάνεται σε ετήσιους βλαστούς από μικτούς οφθαλμούς¹⁰. Ανάλογα με το είδος της καστανιάς, μέσα στο περίβλημα υπάρχουν 1 έως 3 καρποί.

⁵ Bounous et al 2002.

⁶ Bounous et al 2002; McKay 1942; Ποντίκης 1996.

⁷ www.washingtonchestnut.com/pollination.html

⁸ Ποντίκης 1996, 141.

⁹ Βασιλάκης 2004, 559.

¹⁰ Ποντίκης 1996, 140.

2.2 Ονομασία, καταγωγή, εξάπλωση

Η προέλευση του ονόματος της καστανιάς ανάγεται στην αρχαιότητα. Ο καρπός της καστανιάς, το κάστανο, υπήρξε γνωστός στους αρχαίους Έλληνες καθώς μνημονεύεται στα έργα διαφόρων φιλοσόφων με το χαρακτηρισμό ως εκλεκτού και θρεπτικού συμπληρώματος στη διατροφή τους ή ακόμη και ως πλήρες φαγητό. Οι πρώτες ενδείξεις για εκμετάλλευση του δέντρου της καστανιάς βρέθηκαν στη Μεσόγειο πριν από 3000 χρόνια¹¹. Βασικά κέντρα καταγωγής και εξάπλωσης της καλλιέργειας της καστανιάς θεωρούνται οι χώρες της ανατολικής Μεσογείου από τις οποίες επιλέχθηκαν και διαδόθηκαν, κατά τον 5ο αιώνα, διαφορετικές ποικιλίες σε όλη την Ευρωπαϊκή Μεσόγειο¹². Η Ευρωπαϊκή καστανιά (*Castanea sativa*) καλλιεργείται σχεδόν σε όλες τις χώρες της Ευρώπης, από την Ισπανία και την Πορτογαλία μέχρι τον Καύκασο, ενώ εντοπίζεται και σε όλες τις χώρες που βρέχονται από τη Μεσόγειο¹³. Η κύριες χώρες παραγωγής κάστανων στην Ευρώπη είναι η Ιταλία, Γαλλία, Ισπανία, Ελλάδα και Πορτογαλία¹⁴ (Πίνακας 2.1). Έρευνες δείχνουν ότι η καστανιά ή εγκαταστάθηκε στην Ελλάδα κατά τον 10^ο αιώνα π.Χ. κατά τη μετακίνησή της από τον Καύκασο¹⁵ ή καλλιεργούνταν στη ΒΑ Ελλάδα το 2100-2050 π.Χ.¹⁶.

¹¹ Βασιλάκης 2004, 555.

¹² Δημουλάς 1986, 11.

¹³ Δημουλάς 1986, 12.

¹⁴ Βασιλάκης 2004, 556.

¹⁵ Athanasiadis 1975, 99-132.

¹⁶ Bottema et al. 1990, 231-265.

Πίνακας 2.1. Οι κυριότερες χώρες καλλιέργειας καστανιάς (*Castanea sativa*) στην Ευρώπη και η παραγωγή τους το 2006 και το 2007.

Χώρα	Παραγωγή (σε τόνους)	
	2006	2007
Τουρκία	53.814	55.100
Ιταλία	53.000	55.000
Πορτογαλία	30.900	22.000
Ελλάδα	17.442	10.200
Ισπανία	10.140	15.000
Γαλλία	9.670	9.449
Ρωσία	2.100	2.200
Αζερμπαϊτζάν	1.765	1.887

Πηγή: FAO stat.

Στην Ελλάδα η καλλιέργεια της καστανιάς εκτείνεται σε πολλούς Νομούς και περιοχές. Στη Θεσσαλία απαντάται κυρίως στη Λάρισα, στα Τρίκαλα, στη Καρδίτσα και στο Πήλιο. Στην Πελοπόννησο σημαντικότερα κέντρα παραγωγής κάστανων είναι οι Νομοί Αχαΐας, Αρκαδίας, Λακωνίας και Μεσσηνίας, στη Μακεδονία βασικά κέντρα καστανοπαραγωγής είναι οι νομοί Ημαθίας, Θεσσαλονίκης, Καβάλας, Καστοριάς, Κιλκίς, Κοζάνης, Πέλλας και Πιερίας, στη Στερεά Ελλάδα, στους νομούς Φθιώτιδος και Φωκίδος, όπως επίσης και σε ελληνικά νησιά όπως η Εύβοια, η Κέρκυρα, η Λέσβος, η Σάμος και η Κρήτη.

Σε διεθνές επίπεδο, οι μεγαλύτερες ποσότητες κάστανων παράγονται στην Απω Ανατολή και στη Μεσόγειο, με το σύνολο της διεθνούς παραγωγής να ανέρχεται στους 550.000 τόνους. Στην Ελλάδα η ετήσια παραγωγή κάστανων είναι περίπου 12.000 με 15.000 τόνους, ενώ εισάγονται ακόμη 6.000 τόνοι νωπό κάστανο από την Τουρκία, την Πορτογαλία, την Κίνα και τη Ν. Κορέα. Οι συστηματικοί και μη καστανεώνες στη χώρα μας καταλαμβάνουν έκταση περισσότερο από 72.000 στρέμματα¹⁷.

¹⁷ Ποντίκης 1996, 136.

2.3 Καλλιέργεια της καστανιάς

2.3.1. Απαιτήσεις σε κλίμα, νερό, έδαφος και θρεπτικά στοιχεία.

Η καστανιά προσαρμόζεται άριστα σε περιοχές κυρίως της εύκρατης ζώνης, ενώ καλλιεργείται σε ορεινές και ημιορεινές περιοχές της χώρας. Προτιμά υγρά και ελαφρώς ψυχρά κλίματα με μέση ετήσια θερμοκρασία από 8 έως 15 °C¹⁸. Παρουσιάζει ανθεκτικότητα στις χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα κατά την περίοδο του λήθαργου, γι' αυτό αναπτύσσεται και σε υψόμετρο πάνω από 500 μέτρα¹⁹. Οι πρώιμοι ανοιξιάτικοι παγετοί ζημιώνουν τη νεαρή βλάστηση, ενώ οι όψιμοι παγετοί της άνοιξης προκαλούν πάγωμα των ανθέων (αργά την άνοιξη) με αποτέλεσμα τη μείωση της παραγωγής. Από άποψη προσανατολισμού, οι νότιες-νοτιανατολικές θέσεις στα χαμηλά υψόμετρα, κατά κύριο λόγο, πρέπει να αποφεύγονται, διότι ευνοούν την πρώιμη βλάστηση, η οποία είναι ευαίσθητη στον ανοιξιάτικο παγετό και στα ηλιακά εγκαύματα των κορμών και των κλαδιών²⁰. Κατάλληλες θέσεις για την καλλιέργεια της καστανιάς είναι η βόρεια ή βορειοανατολική έκθεση που διατηρεί τις θερμοκρασίες σε σχετικά χαμηλά επίπεδα, χωρίς πολλές αυξομειώσεις κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου²¹. Η καστανιά απαιτεί αρκετό ηλιακό φως, καθώς αποτελεί είδος που αντέχει μερική μόνο σκίαση. Η καλύτερη ωστόσο θερμοκρασία για την ωρίμανση του καρπού κυμαίνεται στους 25 με 30 °C²².

Η καστανιά ευδοκimeί σε περιοχές με ετήσιο ύψος βροχόπτωσης πάνω από 700 mm²³. Παρουσιάζει αυξημένες ανάγκες σε νερό, ιδιαίτερα τους θερινούς μήνες, επομένως, τα ποτίσματα θα πρέπει να αρχίζουν από τη στιγμή της καρπόδεσης (Ιούνιο), να συνεχίζονται κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και να εντατικοποιούνται κατά την περίοδο αύξησης του μεγέθους των καρπών, τότε δηλαδή που διαμορφώνεται και το τελικό τους μέγεθος (Αύγουστος – Σεπτέμβριος). Η

¹⁸ Δημουλάς 1986, 20; Ποντίκης 1996, 156.

¹⁹ Βασιλακάκης 2004, 560.

²⁰ Δημουλάς 1986, 20.

²¹ Δημουλάς 1986, 20.

²² Βασιλακάκης 2004, 560.

²³ Ποντίκης 1996, 493.

απουσία νερού, ιδιαίτερα σε περιόδους με λίγες βροχοπτώσεις, έχει ως αποτέλεσμα τη μειωμένη παραγωγή και το μικρό μέγεθος του καρπού²⁴, ενώ δε μεταβάλλει τον αριθμό των καρπών που πρόκειται να παραχθούν²⁵. Παρόλα αυτά η καστανιά είναι ιδιαίτερα ανθεκτική στην ξηρασία. Οι άνεμοι δεν προκαλούν προβλήματα σε δέντρα μεγάλης ηλικίας, παρά μόνο σε νεαρά δενδρύλλια κατά την περίοδο σχηματισμού της νέας βλάστησης και της έκπτυξης των ταξιανθιών²⁶.

Η καστανιά αναπτύσσεται καλά σε όξινα, αμμώδη έως πηλώδη εδάφη, βαθιά και καλά στραγγιζόμενα. Τα βαριά, ασβεστώδη και κακώς στραγγιζόμενα εδάφη είναι ακατάλληλα για την καλλιέργεια της καστανιάς, καθώς έχουν σημαντική επίδραση στην εξάπλωση της μελάνωσης²⁷. Τα ρηχά ή βαριά εδάφη δεν είναι ικανοποιητικά για την καλλιέργεια της καστανιάς. Ως προς το pH του εδάφους, η κατάλληλη τιμή για την καστανιά κυμαίνεται από 5 έως 6,5. Αν το pH είναι μικρότερο από 5, τότε εφαρμόζεται ασβέστιο στο έδαφος. Αντιθέτως, αν το pH του εδάφους είναι μεγαλύτερο από 6,5, καθίσταται αδύνατη η καλλιέργειά της, καθώς η μείωση του εδαφικού pH με θείο καθίσταται οικονομικά ασύμφορη. Η ιδανικότερη κλίση του εδάφους για τη συστηματική καλλιέργεια της καστανιάς είναι αυτή της μικρής κλίσης για τη διευκόλυνση της εισόδου και τη χρήση των γεωργικών μηχανημάτων και, φυσικά, την καλή στράγγιση. Εδάφη με μεγάλη κλίση δημιουργούν προβλήματα, όχι μόνο στη συγκομιδή των κάστανων, αλλά και στο ίδιο το έδαφος, καθώς διαβρώνεται και δύσκολα αποθηκεύει μεγάλες ποσότητες νερού.

Η λίπανση στην καστανιά εφαρμόζεται για την επίτευξη ισόρροπης βλάστησης και ανθοφορίας-καρποφορίας. Η καστανιά έχει ανάγκη από εδάφη πλούσια σε οργανική ουσία και ανόργανα στοιχεία. Η ποσότητα και το είδος των λιπασμάτων που εφαρμόζονται γίνεται με βάση τον τύπο και το pH του εδάφους, το στάδιο ανάπτυξης των δέντρων, και την περιεκτικότητα του εδάφους σε ανόργανα στοιχεία. Η καστανιά είναι ιδιαίτερα απαιτητική σε άζωτο. Η αζωτούχος λίπανση εφαρμόζεται συνήθως σε τρεις περιόδους, ώστε να επαρκεί για τις ανάγκες του φυτού. Η πρώτη εφαρμογή γίνεται στα τέλη Μαρτίου με αρχές Απριλίου, για καλή βλάστηση και για την εξέλιξη των ανθικών καταβολών, η δεύτερη στα τέλη Μαΐου,

²⁴ Vossen 2000,13.

²⁵ Linhares et al 2005, 701.

²⁶ Βασιλακάκης 2004, 560.

²⁷ Bounous et al. 2002, 30.

για καλή άνθιση, γονιμοποίηση, καρπόδεση και διαφοροποίηση ανθέων την επόμενη χρονιά, ενώ η τρίτη εφαρμογή γίνεται στα μέσα με τέλη Αυγούστου για ανάπτυξη του μεγέθους των καρπών και για αποθήκευση N για την επόμενη χρονιά. Οι απαιτήσεις της καστανιάς σε κάλιο είναι παρόμοιες με αυτές του αζώτου καθώς συντελεί στην αύξηση του μεγέθους των καρπών. Επίσης, οι απαιτήσεις της καστανιάς σε φώσφορο είναι περιορισμένη και δεν απαιτείται ετήσια εφαρμογή του. Στην ορθολογική λίπανση η εφαρμογή του P γίνεται πριν την εγκατάσταση του καστανεώνα, ενώ η αναπλήρωσή του γίνεται κυρίως διαφυλλικά. Τέλος, το ασβέστιο συνιστά ένα απαραίτητο στοιχείο, όταν το pH είναι πολύ χαμηλό, καθώς εφαρμόζεται για τη διόρθωση της οξύτητας του εδάφους²⁸. Οι εφαρμογές θρεπτικών στοιχείων και γενικότερα η λίπανση της καστανιάς θα αναλυθεί διεξοδικότερα σε επόμενο κεφάλαιο καθώς αποτελεί το κύριο αντικείμενο μελέτης της παρούσας εργασίας.

2.3.2. Πολλαπλασιασμός και εγκατάσταση της καλλιέργειας της καστανιάς

Η καστανιά πολλαπλασιάζεται είτε εγγενώς με σπόρο, είτε αγενώς με μοσχεύματα, καταβολάδες ή με την καλλιέργεια μεριστώματος. Ο εγγενής τρόπος πολλαπλασιασμού στην καστανιά χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή υποκειμένων. Οι πιο κλασσικές μέθοδοι πολλαπλασιασμού της καστανιάς επιτυγχάνονται με επιτραπέζιο αγγλικό εγκεντρισμό ή με ενοφθαλμισμό με πλακίτη της ποικιλίας πάνω σε σπορόφυτο. Ο ενοφθαλμισμός με πλακίτη επιτυγχάνεται ή στις αρχές της άνοιξης με τη χρήση αναπτυγμένου οφθαλμού ή αργά το καλοκαίρι με κοιμώμενο οφθαλμό – οφθαλμό που βρίσκεται σε λήθαργο. Το σοβαρότερο πρόβλημα που παρατηρείται γενικότερα στον εμβολιασμό των καρποφόρων δέντρων, και φυσικά στην καστανιά, οφείλεται στην ασυμφωνία μεταξύ του εμβολίου και του υποκειμένου. Για την αποφυγή του εν λόγω προβλήματος χρησιμοποιούνται σπορόφυτα και εμβόλια του ίδιου είδους ή κατάλληλων υβριδίων²⁹.

Η κατεργασία του εδάφους πριν τη φύτευση καθίσταται απαραίτητη αφού συνδράμει στη δημιουργία απαραίτητων συνθηκών για τη φύτευση και την αρχική ανάπτυξη της καλλιέργειας και τέλος διευκολύνει τις καλλιεργητικές φροντίδες και τη συγκομιδή. Το έδαφος που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για την εγκατάσταση του

²⁸ Δημουλάς 1986, 137.

²⁹ Βασιλακάκης 2004, 560.

καστανεώνα οργώνεται σε βάθος 30 έως 40 εκατοστών για την αντιμετώπιση των ζιζανίων, για την απομάκρυνση των φυτικών υπολειμμάτων των προηγούμενων καλλιεργειών, για τη βελτίωση της δομής του εδάφους και για την καλύτερη ανάπτυξη του ριζικού συστήματος³⁰. Πριν από το όργωμα λαμβάνονται δείγματα εδάφους έτσι ώστε να καθοριστεί το είδος και η ποσότητα των χημικών λιπασμάτων που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των δέντρων. Η προετοιμασία του εδάφους γίνεται συνήθως κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού ή στα τέλη του φθινοπώρου, μετά την πτώση των φύλλων, έως και τις αρχές της άνοιξης. Η φύτευση πρέπει να γίνεται με ευνοϊκές καιρικές και εδαφικές συνθήκες³¹. Η εποχή φύτευσης των δενδρυλλίων είναι συνήθως από το Νοέμβριο μέχρι τις αρχές της άνοιξης.

2.3.3. Τρόπος καλλιέργειας

Η κατεργασία του εδάφους είναι σημαντική για δέντρα που βρίσκονται σε πλήρη απόδοση, καθώς βοηθά στην αποθήκευση νερού, στην ενσωμάτωση λιπασμάτων και εδαφοβελτιωτικών και στη διατήρηση της περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ουσία. Όμως, οι βαθιές και σε μικρή απόσταση από τα δέντρα κατεργασίες εδάφους σε εγκαταστημένο καστανεώνα είναι ιδιαίτερα επιζήμιες, καθώς μειώνουν την οργανική ουσία του εδάφους, προκαλούν συμπίκνωση και διάβρωση, καθώς επίσης μπορεί να προκαλέσουν ανεπανόρθωτες ζημιές στο ριζικό σύστημα των δέντρων και είσοδο μυκήτων, όπως του είδους *Phytophthora*³². Η επιλογή των συστημάτων διαχείρισης του εδάφους εξαρτάται, τόσο από την κλίση του εδάφους, όσο και από το στάδιο της καλλιέργειας και την εποχή. Η κατεργασία του εδάφους την άνοιξη αποσκοπεί στη καταστροφή της ετήσιας βλάστησης, ενώ το καλοκαίρι εφαρμόζονται συνήθως τρεις με τέσσερις επεμβάσεις με καλλιεργητές. Η χρήση βέβαια αρότρων και καλλιεργητών προκαλούν στην καστανιά πολλά προβλήματα κύρια από την κοπή ριζών και την ευκολότερη είσοδο της *Phytophthora* (Μελάνωση). Για την αντιμετώπιση των ζιζανίων η χρήση χορτοκοπτικών μηχανημάτων και η χημική

³⁰ Δημουλάς 1986, 111.

³¹ Ποντίκης 1996, 50· Δημουλάς 1986, 114.

³² Hogue and Neilsen 1987; Glenn and Welker 1989; Lipecki and Berbec 1997; Martins et al. 1999; Portela et al. 1999; Marcelino et al. 2000.

ζιζανιοκτονία είναι η πιο ευκόλως χρησιμοποιούμενες μέθοδοι αλλά και πιο ενδεδειγμένοι.

Οι συνήθεις αποστάσεις φύτευσης στην καστανιά είναι 6x6 m αλλά και πιο αραιές, έως 10x10 m και 10x12 m³³. Η καστανιά δε μπορεί να φυτευτεί σε αποστάσεις μικρότερες από 6 m. Μεγάλο πλήθος δέντρων σε μικρές αποστάσεις τείνουν να δημιουργήσουν υπερβολική σκίαση στα χαμηλότερα κλαδιά με αποτέλεσμα την αρνητική επίδραση στην περαιτέρω ανάπτυξη των δέντρων και την ποιοτική και ποσοτική υποβάθμιση της παραγωγής. Τα διάφορα συστήματα φύτευσης διακρίνονται σε ορθογώνια φύτευση (10 x 12 m), φύτευση κατά τετράγωνα (10 x 10 m) και στο κατά ρόμβους σύστημα 8x8 ή 10x10 μ.³⁴.

Για την καλή καρπόδεση είναι απαραίτητο να συνυπάρχουν τουλάχιστον 2 διαφορετικές ποικιλίες σε έναν καστανεώνα, καθώς είναι διαφορετικοί οι χρόνοι άνθισης στα αρσενικά από τα θηλυκά άνθη σε κάθε δέντρο και ποικιλία. Επομένως, οι ποικιλίες θα πρέπει να ανθίζουν την ίδια περίοδο και συμπληρωματικά για να υπάρχει κανονική καρποφορία κάθε χρόνο. Η θέση των δέντρων στον αγρό διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην επικονίαση. Συνήθως φυτεύονται τρεις έως τέσσερις γραμμές της κύριας ποικιλίας, εναλλάξ με δύο έως τρεις γραμμές της επικονιάστριας, δηλαδή η αναλογία των 2 ποικιλιών είναι 1:1 έως 2:1³⁵.

Το πρόγραμμα άρδευσης του καστανεώνα θα πρέπει να προσαρμόζεται ανάλογα με την τοποθεσία, τον τύπο του εδάφους και τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής. Συγκεκριμένα, σε περιοχές όπου το ύψος βροχόπτωσης είναι κάτω από 700 mm δεν επαρκεί να καλύψει τις ανάγκες της καστανιάς, επομένως είναι απαραίτητη η άρδευση των δέντρων.

Η άρδευση είναι απαραίτητη από τα πρώτα χρόνια της καλλιέργειας ιδιαίτερα κατά την περίοδο του καλοκαιριού, ώστε να μην παρεμποδιστεί η επιμήκυνση των νεαρών βλαστών³⁶. Σε καστανεώνα πλήρους απόδοσης οι αρδεύσεις αποσκοπούν στην αύξηση των αποδόσεων και στην καλή ποιότητα των καρπών³⁷. Η καστανιά παρουσιάζει την περίοδο αύξησης του μεγέθους των καρπών (Αύγουστος –

³³ Ποντίκης 1996, 158· Δημουλάς 1986, 115.

³⁴ Δημουλάς, 1986, 115-116.

³⁵ Βασιλακάκης 2004, 561.

³⁶ Δημουλάς 1986, 126.

³⁷ Vossen 2000, 18.

Σεπτέμβριος) ιδιαίτερα αυξημένες ανάγκες σε νερό, αλλά οι υπερβολικές αρδεύσεις την περίοδο αυτή συντελούν και στο σχίσσιμο των καρπών³⁸. Οι μέθοδοι άρδευσης που συνήθως χρησιμοποιούνται σε καστανέωνες είναι η άρδευση με σταγόνες ή με μικροεκτοξευτήρες, ενώ η άρδευση με αυλάκια ή με κατάκλυση δεν ενδείκνυται εξαιτίας του κινδύνου μόλυνσης του λαιμού από μύκητες³⁹.

2.3.4. Διαμόρφωση κόμης – Κλάδεμα

Το κλάδεμα της καστανιάς αποτελεί μια σημαντική εργασία στην καλλιέργειά της. Γίνεται κυρίως για να βελτιωθεί ο φωτισμός και ο αερισμός στην κόμη του δέντρου και να αυξηθεί το μέγεθος του καρπού με την ανανέωση του καρποφόρου ξύλου⁴⁰. Το κλάδεμα διακρίνεται σε κλάδεμα διαμόρφωσης, το οποίο εφαρμόζεται στα πρώτα χρόνια της καλλιέργειας, και σε κλάδεμα καρποφορίας και ανανέωσης όπου εφαρμόζεται σε παραγωγικά δέντρα καστανιάς. Το σχήμα διαμόρφωσης που κυρίως επικρατεί στην καστανιά είναι το κυπελλοειδές που αποτελείται από 3-4 πλάγιους βραχίονες⁴¹. Το κλάδεμα διαμόρφωσης των δέντρων αποσκοπεί στην ταχύτερη ανάπτυξή τους, στη γρήγορη εισόδου τους στην καρποφορία και στη διευκόλυνση των καλλιεργητικών εργασιών. Συγκεκριμένα, το σωστό κλάδεμα διαμόρφωσης σε συνδυασμό με καλλιεργητικές φροντίδες και κατάλληλη λίπανση εξασφαλίζει γρήγορη είσοδο του δέντρου στην καρποφορία και σταθερά υψηλή παραγωγή⁴². Το κλάδεμα καρποφορίας στα νεαρά δέντρα εφαρμόζεται κάθε χρόνο και αποσκοπεί στη διατήρηση του σχήματος του δέντρου, στον καλό αερισμό και φωτισμό της κόμης, στην αφαίρεση νεκρών και προσβεβλημένων βλαστών και στην ανανέωση του καρποφόρου ξύλου⁴³. Τέλος, στα γερασμένα δέντρα εφαρμόζεται κλάδεμα ανανέωσης με αφαίρεση των βλαστών που δίνουν καρπούς μικρού μεγέθους εξαιτίας του ανεπαρκούς φωτισμού και για ανανέωση της βλάστησης⁴⁴.

³⁸ Duke 2001, 343.

³⁹ Δημουλάς 1986, 134.

⁴⁰ Ποντίκης 1986, 160.

⁴¹ Δημουλάς 1986, 123; Duke 2001, 343; Pereira et al. 2004, 105.

⁴² Δημουλάς 1986, 121.

⁴³ Bounous et al. 2002, 33; Δημουλάς 1986, 121-129; Ποντίκης 1996, 269.

⁴⁴ Δημουλάς 1986, 137; Pereira et al. 2004, 105.

2.4 Εχθροί και ασθένειες της καστανιάς

Το δέντρο της καστανιάς είναι αρκετά ευάλωτο σε διάφορες μυκητολογικές ασθένειες που μπορούν να προκαλέσουν σημαντικά προβλήματα στο δέντρο, μέχρι και την ολοκληρωτική ξήρανσή του. Διάφορα προβλήματα, επίσης, στο δέντρο της καστανιάς ή σε επιμέρους τμήματά του (φύλλα, κλαδιά, κορμό, καρπούς) μπορούν να προκληθούν από έντομα. Οι πιο διαδεδομένες ωστόσο ασθένειες από μύκητες που προσβάλλουν την καστανιά είναι το έλκος, η μελάνωση και η ανθράκωση. Συγκεκριμένα, στην Ευρώπη και στην Αμερική, μεγάλες εκτάσεις από καστανιές εξοντώθηκαν από δύο, κυρίως, μύκητες. Τον *Endothia parasitica* που προκαλεί την ασθένεια του έλκους του φλοιού της καστανιάς και τις φυτόφθορες *Phytophthora cinnamoni*, *P. cambivora* και *P. cactorum* που προκαλούν τη μελάνωση, προσβάλλοντας το λαιμό του δέντρου με αποτέλεσμα τη σήψη του φλοιού και του ξύλου. Στην Ελλάδα, έχουν επεκταθεί και οι δύο ασθένειες, με μεγάλες ζημιές στα δάση και στους καλλιεργούμενους καστανεώνες.

Ως προς την ασθένεια που προκαλούν οι φυτόφθορες στην Ελλάδα, αυτή οφείλεται κυρίως στο μύκητα *Phytophthora cambivora*, ο οποίος μέσω της μετακίνησής του με το επιφανειακό νερό, εισχωρεί αρχικά στα κύτταρα των ριζών, προχωρεί προς το λαιμό του δέντρου και καταλήγει στη βάση του κορμού, όπου εμφανίζεται το τυπικό έλκος της ασθένειας⁴⁵, κυρίως από πληγές που προκαλούνται από διάφορες μηχανικές αιτίες⁴⁶. Αποτέλεσμα της προσβολής είναι η προοδευτική ξήρανση τμημάτων του δέντρου, η ημιπληγία και η αποπληξία καθώς επίσης και η παρουσία νεκρώσεων στη βάση του κορμού και στο λαιμό των δέντρων⁴⁷. Για τη μείωση της προσβολής από φυτόφθορες συνίσταται να εφαρμόζεται διαβροχή εδάφους με μυκητοκτόνα και ψεκασμοί φυλλώματος δύο φορές ανά έτος, από το Μάρτιο έως Απρίλιο και από το Σεπτέμβριο έως Οκτώβριο. Σε νέους καστανεώνες ενδείκνυται η φύτευση ανθεκτικών υβριδίων, αυτόρριζα ή με εμβολιασμό ποικιλίας σε ανθεκτικό υποκείμενο, με την προϋπόθεση ότι το έδαφος είναι γόνιμο και ότι εξασφαλίζονται οι κατάλληλες καλλιεργητικές φροντίδες.

⁴⁵ Δημουλάς 1986, 141.

⁴⁶ Μπούρμπος – Μπαρμποπούλου 2004, 84-98.

⁴⁷ Μπούρμπος – Μπαρμποπούλου 2004, 84-98.

Ο *Cryphonectria (Endothia) parasitica* εισέρχεται από πληγές στο φλοιό του δέντρου δημιουργώντας έλκη- εξογκώσεις στο εναέριο τμήμα του δέντρου, τον κορμό, τους βραχίονες και κλάδους προκαλώντας την αποξήρανση τους. Η περιφέρεια του έλκους παρ' όλο που είναι ομαλή, συχνά παρουσιάζονται και εγκολπώσεις⁴⁸. Χαρακτηριστικό σύμπτωμα της συγκεκριμένης ασθένειας θεωρείται η έκπτυξη πολυάριθμων λαίμαργων βλαστών στην περιοχή κάτω από το έλκος⁴⁹. Για την πρόληψη της ασθένειας αυτής θα πρέπει να αποφεύγεται η δημιουργία πληγών, ενώ σε νέους καστανεώνες να γίνεται εμβολιασμός της Ευρωπαϊκής ποικιλίας σε ανθεκτικό υποκείμενο και η πληγή του εμβολιασμού να προστατεύεται. Από το εργαστήριο Δασικής Παθολογίας του Ινστιτούτου Δασικών Ερευνών, έχει γίνει εκτεταμένα τα τελευταία χρόνια βιολογική καταπολέμηση του *Endothia parasitica* με εμβολιασμό των έλκων με υπομολυσματικά στελέχη του μύκητα⁵⁰.

Τα έντομα προκαλούν ζημιές στην καστανιά προσβάλλοντας τους καρπούς, το ξύλο, τα φύλλα και τη νέα βλάστηση. Έντομα που προκαλούν ζημιά στο ξύλο είναι ο *Xyleborus dispar*, ενώ οι *Cydia splendana* (καρπόκαψα), *Cydia fagiglandana* (ρόδινο σκουλήκι), *Cydia amplana* (κόκκινο σκουλήκι) και *Curculio elephas* (τρωγόκαρπος) προσβάλλουν τον καρπό⁵¹. Για την αντιμετώπιση των παραπάνω εντόμων ενδείκνυται η έγκυρη απομάκρυνση των προσβεβλημένων καρπών από το έδαφος και ψεκασμοί με κατάλληλα εντομοκτόνα.

2.5 Φυσιολογία φύλλου

Τα φύλλα της καστανιάς, από ανατομικής άποψης, είναι μεσομορφικά με πεπλατυσμένο έλασμα. Η άνω επιδερμίδα τους αποτελείται από δύο στοιβάδες κυττάρων, σε αντίθεση με την κάτω, όπου υπάρχει μόνο μία. Ο φωτοσυνθετικός ιστός του μεσόφυλλου συνίσταται από το δρυφακτοειδές και σπογγώδες παρέγχυμα. Τα φύλλα του μεσόφυλλου της καστανιάς είναι ετερογενή και ασύμμετρα εξαιτίας της παρουσίας του δρυφακτοειδούς παρεγχύματος στην άνω επιφάνεια και του σπογγώδους παρεγχύματος στην κάτω. Τα κύτταρα του δρυφακτοειδούς παρεγχύματος

⁴⁸ Δημουλάς 1986, 148.

⁴⁹ Περγλέρου 2004, 99-109.

⁵⁰ Δημουλάς 1968, 150; Μπούρμπος- Μπαρμποπούλου 2004, 84-98.

⁵¹ Βασιλακάκης 2004, 565.

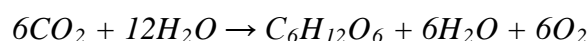
έχουν σχήμα ράβδου με λίγα μεσοκυττάρια διαστήματα, με μεγάλους χλωροπλάστες, διατεταγμένους σε σειρές των δύο έως τριών στρωμάτων⁵².

Το φύλλο συνιστά το βασικό φωτοσυνθετικό όργανο του κάθε φυτού αποτελώντας το μέσο εκείνο με το οποίο πραγματοποιείται η λειτουργία της διαπνοής, της αναπνοής και η διεργασία της φωτοσύνθεσης, μέσω της οποίας οι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί χρησιμοποιώντας φωτεινή ενέργεια, διοξείδιο του άνθρακα και νερό, παράγουν τα απαραίτητα για τη θρέψη τους συστατικά.

2.5.1 Φωτοσύνθεση

Τα φυτά εξασφαλίζουν όλη την ενέργεια που χρειάζονται μέσω της φωτοσύνθεσης κατά την οποία η ηλιακή ενέργεια μετατρέπεται σε χημική. Απαραίτητη προϋπόθεση για τη διεργασία της φωτοσύνθεσης αποτελεί η απορρόφηση φωτός, η δέσμευση, δηλαδή, της φωτεινής ενέργειας. Η φωτοσύνθεση επιτυγχάνεται κυρίως στο δρυφακτοειδές παρέγχυμα⁵³. Με τη φωτοσύνθεση, η ηλιακή ενέργεια που χρησιμοποιεί το φυτό συντελεί στην οξείδωσή του νερού, απελευθερώνοντας συνάμα και οξυγόνο, αλλά και στην αναγωγή του διοξειδίου του άνθρακα για το σχηματισμό υδατανθράκων και κυρίως σακχάρων⁵⁴.

Η συνολική εξίσωση που εκφράζει τη φωτοσύνθεση είναι:



Το νερό απορροφάται από το έδαφος μέσω του ριζικού συστήματος, ενώ το διοξείδιο του άνθρακα λαμβάνεται άμεσα από την ατμόσφαιρα. Το διοξείδιο του άνθρακα εισέρχεται από την ατμόσφαιρα στα φύλλα διαμέσου των στομάτων τα οποία θα πρέπει να είναι ανοικτά για να πραγματοποιηθεί η φωτοσύνθεση.

Η απορρόφηση του φωτός επιτυγχάνεται με τις φωτοσυνθετικές χρωστικές των φυτών, τις χλωροφύλλες, οι οποίες είναι πράσινες εξειδικευμένες χρωστικές και βρίσκονται στα κύτταρα του μεσόφυλλου, στους χλωροπλάστες⁵⁵. Η απορρόφηση του

⁵² Pinto et al. 2001. www.scielo.br.

⁵³ Βαρδαβάκης – Ζούζουλας 2003, 126.

⁵⁴ Linclon and Eduardo 2012, 198; Καρατάγλης 1994, 206.

⁵⁵ Linclon and Eduardo 2012, 198.

φωτός, εκτός από τις χλωροφύλλες, γίνεται και από δευτερεύουσες ή συμπληρωματικές φωτοσυνθετικές χρωστικές, με βοηθητικό και προστατευτικό ρόλο, τα καροτενοειδή και τις φυκοβιλίνες.

Οι χλωροφύλλες είναι από τα πιο σημαντικά συστατικά της φωτοσύνθεσης, υπάρχουν περισσότερα του ενός είδη χλωροφυλλών. Οι χλωροφύλλες που υπάρχουν σε φωτοσυνθετικούς οργανισμούς είναι οι a, b, c, d, η βακτηριοχλωροφύλλη και αρκετά άλλα παράγωγά τους⁵⁶. Η χλωροφύλλη a αποτελεί την κύρια φωτοσυνθετική χρωστική, η οποία συμμετέχει στα κέντρα αντίδρασης φωτοσυστημάτων έχοντας μέγιστο απορρόφησης τα 670 nm⁵⁷. Η χλωροφύλλη a συνδέεται με δομικές πρωτεΐνες (σύμπλοκο χλωροφύλλης- πρωτεΐνης), και μόνο μέσα από αυτό το σύμπλοκο μπορεί να εκφράσει τη λειτουργική της δράση.

Η χλωροφύλλη b απορροφά σε χαμηλότερα μήκη κύματος απ' ότι η χλωροφύλλη a, με μέγιστο απορρόφησης τα 650 nm, και μ' αυτόν τον τρόπο αυξάνει το εύρος του απορροφούμενου ηλιακού φάσματος⁵⁸. Όταν ένα μόριο της χλωροφύλλης b απορροφά φως, το διεγερμένο μόριό της μεταβιβάζει την ενέργεια σ' ένα μόριο της χλωροφύλλης a, το οποίο στη συνέχεια τη μετατρέπει σε χημική ενέργεια με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης⁵⁹.

Οι χλωροφύλλες a και b διαφέρουν τόσο ως προς το ρόλο τους όσο και ως προς τη σχετική αφθονία τους στα ανώτερα φυτά. Η αφθονία των δύο χλωροφυλλών στα φύλλα επηρεάζεται σημαντικά από την ένταση του φωτός κάτω από το οποίο έχουν αναπτυχθεί⁶⁰. Συγκεκριμένα, σε έντονο φως, τα φωτόνια είναι άφθονα και επομένως τα φύλλα αντλούν περισσότερη ηλιακή ενέργεια με αποτέλεσμα την αύξηση της αναλογίας χλωροφύλλης a/b⁶¹. Αντιθέτως, σε λιγότερο φως, για την κατάλληλη λειτουργία των φύλλων, απαιτείται μεγαλύτερη επένδυση των πόρων των φύλλων για απορρόφηση του φωτός, με αποτέλεσμα τη σχετική αφθονία της χλωροφύλλης b και τη μείωση της αναλογίας χλωροφύλλης a / b σε σύγκριση με το

⁵⁶ Καράταγλης 1994, 209

⁵⁷ Μανέτας 2005, 65.

⁵⁸ Μανέτας 2005, 65.

⁵⁹ Καράταγλης 1994, 209.

⁶⁰ Linclon and Eduardo 2012, 296.

⁶¹ Hallik et al. 2012, 88-89.

έντονο φως⁶². Ο λόγος χλωροφύλλης a / b συνήθως κυμαίνεται από 3,3 έως 4,2 σε καλά προσαρμοζόμενα και τρεφόμενα από τον ήλιο είδη, αλλά μπορεί να είναι και πιο χαμηλός, όπως 2,2 σε είδη που καλλιεργούνται σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού. Αυτή η διακύμανση μπορεί να οφείλεται στους διαφορετικούς λειτουργικούς ρόλους της χλωροφύλλης a και της χλωροφύλλης b.

2.5.1.1 Παράγοντες που τροποποιούν το ρυθμό φωτοσύνθεσης

Οι παράγοντες που προκαλούν τροποποίηση στο ρυθμό φωτοσύνθεσης και στο άνοιγμα των στομάτων, με αποτέλεσμα αυτά να επηρεάζουν το ρυθμό φωτοσύνθεσης, μπορεί να είναι εξωτερικοί και εσωτερικοί και η επίδρασή τους να είναι άμεση (φως, CO₂) ή έμμεση (θρεπτικά ιόντα, νερό).

Οι εξωτερικοί παράγοντες που επηρεάζουν το ρυθμό της φωτοσύνθεσης είναι: το φως, και συγκεκριμένα η ένταση του φωτός, η οποία είναι ανάλογη με τη φωτοσυνθετική απόδοση ενός φυτού. Ωστόσο, υπάρχει κάποια τιμή έντασης του φωτός πέρα από την οποία ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης παραμένει σταθερός. Η τιμή αυτή αναφέρεται ως σημείο φωτοκορεσμού, δηλαδή η μεγαλύτερη ένταση του φωτός πάνω από την οποία δεν αυξάνεται ο ρυθμός φωτοσύνθεσης. Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος επηρεάζει, επίσης, τη λειτουργία της φωτοσύνθεσης. Με την παρουσία φωτός και την αύξηση της θερμοκρασίας η φωτοσυνθετική απόδοση αυξάνει. Η άριστη θερμοκρασία για τη φωτοσύνθεση σε ένα φυτό δεν είναι σταθερή⁶³. Ωστόσο, υπάρχει μια τιμή θερμοκρασίας πέρα από την οποία προκαλείται ελάττωση της καθαρής φωτοσύνθεσης, η οποία τελικά παύει, όταν η θερμοκρασία υπερβεί κάποιο όριο. Σε χαμηλή ένταση του φωτός, η αύξηση της θερμοκρασίας δεν προκαλεί ανάλογη αύξηση της φωτοσυνθετικής απόδοσης. Η άριστη θερμοκρασία φωτοσύνθεσης ποικίλει και εξαρτάται από το είδος του φυτού, την εποχή και από το γεωγραφικό πλάτος εξάπλωσής του.

Επιπλέον παράγοντας που προκαλεί τροποποίηση στο ρυθμό της φωτοσύνθεσης είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Διακυμάνσεις στη συγκέντρωση του CO₂ επηρεάζουν τη φωτοσυνθετική απόδοση των φυτών,

⁶² <http://plantsinaction.science.uq.edu.au/edition1/?q=content/1-2-2-chlorophyll-absorption-and-photosynthetic-action-spectra>

⁶³ Μανέτας 2005, 112.

επομένως, όσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση του CO₂ στην ατμόσφαιρα, τόσο πιο έντονη είναι η φωτοσυνθετική απόδοση των φυτών για μια συγκεκριμένη ένταση φωτισμού. Ωστόσο, πολύ υψηλές συγκεντρώσεις CO₂ προκαλούν το κλείσιμο των στομάτων και κατά συνέπεια εμποδίζουν την πρόσληψή του από τα φυτά. Το νερό αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για τη λειτουργία της φωτοσύνθεσης. Συνεπώς, η έλλειψη νερού αναστέλλει τη φωτοσύνθεση, καθώς: α) επηρεάζει τη δομή και τη λειτουργία των κυττάρων, β) ελαττώνει την επιφάνεια των φύλλων και γ) προκαλεί το κλείσιμο των στομάτων. Τέλος, η έλλειψη των βασικών θρεπτικών στοιχείων των φυτών παρεμποδίζει, επίσης, το μηχανισμό της φωτοσύνθεσης. Μειωμένη διαθεσιμότητα αζώτου και μαγνησίου δυσχεραίνει το σχηματισμό της χλωροφύλλης, καθώς τα παραπάνω στοιχεία αποτελούν δομικά συστατικά της. Παράλληλα το άζωτο συμμετέχει στη σύνθεση των πρωτεϊνών και επηρεάζει το μέγεθος των φύλλων και τη λειτουργία των στομάτων. Ο σίδηρος, αν και δεν αποτελεί δομικό στοιχείο της χλωροφύλλης, συμβάλλει στο σχηματισμό της και συνεπώς η έλλειψή του επηρεάζει έμμεσα τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα του φυτού. Ανεπαρκείς, τέλος, ποσότητες φωσφόρου διαταράσσουν το σύστημα μεταφοράς ενέργειας (ADP, ATP) παρεμποδίζοντας το μηχανισμό της φωτοσύνθεσης.

Οι εσωτερικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη φωτοσυνθετική απόδοση των φυτών είναι η κατασκευή και διάταξη των φύλλων, η ηλικία, το μέγεθος, ο αριθμός και η συμπεριφορά των στομάτων καθώς και η συγκέντρωση της περιεχόμενης χλωροφύλλης των φύλλων. Στα νεαρά φύλλα η φωτοσυνθετική απόδοση είναι μικρή και αυξάνει, συνήθως, με την αύξηση της ηλικίας τους μέχρι την πλήρη ανάπτυξή τους και στη συνέχεια προοδευτικά μειώνεται. Το πάχος της εφυμενίδας και της επιδερμίδας, η παρουσία επιδερμικών τριχών, η διαμόρφωση του μεσόφυλλου, καθορίζουν την ένταση του φωτός που φτάνει στους χλωροπλάστες, επιδρώντας έτσι και στη διεργασία της φωτοσύνθεσης. Το μέγεθος και η θέση των στομάτων σε συνδυασμό με την έκταση των μεσοκυττάρων χώρων επιδρούν στο ρυθμό ανταλλαγής των αερίων και συνεπώς στην ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που φτάνει στους χλωροπλάστες.

2.5.2 Διαπνοή

Με το φαινόμενο της διαπνοής διαφεύγουν νερό και αέρια από την επιφάνεια των φύλλων προς την ατμόσφαιρα έτσι ώστε τα κύτταρα του μεσόφυλλου να μπορούν να φωτοσυνθέτουν και να αναπνέουν⁶⁴. Ο έλεγχος της απώλειας νερού επιτυγχάνεται με το άνοιγμα και το κλείσιμο των στομάτων. Τα καταφρακτικά κύτταρα, αλλάζουν το σχήμα τους ανάλογα με εσωτερικά ή εξωτερικά ερεθίσματα, έτσι ώστε τα στόματα να ανοιγοκλείνουν όποτε και όσο χρειάζεται, ώστε να γίνεται η ανταλλαγή των αερίων αλλά και να ελέγχονται οι απώλειες ύδατος. Είναι απαραίτητη μία ισορροπία στη λειτουργία των στομάτων που θα περιορίζει τις απώλειες ύδατος και θα επιτρέπει την ικανοποιητική ανταλλαγή αερίων και μεταφορά ανόργανων θρεπτικών στα ανώτερα μέρη του δέντρου μέσω του διαπνευστικού ρεύματος⁶⁵.

Ως προς τους παράγοντες που επηρεάζουν τη διαπνοή αυτοί είναι οι εξής: α) η θερμοκρασία, όπου οι ρυθμοί διαπνοής ανεβαίνουν, όσο αυτή ανεβαίνει, ειδικά κατά τις εποχές ανάπτυξης των φυτών, όταν ο αέρας είναι ζεστός, β) η σχετική υγρασία, του αέρα εξωτερικά του φύλλου, η οποία καθώς αυξάνεται, ο ρυθμός διαπνοής μειώνεται, γ) η αύξηση της ταχύτητας του ανέμου κοντά στο φυτό αυξάνει τη διαπνοή, δ) το φως, όπου με την αύξηση της έντασής του αυξάνεται, τόσο η θερμοκρασία, όσο και η διαπνοή. Τέλος, σημαντικοί είναι και άλλοι παράγοντες όπως το μέγεθος των φύλλων, σχήμα, προσανατολισμός, δομή και υφή επιφάνειας φύλλου, αριθμός, μέγεθος και θέση των στομάτων και η σχέση μεταξύ ρίζας και βλαστού, καθώς το μεγάλο ριζικό σύστημα ευνοεί την πρόσληψη του νερού και αυξάνει τη διαπνοή.

2.5.3. Ξηρά ουσία

Η περιεκτικότητα των φύλλων σε ξηρά ουσία (ο λόγος του ξηρού βάρους των φύλλων προς το νωπό βάρος, kg kg^{-1}) και η ειδική φυλλική επιφάνεια (SLA, ο λόγος του εμβαδού της φυλλικής επιφάνειας προς το ξηρό βάρος των φύλλων, $\text{m}^2 \text{kg}^{-1}$) σχετίζονται με την αύξηση και ανάπτυξη των φυτών. Η ξηρά ουσία των φύλλων και ειδική φυλλική επιφάνεια συνιστούν βασικούς δείκτες που ορίζουν την

⁶⁴ Μανέτας 2005, 58.

⁶⁵ Μανέτας 2005, 58.

παραγωγικότητα των φύλλων και του φυτού γενικότερα, και τη χρήση θρεπτικών συστατικών και νερού που απαιτούν τα φυτά⁶⁶.

Από τα 103 γνωστά χημικά στοιχεία μόνο τα 25 συμμετέχουν σε μικρή αναλογία στη σύσταση της ξηρής ουσίας των φυτών. Παρόλο αυτά, τα θρεπτικά είναι μεγάλης σημασίας για τα φυτά επειδή υποβοηθούν στην οικοδόμηση οργανικών ουσιών⁶⁷. Από τα παραπάνω στοιχεία ο άνθρακας και το οξυγόνο συγκροτούν το μεγαλύτερο μέρος του ξηρού βάρους του φυτικού σώματος φτάνοντας το 45% το καθένα σε αντίθεση με το υδρογόνο που ανέρχεται μόλις σε 6%. Το επόμενο σε αφθονία στοιχείο είναι το άζωτο με ποσοστό 1,5%. Άλλα στοιχεία, που μπορούν να εκφραστούν με την έννοια ποσοστιαίας αναλογίας ως προς το ξηρό βάρος, είναι το K (1%), το Ca (0,5%), ο P και το Mg (0,2% το καθένα) και τέλος το S (0,1%)⁶⁸.

Η ξηρά ουσία των φύλλων σχετίζεται με την πυκνότητα βλάστησης. Όπου υπάρχει μεγάλη πυκνότητα βλάστησης και χαμηλή διαθέσιμη ηλιοφάνεια, το ποσοστό της φωτοσύνθεσης μειώνεται και κατά συνέπεια και το ξηρό βάρος του φύλλου⁶⁹. Επομένως, η διαμόρφωση του φυτού μέσω του κλαδέματος, έτσι ώστε να επιτρέπεται η διέλευση του φωτός μεταξύ των κλάδων και των καρποφόρων οφθαλμών αποτελεί βασικό παράγοντα αύξησης του ξηρού βάρους των φύλλων. Επίσης, η πλεονάζουσα βλάστηση που δημιουργείται στο φυτό από τα μέσα Ιουλίου και μετά (λαίμαργη βλάστηση) λειτουργεί ανταγωνιστικά προς τους καρπούς, απορροφώντας υδατάνθρακες από το δένδρο και μειώνοντας σημαντικά τα επίπεδα ξηρής ουσίας των καρπών. Η καλή ηλιοφάνεια εντός του αγρού και η πρόσληψη του ηλιακού φωτός από τα φύλλα, δημιουργούν τις κατάλληλες προϋποθέσεις καλής λειτουργίας της φωτοσύνθεσης και δημιουργίας υδατανθράκων από τη φυλλική επιφάνεια.

Η ειδική φυλλική επιφάνεια εκφράζει το λόγο του εμβαδού της φυλλικής επιφάνειας του φύλλου προς το ξηρό βάρος του. Η ειδική φυλλική επιφάνεια μειώνεται όσο τα φύλλα ωριμάζουν και αυξάνεται όταν επικρατεί βαθιά σκίαση. Υπάρχουν, επίσης, ενδείξεις ότι σε φωτεινό περιβάλλον, φύλλα με υψηλή ειδική

⁶⁶ Βλ. ιστότοπο

www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm?seq_no_115=171341.

⁶⁷ Μήτσιος 2004, 18.

⁶⁸ Καράταγλης 1994, 144.

⁶⁹ Hall 1993, 39.

φυλλική επιφάνεια έχουν σχετικά μεγαλύτερο ρυθμό ανάπτυξης. Οι τιμές της ειδικής φυλλικής επιφάνειας ποικίλουν σε σχέση με το μέγεθος. Η χαμηλότερη τιμή κυμαίνεται σε 2 m² ανά kg ξηρού βάρους του φύλλου και η υψηλότερη πάνω από 50 m² ανά kg ξηρού βάρους⁷⁰.

2.5.4 Ειδικό βάρος φύλλων

Αντίθετα από την ειδική φυλλική επιφάνεια (SLA), το ειδικό βάρος του φύλλου (SLW, kg m⁻²) εκφράζει το λόγο του ξηρού βάρους των φύλλων προς την επιφάνειά του. Το ειδικό βάρος σχετίζεται με το ηλιακό φως που δέχονται τα φύλλα. Όταν τα φύλλα αναπτύσσονται σε υψηλή ένταση φωτός, τότε έχουν μεγαλύτερο ειδικό βάρος⁷¹. Επίσης, το ειδικό βάρος των φύλλων, συσχετίζεται θετικά με το ρυθμό φωτοσύνθεσης ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου⁷². Γενικότερα, το ειδικό βάρος των φύλλων δεν έχει καθορισμένο ρόλο στις ιδιότητες των φυτών αν και συσχετίζεται με το πάχος των φύλλων και δείχνει έμμεσα και το συνολικό αριθμό των κυττάρων στο μεσόφυλλο των φύλλων⁷³.

2.6 Ορθή διαχείριση της πρακτικής της λίπανσης

Η ορθή διαχείριση των καλλιεργητικών πρακτικών στην γεωργία συντελεί στην μεγαλύτερη παραγωγή, στην προστασία του περιβάλλοντος, στη μείωση της απώλειας του επιφανειακού στρώματος εδάφους, στην μετρίαση της υποβάθμισης της ποιότητας των επιφανειακών στρωμάτων λόγω απώλειας θρεπτικών στοιχείων και της μόλυνσης του νερού από λιπάσματα, απόβλητα κτλ⁷⁴. Η ορθή διαχείριση πρακτικών καλλιέργειας περιλαμβάνει, ολοκληρωμένη διαχείριση καταπολέμησης εντόμων, ελεγχόμενη ζιζανιοκτονία, έλεγχο ασθενειών και σωστή χρήση θρεπτικών.

⁷⁰ Hall 1993, 39-40.

⁷¹ Hallik et al. 2012, 88-89.

⁷² Hall 1993, 40.

⁷³ Hall 1993, 40.

⁷⁴ PPI, 1989; Griffith and Murphy, 1991

Στην εφαρμογή λιπασμάτων δίνεται ιδιαίτερη προσοχή, καθώς η αλόγιστη χρήση συντελεί και στην μόλυνση του περιβάλλοντος.

Η ορθή πρακτική της λίπανσης αναφέρεται στην αποτελεσματική χρήση λιπασμάτων, με στόχο την αναπλήρωση θρεπτικών στοιχείων και την διόρθωση οποιασδήποτε ανεπάρκειας του φυτού και του εδάφους, και την ελαχιστοποίηση πιθανών απωλειών θρεπτικών στοιχείων από το οικοσύστημα-αγρό⁷⁵. Για την σωστή πρακτική της λίπανση είναι απαραίτητο να εφαρμόζεται ο κατάλληλος τύπος λιπάσματος, σε σωστή ποσότητα ανάλογα με τις ανάγκες της καλλιέργειας και του εδάφους, την εποχή (συνήθως τμηματικά) που η καλλιέργεια έχει τις μεγαλύτερες απαιτήσεις σε θρεπτικά και στο σωστό μέρος, ώστε τα θρεπτικά να είναι άμεσα διαθέσιμα στα φυτά. Συγκεκριμένα, ο κατάλληλος τύπος λιπάσματος, το σωστό δηλαδή προϊόν, επιλέγεται βάση της περιεκτικότητας του λιπάσματος και του εδάφους σε θρεπτικά στοιχεία και την ανάγκη της καλλιέργειας για αναπλήρωση ή προσθήκη θρεπτικών. Πριν την εφαρμογή λιπάσματος είναι απαραίτητη η εδαφολογική ανάλυση, και έπειτα να επιλέγεται ο κατάλληλος τύπος λιπάσματος, σύμφωνα με την επάρκεια ή την έλλειψη θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος. Η σωστή ποσότητα λιπάσματος χρήζει ιδιαίτερης προσοχής, καθώς η υπερβολική ποσότητα λιπάσματος έχει ως αποτέλεσμα την έκπλυσή του στο περιβάλλον, ενώ συχνά δίνει χαμηλή ποιότητα παραγόμενου προϊόντος και, πιο σπάνια, μειωμένη παραγωγή καρπού. Οι ποσότητες εφαρμογής θρεπτικών στο έδαφος γίνονται με βάσει εδαφολογικής εξέτασης, ανάλυσης φυτικών ιστών και, πιο συχνά στη δενδροκομ φυλλοδιαγνωστικής. Ο χρόνος εφαρμογής των λιπασμάτων και των θρεπτικών εξαρτάται από την εποχή που η καλλιέργεια έχει τις μεγαλύτερες απαιτήσεις (πριν τη βλάστηση, στην άνθιση, κατά την ανάπτυξη των καρπών). Τα θρεπτικά είναι πιο αποτελεσματικά για την καλλιέργεια όταν η διαθεσιμότητά τους συγχρονίζεται με τις απαιτήσεις της καλλιέργειας. Τέλος, οι μέθοδοι εφαρμογής των λιπασμάτων είναι κρίσιμης σημασίας για την αποδοτική εκμετάλλευση των λιπασμάτων από την καλλιέργεια. Η ενσωμάτωση είναι συνήθως η καλύτερη επιλογή για να κρατήσει τα θρεπτικά συστατικά στη θέση τους και να αυξήσουν την αποτελεσματικότητά τους.

⁷⁵ Canadian Fertilizer Institute.

2.7 Θρέψη – Λίπανση φυτών

Με τη λίπανση επιτυγχάνεται η εισροή θρεπτικών στοιχείων στον αγρό διαμέσου του εδάφους ή των φύλλων, ώστε να αναπληρωθούν οι εκροές θρεπτικών στοιχείων από το οικοσύστημα-αγρό και να διορθωθούν οποιεσδήποτε ανεπάρκειες του φυτού και του εδάφους. Έτσι, διατηρείται η παραγωγικότητα των δένδρων και επέρχεται η κατάλληλη ισορροπία ανάμεσα στη βλαστική ανάπτυξη, στην παραγωγικότητα και στην ποιότητα των καρπών⁷⁶. Συνεπώς, η γνώση των παραγωγών στο θέμα της λίπανσης είναι απαραίτητη, καθώς συντελεί στη βελτίωση της ποιότητας των καρπών, στην αύξηση της ποσότητας παραγωγής και στη μείωση του κόστους της.

Οι απαιτήσεις των φυτικών οργανισμών σε θρεπτικά στοιχεία ικανοποιούνται με την πρόσληψη τους, τόσο από την ατμόσφαιρα – κυρίως υπό τη μορφή του CO₂, όσο και από το εδαφικό περιβάλλον. Το τελευταίο δε, αποτελεί και τη βάση της ανόργανης θρέψης των φυτών. Συνεπώς, το έδαφος και η ατμόσφαιρα αποτελούν βασικά μέσα πρόσληψης θρεπτικών στοιχείων από τα φυτά.

2.7.1. Φυσιολογική σημασία των θρεπτικών στοιχείων

Τα θρεπτικά στοιχεία διακρίνονται ανάλογα με την ποσότητα που προσλαμβάνουν τα φυτά σε μακροστοιχεία, όπως είναι N, P, K, Ca, Mg, S⁷⁷, διότι αντλούνται από το έδαφος σε μεγαλύτερες ποσότητες και βρίσκονται στους φυτικούς ιστούς σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις⁷⁸ και σε ιχνοστοιχεία, Fe, Zn, Mn, Cu, B, Mo, Cl⁷⁹, εξαιτίας της παρουσίας τους στο σύστημα εδάφους-φυτού, συνήθως σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις⁸⁰.

Τα μακροστοιχεία συμμετέχουν στην κατασκευή του φυτικού σώματος, λαμβάνουν μέρος σε ενεργειακές μετατροπές και σχετίζονται με τη ρύθμιση οσμωτικών παραμέτρων. Ο άνθρακας, το υδρογόνο και το οξυγόνο αποτελούν τα κύρια δομικά στοιχεία των υδατανθράκων, των πρωτεϊνών και των λιπών, ενώ

⁷⁶ Νάνος, Ορθές γεωργικές πρακτικές για τη λίπανση της ελιάς.

⁷⁷ Τσαπικούνης 1997, 15.

⁷⁸ Μήτσιος 2004, 11.

⁷⁹ Τσαπικούνης 1997, (τμ. Β) 15.

⁸⁰ Μήτσιος 2004, 11

εξασφαλίζουν και απαιτούμενη μεταβολική ενέργεια μέσω της οξειδωτικής διάσπασης των τελευταίων τριών στοιχείων κατά τη διάρκεια της αναπνοής. Αντίθετα, τα ιχνοστοιχεία απαιτούνται σε περιορισμένες ποσότητες και τα περισσότερα συμμετέχουν ως προσθετικές ομάδες ή παράγοντες ενεργοποίησης διαφόρων ενζύμων (συνενζύμων)⁸¹. Από τα μακροστοιχεία, το μαγνήσιο δεν αποτελεί μόνο ένα σημαντικό κατασκευαστικό συστατικό της χλωροφύλλης, αλλά έχει και το ρόλο του συνενζυμικού παράγοντα. Το ασβέστιο, επίσης, αποτελεί σημαντικό δομικό συστατικό του κυτταρικού τοιχώματος⁸².

2.7.2. Θρέψη φυτών. Πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων από το εδαφικό διάλυμα και από την ατμόσφαιρα

Η διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους αποτελεί τον κυριότερο παράγοντα για την καλύτερη δυνατή παραγωγή των δέντρων. Η διαθεσιμότητα εκφράζει την ικανότητα των φυτών να εφοδιάζονται με θρεπτικά συστατικά κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Ο όρος «διαθέσιμο θρεπτικό στοιχείο» αναφέρεται μόνο κατά το χρόνο στον οποίο το θρεπτικό στοιχείο προσλαμβάνεται από τις ρίζες των φυτών⁸³. Επομένως, όλα τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία θα πρέπει να είναι σε αφομοιώσιμη μορφή και σε ισορροπημένες ποσότητες την κατάλληλη εποχή, ώστε να προσληφθούν από τα δένδρα και να αναπτυχθούν τα τελευταία φυσιολογικά. Έτσι, οι ποσότητες των θρεπτικών στοιχείων δε θα πρέπει να είναι υπερβολικές ή ελλειμματικές για να αποφευχθούν αντίστοιχα οι τοξικότητες και οι τροφопενίες στα φυτά, καθώς έχουν σαν αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποιότητας και τη μείωση της παραγωγής⁸⁴.

Τα θρεπτικά συστατικά του εδάφους απορροφώνται από τα φυτά υπό μορφή ιόντων, ενώ ορισμένα από αυτά απαντούν στο εδαφικό διάλυμα και απορροφώνται από τα φυτά σαν συγκεκριμένες μόνο χημικές μορφές. Συγκεκριμένα, ο άνθρακας (C) και το οξυγόνο (O) προσλαμβάνεται από τα φυτά από το εδαφικό διάλυμα με τη μορφή όξινων ανθρακικών (HCO_3^-), ενώ το υδρογόνο (H) και το οξυγόνο διαμέσου

⁸¹ Δροσόπουλος, 1992 και 1998.

⁸² Καραμπουρνιώτης, 2003.

⁸³ Μήτσιος 2004, 23.

⁸⁴ Τσαπικούνης 1997, (τμ. Β) 15.

των ριζών από το νερό του εδάφους. Τα φυτά προσλαμβάνουν το άζωτο (N) κυρίως ως ανόργανο νιτρικό ιόν (NO_3^-) ή ως αμμωνιακό ιόν (NH_4^+) από το εδαφικό διάλυμα. Η αφομοίωση του αμμωνιακού αζώτου συμπεριλαμβάνει την αμινοποίηση του ανόργανου αζώτου⁸⁵. Ο φώσφορος (P) απορροφάται κυρίως με τη μορφή ιόντων H_2PO_4^- και δευτερευόντως ως HPO_4^{2-} , ανάλογα με το pH του εδάφους. Η απορρόφηση των ανιόντων H_2PO_4^- είναι ταχύτερη σε χαμηλά pH, ενώ αυτή των HPO_4^{2-} κυριαρχεί σε υψηλότερα pH⁸⁶. Το βόριο (B) απαντά στα εδαφικά διαλύματα, σε τιμές του pH από 5 έως 9, με τη μορφή του ασθενούς οξέος (H_3BO_3) ή $\text{B}(\text{OH})_3$, με την οποία κυρίως απορροφάται από τις ρίζες⁸⁷, ενώ σε pH ανώτερα του 7 έως 8 το βορικό οξύ προσλαμβάνει υδροξύλια από το νερό και σχηματίζει το βορικό ανιόν $[\text{B}(\text{OH})_3 + 2\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{B}(\text{OH})_4^- + \text{H}_3\text{O}^+]$. Το θείο (S) απαντά στο έδαφος υπό τη μορφή ανιόντος SO_4^{2-} τα οποία προσλαμβάνονται από το ριζικό σύστημα. Ο σίδηρος (Fe) και ο χαλκός (Cu) απορροφούνται με τη μορφή του δισθενούς ιόντος Fe^{+2} και Cu^{+2} αντίστοιχα. Ο ψευδάργυρος (Zn) προσλαμβάνεται υπό τη μορφή δισθενούς κατιόντος Zn^{+2} , ενώ σε υψηλότερα pH υπό μορφή μονοσθενούς κατιόντος (ZnOH^+). Γενικότερα, ο σίδηρος, ο χαλκός, ο ψευδάργυρος και το μολυβδαίνιο (Mo) προσλαμβάνονται από τα φυτά με τη μορφή ιόντων ή με τη μορφή οργανικών συμπλόκων από το εδαφικό διάλυμα⁸⁸. Το κάλιο (K), νάτριο (Na), ασβέστιο (Ca), μαγνήσιο (Mg), μαγγάνιο (Mn), και χλώριο (Cl) προσλαμβάνονται από τα φυτά από το εδαφικό διάλυμα με τη μορφή κατιόντων (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+})⁸⁹.

Τα ιόντα του εδάφους μπορούν να εισέλθουν στη ρίζα μέσω τριών εναλλακτικών μηχανισμών. Ο πρώτος μηχανισμός πρόσληψης είναι η απευθείας πρόσληψη των θρεπτικών στοιχείων, η οποία απορεί να συμβεί με επαφή των ριζών με τη στερεά φάση του εδάφους, χωρίς τη μεσολάβηση του εδαφικού διαλύματος. Άλλος μηχανισμός πρόσληψης των ιόντων είναι η μετακίνηση των θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος προς τη ρίζα. Μπορεί να συμβεί αυθόρμητα μέσω διάχυσης από μια περιοχή υψηλής συγκέντρωσης προς μια περιοχή χαμηλής συγκέντρωσης. Τέλος, η μετακίνηση των θρεπτικών στοιχείων μπορεί να γίνει και δια μαζικής ροής

⁸⁵ Μήτσιος 2004, 8.

⁸⁶ Μήτσιος 2004, 14.

⁸⁷ Δροσόπουλος, 1992 και 1998.

⁸⁸ Μήτσιος 2004, 14.

⁸⁹ Μήτσιος 2004, 14.

μέσω της ταχείας κίνησης του νερού προς τις ρίζες, ως αποτέλεσμα της λειτουργίας του διαπνευστικού ρεύματος⁹⁰.

Εκτός από το έδαφος, τα δέντρα και γενικότερα τα φυτά, ικανοποιούν μέρος των αναγκών τους σε θρεπτικά στοιχεία μέσω της φωτοσύνθεσης, με πρόσληψη στοιχείων από την ατμόσφαιρα. Η φωτοσύνθεση διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη θρέψη των φυτών, καθώς τα ανώτερα φυτά, ως αυτότροφοι οργανισμοί, είναι ικανά να εξασφαλίζουν την απαραίτητη ενέργεια και να οικοδομούν οργανικές ουσίες, μετατρέποντας τις ανόργανες θρεπτικές ουσίες που λαμβάνουν από το έδαφος, σε υδατάνθρακες, που είναι απαραίτητα στοιχεία για την θρέψη τους.

Τα βασικά στοιχεία που προσλαμβάνουν τα φυτά από την ατμόσφαιρα με τη φωτοσύνθεση είναι ο άνθρακας και το οξυγόνο. Επιπλέον, από την ατμόσφαιρα τα φυτά προσλαμβάνουν δια μέσου των φύλλων⁹¹ και άλλα σημαντικά στοιχεία, όπως το υδρογόνο, το άζωτο και το θείο. Πιο συγκεκριμένα, ο άνθρακας και το οξυγόνο προσλαμβάνονται από τα φυτά με τη μορφή CO₂ από την ατμόσφαιρα. Το υδρογόνο απορροφάται από τα φυτά όταν επικρατούν συνθήκες υψηλής ατμοσφαιρικής υγρασίας. Το άζωτο προσλαμβάνεται από τα φυτά με τη μορφή αερίου NH₃ και N₂ από την ατμόσφαιρα. Το άζωτο εισέρχεται επίσης από την ατμόσφαιρα είτε με τη βροχή είτε δεσμεύεται από ειδικούς μικροοργανισμούς, όπως Rhizobium, Actinomyces, που ζουν γύρω από το ριζικό σύστημα των φυτών (στη ριζόσφαιρα). Τέλος, η αφομοίωση του θείου από την ατμόσφαιρα γίνεται με τη μορφή SO₂⁹².

2.7.3. Απώλειες θρεπτικών στοιχείων.

Τα θρεπτικά που προστίθενται στο έδαφος ή θα προσληφθούν από τις καλλιέργειες ή θα δεσμευτούν από το έδαφος ή θα εκπλυθούν ή θα απομακρυνθούν από τη διάβρωση, ή τέλος, θα χαθούν στην ατμόσφαιρα, όπως για παράδειγμα, με την απονιτροποίηση και την εξαέρωση της αμμωνίας⁹³.

⁹⁰ Δροσόπουλος, 1992.

⁹¹ Μήτσιος 2004, 12 και 27.

⁹² Μήτσιος 2004, 14.

⁹³ Τσαπικούνης 1997, (τμ. Γ) 15- 16.

Συγκεκριμένα, τα φυτά προσλαμβάνουν κατά μέσο όρο το 40-50% του N των λιπασμάτων, ενώ το υπόλοιπο χάνεται με τις διεργασίες της έκπλυσης, της απονιτροποίησης και της εξαέρωσης⁹⁴. Το άζωτο κατά την απονιτροποίηση του επιστρέφει στην ατμόσφαιρα ως αέριο N₂, N₂O, NH₃. Οι απώλειες αζώτου με απονιτροποίηση παρατηρούνται με την παρουσία μικροοργανισμών όπως *Pseudomonas*, *Achromobacter* και *Micrococcus* σε pH 4,9 έως 5,6, οπότε και επέρχεται η απώλεια του αζώτου ως N₂O, ενώ σε pH 7,3 έως 7,9, ως N₂. Το άζωτο μπορεί, επίσης, να εξαερωθεί με τη μορφή αμμωνίας, ανεξάρτητα την τιμή του pH του εδάφους ή με τη μορφή νιτρικού οξέος (HNO₃), που παρατηρείται σε όξινα εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα αργιλίου και υδρογόνου⁹⁵. Επίσης, το άζωτο μπορεί να χαθεί με τη μορφή νιτρικών με την έκπλυση. Τα νιτρικά ιόντα NO₃⁻ (όπως και γενικότερα τα ανιόντα στο έδαφος) δεν μπορούν να δεσμευτούν από τα ομόσημα αρνητικά φορτισμένα κolloειδή και τείνουν να εκπλυθούν από το νερό της βροχής ή να διεισδύσουν σε μεγάλο βάθος στο έδαφος, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να αξιοποιηθούν από τα φυτά⁹⁶. Ως προς το φώσφορο, αυτό απορροφάται από τα φυτά με τη λίπανση σε ποσοστό 15 έως 20%, αφού δεσμεύεται εύκολα και μετακινείται δύσκολα στο έδαφος. Σε δενδροκαλλιέργειες συνιστάται να εφαρμόζεται σε 25 έως 30 εκατοστά βάθος από την επιφάνεια του εδάφους, καθώς σε μικρότερο βάθος δεν μπορεί να προσληφθεί, πράγμα που είναι εφικτό μόνο πριν την εγκατάσταση του οπωρώνα. Το κάλιο, από την άλλη πλευρά, δεν ακινητοποιείται στο βαθμό που ακινητοποιείται ο φώσφορος. Η αποτελεσματικότητα στη πρόσληψη καλίου από τα φυτά κυμαίνεται από 30 έως 60%. Μεγάλες απώλειες καλίου επιτυγχάνονται με έκπλυση και λαμβάνουν χώρα κυρίως σε αμμώδη εδάφη. Υπάρχει στενή σχέση μεταξύ καλίου και αζώτου. Όσο μεγαλύτερες είναι οι δόσεις αζώτου που χορηγούνται, τόσο μεγαλύτερες συνιστάται να είναι και οι ποσότητες καλίου⁹⁷.

Οι υπερβολικές ποσότητες ενός στοιχείου στο εδαφικό διάλυμα συνήθως συνεπάγονται ανταγωνισμό ή δέσμευση κάποιου άλλου, γι' αυτό είναι απαραίτητο να προηγείται ανάλυση εδάφους, ώστε να προσδιορίζεται η συγκέντρωση καθενός από

⁹⁴ Τσαπικούνης 1997, (τμ.Γ) 16.

⁹⁵ Μήτσιος 2004, 203.

⁹⁶ Δροσόπουλος, 1992 και 1998.

⁹⁷ Τσαπικούνης 1997, (τμ.Α) 19.

τα στοιχεία σε σχέση με την άριστη. Επίσης, το pH επηρεάζει τη διαλυτότητα κάθε στοιχείου, γι' αυτό θα πρέπει να προσδιορίζεται και να διορθώνεται κάθε φορά, όσο είναι δυνατό. Τα θρεπτικά στοιχεία εμφανίζουν τη μεγαλύτερη διαλυτότητά τους –και συνεπώς αφομοιωσιμότητά τους– σε pH 6 έως 6,5⁹⁸.

Οι ποσότητες των διαθέσιμων θρεπτικών στο έδαφος προσδιορίζονται με εδαφολογική εξέταση και αναδεικνύουν την τυχόν ποσότητα που χρειάζεται να προστεθεί, ώστε να πληρωθούν οι ανάγκες της καλλιέργειας. Επιπλέον, εκτός από την εδαφολογική εξέταση, ο τύπος, η ποσότητα, η κατάλληλη εποχή και ο τρόπος εφαρμογής του λιπάσματος διαπιστώνεται και με την ανάλυση των φυτικών ιστών, τη φυλλοδιαγνωστική⁹⁹.

2.7.4. Φυλλοδιαγνωστική

Φυλλοδιαγνωστική είναι η μέθοδος ανάλυσης των φυτικών ιστών, και συγκεκριμένα των φύλλων, που χρησιμοποιείται προκειμένου να εκτιμηθεί η θρεπτική κατάσταση των φυτών και η διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος¹⁰⁰. Τα φύλλα αποτελούν μια καλή εικόνα για τη θρεπτική κατάσταση των δέντρων, καθώς περιέχουν τη μεγαλύτερη συγκέντρωση ανόργανων στοιχείων¹⁰¹. Για την διάγνωση τροφοπενιών ή επάρκειας των θρεπτικών είναι απαραίτητη η γνώση της κριτικής συγκέντρωσης των θρεπτικών στοιχείων μέσα στου φυτικούς ιστούς. Σύμφωνα με τον Θεριό (1996) “κριτική συγκέντρωση είναι εκείνη η συγκέντρωση του στοιχείου στον ιστό με την οποία επιτυγχάνεται το 90% της μέγιστης παραγωγή”. Επίσης, για κάθε δέντρο η δειγματοληψία φύλλων θα πρέπει να γίνεται και από διαφορετικό σημείο. Για τα πιο πολλά είδη δέντρων τα φύλλα συλλέγονται από αιχμές κατά τη περίοδο του καλοκαιριού, και συγκεκριμένα Ιούνιο-Ιούλιο, όπου τα περισσότερα ανόργανα στοιχεία βρίσκονται στις υψηλότερες συγκεντρώσεις. Συγκεκριμένα, ορισμένα θρεπτικά στοιχεία, όπως το άζωτο, ο ψευδάργυρος, ο φώσφορος και το κάλιο παρουσιάζουν τη μέγιστη συγκέντρωση όταν τα φύλλα αποκτούν το πλήρες μέγεθός

⁹⁸Τσαπικούνης 1997, (τμ. Β) 15.

⁹⁹Θεριός 1996, 145.

¹⁰⁰Μήτσιος 2004, 29.

¹⁰¹Βασιλακάκης 2004, 216.

τους, ενώ η υψηλότερη τιμή συγκέντρωσης του ασβεστίου παρατηρείται το φθινόπωρο¹⁰².

2.7.5. Λίπανση καλλιεργειών

Η ποσότητα και το είδος των λιπασμάτων που εφαρμόζονται στις καλλιεργείες γίνονται με βάση τον τύπο και το pH του εδάφους, το στάδιο ανάπτυξης των δέντρων, και την περιεκτικότητα του εδάφους σε ανόργανα στοιχεία. Επιπλέον, η ποσότητα των λιπαντικών στοιχείων που χρειάζεται κάθε καλλιέργεια, εξαρτάται από τα συστατικά που απομακρύνονται με τη συγκομιδή, αυτά που χάνονται με την έκπλυση, καθώς και εκείνα που προστίθενται στο έδαφος με την αποσύνθεση της οργανικής ουσίας, όπως υπολείμματα καλλιεργείας και χλωρή λίπανση, με το νερό της βροχής και με την αποσάθρωση των ανόργανων συστατικών του.

Πιο συγκεκριμένα, εισροές θρεπτικών στον αγρό μπορούν να γίνουν με εφαρμογή ανόργανων λιπασμάτων στο έδαφος ή απευθείας στο φυτό, με εμπορικά τυποποιημένα οργανικά υλικά και οποιοδήποτε τοπικά διαθέσιμο υλικό με υψηλή οργανική ουσία όπως κομπόστ, κοπριά κ.λπ. και με πρόσθετα ανόργανα στοιχεία που εισρέουν με το νερό άρδευσης, τον υετό και τον άνεμο. Αντίθετα, οι εκροές θρεπτικών στοιχείων γίνονται κατά τη διάρκεια της συγκομιδής, οπότε και αφαιρούνται οι καρποί από τον αγρό, με την αφαίρεση των κλαδευμάτων, όταν αυτά καίγονται ή πουλιούνται και με απώλειες θρεπτικών με την αεριοποίηση της αμμωνίας, τη βαθιά διήθηση, την επιφανειακή απορροή και τη διάβρωση, όπως ήδη έχει αναφερθεί. Τα βλαστικά μέρη όταν ανακυκλώνονται και αφήνονται στο έδαφος μπορούν να μειώσουν τις ανάγκες λίπανσης έως και 40%, ενώ αυξάνουν και την αποθήκευση άνθρακα στο έδαφος και έτσι βελτιώνουν τις ιδιότητες του εδάφους και την παραγωγικότητα του οπωρώνα.

Για σταθερή και ικανοποιητική παραγωγή κάθε χρόνο τα δέντρα έχουν ανάγκη από μια πλήρη και ορθολογική λίπανση. Για να εφαρμόσουμε ορθολογική χρήση των λιπασμάτων είναι απαραίτητη η γνώση της γονιμότητας του εδάφους, των

¹⁰² Μήτσιος 2004, 33.

αναγκών της καλλιέργειας σε θρεπτικά καθώς και την αποτελεσματικότητα της χρήσης των λιπασμάτων¹⁰³.

2.7.6. Λίπανση της καστανιάς

Η εντατική καλλιέργεια της καστανιάς στην Ευρώπη είναι πρόσφατη και δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία για την ορθολογική λίπανσή. Η λίπανση που εφαρμόζεται στους καστανεώνες στην Ελλάδα είναι εμπειρική παρά ορθολογική, καθώς δεν υπάρχουν πειραματικά δεδομένα σχετικά με την ορθολογική λίπανσή της και όποια στοιχεία υπάρχουν στηρίζονται κυρίως σε ξένη βιβλιογραφία. Επίσης, οι εφαρμογές των λιπαντικών μονάδων σε καστανεώνες γίνονται βάση εδαφολογικών αναλύσεων και όχι με πρότυπα φυλλοδιαγνωστικής, καθώς δεν υπάρχουν δεδομένα για τα κρίσιμα επίπεδα θρεπτικών στα φύλλα της καστανιάς.

Ως προς την ποσότητα των λιπαντικών μονάδων, κυρίως του αζώτου, που εφαρμόζεται στον αγρό λαμβάνεται επιπλέον υπ' όψη, η παραγωγικότητα των δέντρων, η άρδευση, η κλίση του εδάφους και το ποσοστό σκίασης του εδάφους από τη φυτική κόμη.

Κατά τη διενέργεια των λιπαντικών επεμβάσεων, επομένως, ο καλλιεργητής συνιστάται να προσαρμόζει το πρόγραμμα λίπανσης στις απαιτήσεις των καστανεόδέντρων του για θρεπτικά στοιχεία, να μεριμνά για τη διατήρηση και βελτίωση της γονιμότητας των εδαφών και να εφαρμόζει τα κατάλληλα λιπάσματα την εποχή που τα έχει ανάγκη η καστανιά, ώστε να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες από τις συγκομιδές με τη μορφή έκπλυσης ή εξαέρωσης.

Η λίπανση με βάση το ποσοστό σκίασης του εδάφους από τη φυτική κόμη εξαρτάται από τις αποστάσεις φύτευσης. Όσο μικρότερες είναι οι αποστάσεις φύτευσης των δέντρων τόσο χαμηλότερες ποσότητες αζώτου απαιτούνται ανά δέντρο. Για παράδειγμα στην Καλιφόρνια, σε ποσοστό 40% σκίασης του εδάφους από μεγάλα δέντρα, εφαρμόζεται περίπου 11,2 κιλά αζώτου ανά στρέμμα. Σε αποστάσεις φύτευσης 10 x 10 m, 10 δέντρα το στρέμμα, εφαρμόζονται 255 γραμμάρια ανά δέντρο τον πρώτο χρόνο και προσθέτονται 50 γραμμάρια αζώτου σε κάθε δέντρο κάθε χρόνο. Αυξάνεται, δηλαδή, το ποσοστό της εφαρμογής ανά 50

¹⁰³ Τσαπικούνης 1997, (τμ. Γ) 16.

γραμμάρια αζώτου σε κάθε δέντρο κάθε χρόνο μέχρι τα 11,2 κιλά αζώτου ανά στρέμμα¹⁰⁴.

Επίσης, η ποσότητα των λιπαντικών στοιχείων που χρειάζεται κάθε καστανεώνας, εξαρτάται από τις εκροές που έχει. Οι εκροές θρεπτικών στοιχείων αυξάνονται σημαντικά κατά τη διάρκεια της συγκομιδής, όπου και αφαιρούνται οι καρποί από τον καστανεώνα, με την αφαίρεση του ξύλου των κλαδευμάτων, όταν αυτό καίγεται ή πουλιέται, και με τις απώλειες των θρεπτικών που περιέχονται στα φύλλα και στις κασίδες, όταν αυτά καίγονται και δε κομποστοποιούνται. Τα κλαδιά που κομποστοποιούνται και αφήνονται τα στο έδαφος μειώνουν τις ανάγκες λίπανσης έως και 40%, αυξάνουν την αποθήκευση άνθρακα στο έδαφος και έτσι βελτιώνουν τις ιδιότητες του εδάφους και την παραγωγικότητα του οπωρώνα.

Αναφορικά με της εκροές από τους καστανεώνες, ύστερα από μελέτες που έγιναν στην Πορτογαλία και προέκυψαν ότι με έναν τόνο ξηρών καρπών απομακρύνονται περίπου 9,8 kg N, 8,4 kg K, 1,5 kg P, 1,1 kg Ca, 0,7 kg Mg, 0,6 kg S, 126 g Mn, 43 g Fe, 15 g Zn, ενώ με ένα τόνο βλαστικού υλικού (ξύλο, φύλλα, κασίδες, κλαδάκια) από τον καστανεώνα 3,6 kg N, 2,3 kg K, 0,6 kg P, 4,6 kg Ca, 0,7 kg Mg, 0,4 kg S, 237 g Mn, 54 g Fe, 23 g Zn. Τα κλαδάκια, οι κασίδες και τα φύλλα περιείχαν το 50% των θρεπτικών¹⁰⁵, ποσοστό που πρέπει να προστεθεί στον καστανεώνα.

Ως προς τα σημαντικότερα θρεπτικά στοιχεία η ανάπτυξη των καστανεόδενδρων ενισχύεται ιδιαίτερα με την παροχή ειδικά N, K και P, καθώς τα θρεπτικά αυτά στοιχεία τροποποιούν άμεσα τη διαθεσιμότητα των στοιχείων στο έδαφος, αυξάνουν το pH του και δίνουν ικανοποιητικό μέγεθος καρπών¹⁰⁶. Αναλυτικότερα, η εφαρμογή του αζώτου είναι ιδιαίτερα σημαντική, αφού η καστανιά αντιδρά ιδιαίτερα στην αζωτούχο λίπανση δίνοντας έντονη βλάστηση, υψηλό ποσοστό τέλειων θηλυκών ανθέων, υψηλή καρπόδεση και καλή καρποφορία. Το κάλιο είναι εξίσου σημαντικό στοιχείο για την καστανιά και απαιτείται σχεδόν ίσες ποσότητες με το άζωτο. Σύμφωνα με έρευνες, διαπιστώθηκε ότι το μέγεθος του καρπού επηρεάζεται άμεσα τόσο από την ποσότητα αζώτου, όσο και από την ποσότητα καλίου που εφαρμόζεται στα δέντρα. Συγκεκριμένα, το άζωτο έχει θετική

¹⁰⁴ Vossen 2000, 13.

¹⁰⁵ Pires-Portela 2009, 81.

¹⁰⁶ Laroche et al. 1997, 681.

επίδραση στο μέγεθος του καρπού, ενώ η χαμηλή σχέση μεταξύ εφαρμοζόμενου καλίου και άζωτου επιδρούν αρνητικά στο μέγεθός του. Μάλιστα, ο καρπός επηρεάζεται θετικά όταν το άζωτο βρίσκεται σε μεγαλύτερο ποσοστό στα φύλλα παρά στους καρπούς¹⁰⁷. Το τρίτο σημαντικό στοιχείο για τη λίπανση της καστανιάς είναι ο φώσφορος, η εφαρμογή του οποίου γίνεται πριν τη φύτευση των δέντρων σε ποσότητα 10 έως 20 kg η οποία επαρκεί για τα επόμενα 10 χρόνια, ενώ η προσθήκη του αργότερα γίνεται κυρίως διαφυλλικά. Εκτός των τριών αυτών θρεπτικών στοιχείων, το μαγνήσιο συνίσταται να βρίσκεται στο έδαφος σε ικανοποιητικές ποσότητες υπό την μορφή ασβεστομαγνησιούχων αλάτων, καθώς αποτελεί σημαντικό στοιχείο για την κανονική ανάπτυξη του φυτού¹⁰⁸. Τέλος, η εφαρμογή του ασβεστίου ελέγχει το pH του εδάφους, σε περίπτωση που είναι κάτω από 5 με εφαρμογή ανθρακικού ασβεστίου, ενώ διαφορετικά η εφαρμογή ασβεστίου θα πρέπει να αποφεύγεται.

2.7.7. Λίπανση καστανεώνα από την εγκατάσταση έως την πλήρη απόδοση των δέντρων.

Όπως ήδη έχει αναφερθεί, οι ποσότητες και τα λιπάσματα που εφαρμόζονται για την λίπανση της καστανιάς στην Ελλάδα στηρίζονται κυρίως σε δεδομένα του εξωτερικού, καθώς δεν υπάρχει πειραματικό υλικό για την σωστή και γενικότερα ορθολογική λίπανσή της. Με βάση, λοιπόν, τις εφαρμογές λιπαντικών μονάδων τόσο στην Ελλάδα όσο και στον κόσμο, παρακάτω παρουσιάζονται οι ποσότητες λιπασμάτων και στοιχείων που εφαρμόζονται στην καστανιά από την εγκατάστασή της έως και σε πλήρη παραγωγικά δέντρα.

Πριν την εγκατάσταση του καστανεώνα εφαρμόζεται η βασική λίπανση η οποία περιλαμβάνει: οργανική λίπανση για τη βελτίωση της γονιμότητας του εδάφους, σε συνιστώμενη ποσότητα 3 έως 5 τόνων, όταν η περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία είναι μικρότερη από 2% και φωσφορική λίπανση σε ποσότητα 20 έως 30 μονάδων στο στρέμμα για ένα μη ελλειμματικό έδαφος. Η απαραίτητη κομποστοποιημένη οργανική ουσία και ο φώσφορος εφαρμόζονται πριν

¹⁰⁷ Δημουλάς 1986, 130.

¹⁰⁸ Δημουλάς 1986, 130.

την εγκατάσταση των δέντρων και πληρούν τις ανάγκες της καλλιέργειας για τα επόμενα 10 χρόνια¹⁰⁹. Επίσης, κατά τη βασική λίπανση εφαρμόζεται ποσότητα καλίου, μικρότερη από το φώσφορο, καθώς είναι πιο ευκίνητο, σε ποσότητα 8 έως 12 μονάδων στο στρέμμα. Σημαντική είναι και η προσθήκη ασβεστίου στο έδαφος για διόρθωση του pH. Σε εδάφη με pH μικρότερο του 5 συνιστάται η εφαρμογή 300 kg CaO στο στρέμμα, και σε εδάφη με pH 5 έως 5,5 εφαρμογή με 100 έως 200 kg CaO ανά στρέμμα¹¹⁰.

Αμέσως μετά τη φύτευση των καστανόδεντρων το στοιχείο που είναι απαραίτητο για την κανονική ανάπτυξη των φυτών είναι το άζωτο. Η συνολική ποσότητα του αζώτου που θα χρησιμοποιηθεί βασίζεται κυρίως στο έτος ηλικίας των δέντρων και στις αποστάσεις φύτευσής τους (πυκνότητα φύτευσης)¹¹¹. Η εφαρμογή του, μετά τη φύτευση των δέντρων, γίνεται με τη μορφή νιτρικής αμμωνίας, καθώς ευνοεί τη γρήγορη ανάπτυξη των ριζών και των νεαρών βλαστών¹¹², ενώ σε πολύ όξινα εδάφη (pH < 5) εφαρμόζεται με τη μορφή ασβεστούχου νιτρικής αμμωνίας.

Η ποσότητα αζωτούχου λιπάσματος που χορηγείται στα νεαρά δέντρα αυξάνεται χρόνο με το χρόνο, κατά τα 5 πρώτα έτη μετά από τη φύτευση στον αγρό¹¹³. Μπορεί να χορηγηθεί σε μια δόση 50 g κάθε χρόνο και να αυξάνεται κατά 50 g για κάθε χρόνο ηλικίας του δέντρου. Επειδή το άζωτο είναι πολύ ευδιάλυτο στοιχείο και μετακινείται πολύ εύκολα στο έδαφος, καλό είναι η αζωτούχος λίπανση να γίνεται σε 2 έως 3 δόσεις¹¹⁴. Ο Ποντίκης (1996) από παλαιότερα στοιχεία προτείνει η εφαρμογή του N να γίνεται από τις 15 Μαρτίου μέχρι τις 15 Απριλίου ή σε δύο δόσεις, τα 2/3 της ποσότητας στα τέλη Μαρτίου και το 1/3 στις αρχές

¹⁰⁹ Bounous και Beccaro 2002, 32.

¹¹⁰ Δημουλάς 1986, 113-114.

¹¹¹ Vossen 2000, 13.

¹¹² Δημουλάς 1986, 119.

¹¹³ Βαχαμίδης και Βέμμος, << Η καστανιά και η καλλιέργεια της>>, βλ. στο (περιοδ. Γεωργία και κτηνοτροφία, Ιούλιος 2009 τευχος7, 50.

¹¹⁴ Δημουλάς 1986, 123.

Μαΐου¹¹⁵. Όσον αφορά το κάλιο προστίθεται σε ποσότητα 20 έως 24 kg στο στρέμμα κάθε χρόνο στα αμμώδη εδάφη και κάθε 3 χρόνια στα αργιλλώδη¹¹⁶.

Από τον έκτο χρόνο και μετά, όταν δηλαδή τα δέντρα εισέλθουν στην παραγωγική φάση, συνίσταται λίπανση κυρίως με N και K, και ανά μερικά έτη P. Επομένως, από τον έκτο χρόνο της ηλικίας των δέντρων και μετά, οι συνιστώμενες δόσεις των τριών βασικών στοιχείων κατά έτος και στρέμμα είναι 9-12 kg N, 6-9 kg P και 9-12 kg K. Τα φωσφοροκαλιούχα λιπάσματα εφαρμόζονται στο έδαφος αργά το φθινόπωρο, αλλά με υψηλό υετό το χειμώνα σε ορεινά μέρη, όπου τα εδάφη είναι σχετικά ελαφρά, το κάλιο τουλάχιστον κινδυνεύει να εκπλυθεί. Εκεί είναι προτιμότερο η εφαρμογή των φωσφοροκαλιούχων (αν απαιτείται P) ή καλιούχων (συνήθως) λιπασμάτων πρέπει να γίνεται τέλη χειμώνα. Από την άλλη μεριά, λόγω της ευκινησίας τους, το άζωτο συνιστάται να δίνεται σε τρεις ίσες δόσεις. Η πρώτη δόση στα τέλη Μαρτίου με αρχές Απριλίου, για να ευνοηθεί η βλάστηση και η εξέλιξη των ανθικών καταβολών, η δεύτερη δόση τέλη Μαΐου για να ευνοηθεί η άνθηση, η γονιμοποίηση, η καρπόδεση και η διαφοροποίηση των ανθικών καταβολών για την επόμενη χρονιά, και η τελευταία δόση στα μέσα Σεπτεμβρίου για να ευνοηθεί η αύξηση του μεγέθους των καρπών και η ανανέωση των θρεπτικών στοιχείων του δέντρου¹¹⁷. Αν όμως η βλάστηση των δέντρων είναι υπερβολικά ζωνή και η παραγωγή μη ικανοποιητική, η ποσότητα του αζώτου θα πρέπει να μειωθεί. Οι ποσότητες των λιπαντικών μονάδων είναι δυνατόν να διαφέρουν ανά καστανεώνα και να αυξομειώνονται ανάλογα με τον τύπο, τη γονιμότητα και το pH του εδάφους.

2.8 Παραγωγικότητα

Η παραγωγικότητα εκφράζει τη σχέση μεταξύ των εκροών από ένα σύστημα παραγωγής και των εισροών που είναι απαραίτητες για τη δημιουργία αυτών των εκροών. Επίσης, παραγωγικότητα είναι απλά και η παραγωγή καρπών ανά στρέμμα ή δέντρο, κ.λπ. Η ευρύτερη έννοια της παραγωγικότητας σχετίζεται με την

¹¹⁵ Ποντίκης 1996, 159.

¹¹⁶ Δημουλάς 1986, 124.

¹¹⁷ Δημουλάς 1986, 130.

αποτελεσματική εφαρμογή καλλιεργητικών πρακτικών για την παραγωγή καρπών¹¹⁸. Η οικονομική παραγωγικότητα υπολογίζεται διαιρώντας τη μέση παραγωγή ανά καλλιεργητική περίοδο δια το συνολικό κόστος των πόρων (κεφαλαίου, ενέργειας, πρώτων υλών, προσωπικό) που καταναλώνονται μια συγκεκριμένη περίοδο.

Συγκεκριμένα για τα δέντρα της καστανιάς, ο αριθμός των καρπών ανά κέλυφος (κύπελλο, κασίδα) αποτελεί ένα βασικό χαρακτηριστικό που επηρεάζει την παραγωγικότητα των δέντρων. Η αξία του κάστανου είναι ανάλογη του μεγέθους του. Ο αριθμός των καρπών που περιέχονται σε μια κασίδα κυμαίνεται από ένα έως επτά, επηρεάζοντας έτσι το μέγεθος του κάθε καρπού. Στις περισσότερες ποικιλίες καστανιάς ο αριθμός των καρπών σε κάθε κύπελλο δεν ξεπερνά τους τρεις. Ωστόσο, στην περίπτωση με τρεις καρπούς, ο μεσαίος καρπός είναι υπανάπτυκτος-μη εμπορικός, σε αντίθεση με τους δύο ακραίους οι οποίοι είναι πεπλατυσμένοι και ογκώδεις¹¹⁹. Επίσης, κάποιοι από τους βασικούς παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγικότητα της καλλιέργειας είναι η φυτοκάλυψη του εδάφους, ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας και η ηλικία των δέντρων.

2.8.1 Η φυτική κόμη της καλλιέργειας – Φυτοκάλυψη

Ως φυτική κόμη ορίζεται το σύνολο των υπέργειων οργάνων μιας φυτοκοινωνίας. Φυτικά όργανα θεωρούνται τα φύλλα, οι βλαστοί, οι βραχίονες, τα άνθη και οι καρποί. Η ποσότητα, η διάταξη και η οργάνωση αυτών των φυτικών οργάνων στο χώρο, ορίζεται ως δομή της φυτικής κόμης. Η διάταξη και η οργάνωση της δομής στο χώρο αναφέρεται σε παραμέτρους όπως το σχήμα, το μέγεθος, τον προσανατολισμό και τη χωρική κατανομή διαφόρων φυτικών οργάνων. Ωστόσο, στη δομή της φυτικής κόμης, σημασία έχουν τα φύλλα, καθώς είναι αυτά που διαμορφώνουν και τον τύπο της δομής¹²⁰.

Ο τύπος της δομής της φυτικής κόμης διαδραματίζει πολύ σημαντικό ρόλο σε μια φυτοκοινωνία καθώς καθορίζει τις ροές ενέργειας και μάζας ανάμεσα στα φυτά και στο περιβάλλον τους. Πιο συγκεκριμένα, ο τύπος της φυτικής κόμης καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο διαδίδεται η ηλιακή ακτινοβολία μέσα στη φυτική κόμη,

¹¹⁸ www.aode.gr/articles/194-productivity.

¹¹⁹ www.sarkpont.hu/

¹²⁰ www.nemertes.lis.upatras.gr.

επιδρώντας, έτσι, στη μεταβολή της θερμοκρασίας και της υγρασίας. Επιπλέον, επιδρά στην υποδοχή και μεταφορά των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, στη ροή του ανέμου, στη διαμόρφωση της εδαφικής θερμοκρασίας και υγρασίας αλλά και της ροής της θερμότητας στο έδαφος. Αποτέλεσμα αυτών είναι η δημιουργία ή μη κατάλληλων συνθηκών για την εγκατάσταση και την ανάπτυξη μικροοργανισμών.

Έτσι, η δομή της φυτικής κόμης είναι δυνατό να επηρεάσει με έμμεσο τρόπο: α) τις φυσιολογικές διαδικασίες, όπως αυτές της φωτοσύνθεσης, της αναπνοής και της κυτταρικής αύξησης, β) τη μόλυνση και μετάδοση των παθογόνων, γ) την αύξηση και τον πολλαπλασιασμό των εντόμων, και τέλος, δ) τον ανταγωνισμό μεταξύ των ειδών μιας φυτοκοινωνίας. Η έμμεση επίδραση στην υγρασία και τη θερμοκρασία του εδάφους, μπορεί να επηρεάσει την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, τις απώλειες νερού λόγω εξάτμισης, τις διαδικασίες αποικοδόμησης των φυτικών υπολειμμάτων και την ανάπτυξη μικροβιακών πληθυσμών στο έδαφος¹²¹.

2.8.2 Δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI)

Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας μιας φυτικής κόμης εκφράζει τη συνολική επιφάνεια των φύλλων ανά μονάδα επιφάνειας εδάφους¹²². Η φυλλική επιφάνεια αντιπροσωπεύει την επιφάνεια της μιας πλευράς των φύλλων, ενώ ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI- leaf area index) εκφράζει το συνολικό άθροισμα της επιφάνειας της μιας πλευράς των φύλλων της φυτικής κόμης ανά μονάδα επιφάνειας εδάφους (m^2 φυλλικής επιφάνειας/ m^2 επιφάνειας εδάφους)¹²³. Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας έμμεσα περιγράφει την κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας μέσα στη φυτική κόμη¹²⁴.

Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας εξαρτάται από το ισοζύγιο του νερού, την επάρκεια σε θρεπτικά, τις καλλιεργητικές φροντίδες (π.χ. κλάδεμα) και από άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως η θερμοκρασία. Η μέγιστη τιμή του LAI

¹²¹ Campbell et al. 1988; Nobel et al. 1993

www.nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/1113/1/Nimertis_Liapi.pdf.

¹²² Hall 1993, 40.

¹²³ www.nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/1113/1/Nimertis_Liapi.pdf.

¹²⁴ Hall 1993, 40.

καθορίζεται από την πυκνότητα της καλλιέργειας που ρυθμίζεται από την πυκνότητα της φύτευσης, από τη λίπανση και από τις καλλιεργητικές φροντίδες. Πέρα από τη μεταβολή του με το χρόνο, ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας μιας φυτικής κόμης μεταβάλλεται και κατά τη διάσταση του ύψους της φυτικής κόμης¹²⁵. Ο υπολογισμός αυτών των μεταβολών είναι πολύ χρήσιμος στον υπολογισμό της κατανομής της ηλιακής ακτινοβολίας μέσα στη φυτική κόμη και περαιτέρω για τον προσδιορισμό παραμέτρων της δομής της.

2.8.3 Ηλικία δέντρων

Η καλλιέργεια της καστανιάς είναι αρκετά παραγωγική και κερδοφόρα. Ο καστανεώνας εμφανίζει μία πρώτη ικανοποιητική απόδοση στα 4 έως 5 χρόνια μετά τη φύτευση των δέντρων. Στην περίπτωση όμως που οι συνθήκες δεν είναι ιδανικές για την ανάπτυξη της καστανιάς, η παραγωγή των δέντρων μπορεί να καθυστερήσει έως και 7 χρόνια¹²⁶. Τα δέντρα έχουν πλήρη παραγωγή καρπών μετά το δέκατο έως εικοστό έτος της ηλικίας τους, ανάλογα βέβαια με την απόσταση φύτευσης και την ποικιλία τους. Καστανεώνες σε πλήρη παραγωγή αποδίδουν ανά έτος, συνήθως, μέχρι 1.000 κιλά ανά στρέμμα. Σε καστανεώνες με εμβολιασμένα ωστόσο δέντρα, όπου εφαρμόζονται αρδεύσεις και γενικότερα εντατικές καλλιεργητικές φροντίδες, οι αποδόσεις είναι υψηλότερες και απαιτούν μεγαλύτερες εισροές.

2.9 Ποιότητα καρπού

Το μέγεθος των καρπών του κάστανου επηρεάζεται άμεσα από τη γονιμότητα του εδάφους, τη λίπανση, την πυκνότητα παραγωγής και ηλικία των δέντρων. Μεγαλύτερου μεγέθους καρπούς παράγουν τα μικρότερης ηλικίας δέντρα, καλά φωτιζόμενα και εκείνα που καλλιεργούνται σε γόνιμα εδάφη, ενώ η μεγάλη παραγωγή καρπών επηρεάζει αρνητικά το μέγεθός τους.

Τα κάστανια έχουν υψηλή θρεπτική αξία, καθώς είναι πλούσια σε βιταμίνες και φυτικές ίνες, ενώ περιέχουν ελάχιστο λίπος και καθόλου χοληστερόλη και νάτριο. Το edώδιμο μέρος των φρέσκων κάστανων περιέχει κυρίως άμυλο (45% περίπου),

¹²⁵ Hall 1993, 40.

¹²⁶ <http://www.empirechestnut.com>

50% νερό και μικρή ποσότητα σακχάρων. Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη είναι χαμηλή, 1 g ανά μερίδα (περίπου 5%), αλλά περιέχει σε ικανοποιητικές ποσότητες όλα τα απαραίτητα αμινοξέα, αποτελώντας έτσι ένα τρόφιμο υψηλής διατροφικής αξίας. Η πρωτεΐνη των κάστανων είναι παρόμοια με αυτή των αυγών και αφομοιώνεται εύκολα από τον ανθρώπινο οργανισμό¹²⁷. Επίσης τα κάστανα έχουν πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε λίπη, σε ποσοστό 2-5% ή 1,8 g ανά 100 g. Ακόμα και αυτή η μικρή ποσότητα λίπους αποτελείται κυρίως από μονοακόρεστα και πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. Τα κύρια λιπαρά οξέα του κάστανου είναι το λινολεϊκό, ολεϊκό και παλμιτικό οξύ, που συνολικά φθάνουν σε ποσοστό 85% της συνολικής περιεκτικότητας σε λιπιδικά οξέα. Δηλαδή μερικά ω-3 και ω-6 λιπαρά οξέα, γνωστά για την προστατευτική τους δράση στο καρδιαγγειακό σύστημα και όχι μόνο. Οι φρέσκοι καρποί περιέχουν πολλά ανόργανα συστατικά, κυρίως κάλιο. Συγκεκριμένα, περιέχουν σημαντικά μακροστοιχεία όπως Ca, P, K, Mg, S, και μικροστοιχεία όπως Fe, Cu, Zn και Mn¹²⁸. Ιδιαίτερα, αποτελεί σημαντική πηγή P, Ca και K, που είναι απαραίτητα για τη ρύθμιση της αρτηριακής πίεσης, της καρδιακής συστολής και της υδατικής ισορροπίας του οργανισμού¹²⁹ (Πίνακας 2.2).

Τα κάστανα είναι, επίσης, πλούσια πηγή βιταμίνης C. Είναι ο μοναδικός ξηρός καρπός που περιέχει βιταμίνη C, και μάλιστα σε ποσότητα 40 mg ανά 100 g νωπού βάρους, που αντιστοιχεί στο 30% της συνιστώμενης ημερήσιας πρόσληψης. Καθώς η βιταμίνη C είναι κάπως θερμο-ανθεκτική, δεν διασπάται ολοκληρωτικά κατά το βράσιμο ή ψήσιμο των καρπών¹³⁰. Επίσης, το κάστανο αποτελεί καλή πηγή βιταμινών του συμπλέγματος B, B1, B2, B3, B5¹³¹. Συγκεκριμένα, περιέχει θειαμίνη που είναι απαραίτητη για την καλή λειτουργία του νευρικού συστήματος, ριβοφλαβίνη και βιταμίνη B6, που βοηθούν στο μεταβολισμό των θρεπτικών συστατικών, καθώς επίσης και φολικό οξύ.

¹²⁷ Βασιλακακής 2004, 564.

¹²⁸ Ferriera-Cardoso 2002; Pereira-Lorenzo et al. 2005; Borges et al 2008.

¹²⁹ www.axortagos.gr/kastana-ena-xeimoniatiko-snak-polla-ofeli.html.

¹³⁰ http://efizissi.blogspot.gr/2011_10_01_archive.html.

¹³¹ Διαμαντής και Περγλέρου, Γεωργία - Κτηνοτροφία, Ιανουάριος 2011, 75.

Πίνακας 2.2. Θρεπτική σύσταση καρπών ανά 100 g.

Στοιχεία	Περιεκτικότητα
Θερμίδες	189 kcal
Νερό	52,0 g
Υδατάνθρακες	42,4 g
Πρωτεΐνη	3,5 g
Λιπίδια	1,8 g
Θείο (S)	48 mg
Φώσφορος (P)	89 mg
Νάτριο (Na)	11 mg
Κάλιο (K)	500 mg
Ασβέστιο (Ca)	48 mg
Μαγνήσιο (Mg)	40 mg
Ψευδάργυρος (Zn)	19 mg
Χαλκός (Cu)	7 mg
Σίδηρος (Fe)	0,22 mg
Ασκορβικό οξύ (βιταμίνη C)	0,15 mg
Θειαμίνη (βιταμίνη B1)	0,15 mg
Ριβοφλαβίνη (βιταμίνη B2)	0,35 mg
Νιασίνη (B3)	1,40 mg
Παντοθενικό οξύ (B5)	0,90 mg
Ίνες	1,1%

(Πηγή: Βασιλακάκης 2004; Διαμαντής και Περγλέρου, Γεωργία - Κτηνοτροφία, Ιανουάριος 2011)

Η ποιότητα των κάστανων επηρεάζεται άμεσα από τους χειρισμούς και τη συντήρηση, ενώ η εκτίμησή της από ποικιλία σε ποικιλία είναι δύσκολη. Μόνο το χρώμα φλοιού χρησιμοποιείται για το διαχωρισμό των ποικιλιών (έμμεσα της ποιότητας), καθώς τα ανοιχτόχρωμου χρώματος φλοιού είναι κάστανα υβριδίων με κατώτερη γεύση ως ψημένα ή βρασμένα σε σχέση με τα σκούρου χρώματος κάστανα των περισσότερων Ευρωπαϊκών ποικιλιών. Στα βρασμένα κάστανα παρατηρείται αύξηση της περιεκτικότητάς τους σε νερό, μείωση στην πρωτεΐνη και αύξηση της περιεκτικότητας σε λίπη. Αντίθετα, στα ψημένα κάστανα η πρωτεΐνη δείχνει να αυξάνεται, το ίδιο και οι αδιάλυτες και διαλυτές φυτικές ίνες, καθώς η περιεκτικότητά τους σε νερό μειώνεται. Επιπλέον, και τα διαθέσιμα σάκχαρα μπορεί να αυξηθούν κατά 25% με αποτέλεσμα και το ενεργειακό επίπεδο (θερμίδες) να αυξάνεται σημαντικά. Μερικά στοιχεία για τη διατροφική αξία των κάστανων σε διάφορες μορφές φαίνονται στον κατωτέρω πίνακα 2.3.

Πίνακας 2.3. Διατροφική αξία κάστανων

Τύπος κάστανου	Νερό (%)	Πρωτεΐνη (%)	Λίπος (%)	Υδατάνθρακες (%)	Θερμίδες/μερίδα
Νωπό	44	4	1	49	64
Ξερό	9	7	2	80	103
Βρασμένο	62	3	2	34	44
Ψητό	40	4	1	52	68

(Πηγή: USDA Agricultural Handbook 1994)

2.10 Συγκομιδή - Συντήρηση καρπών

Η συγκομιδή των κάστανων γίνεται το φθινόπωρο με την ωρίμανση τους. Ο χρόνος ωρίμανσης των καρπών εξαρτάται από την ποικιλία αλλά και από την περιοχή καλλιέργειας. Συνήθως η συγκομιδή αρχίζει στα μέσα Σεπτεμβρίου και διαρκεί περίπου ένα μήνα. Η συγκομιδή γίνεται κυρίως με το χέρι, ύστερα από την πτώση των καρπών στο έδαφος. Για την αποφυγή προσβολής των καρπών από μύκητες, κατά τη διάρκεια παραμονής τους στο έδαφος, και γενικότερα της ποιοτικής υποβάθμισης και εμπορικής αξίας των καρπών, καθίσταται απαραίτητο η συγκομιδή να πραγματοποιείται καθημερινά¹³².

Τα κάστανα έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία (50%), γεγονός που τα καθιστά ευπρόσβλητα σε μυκητολογικές ασθένειες ιδιαίτερα όταν το περικάρπιο έχει σχισθεί ή προσβληθεί από έντομο¹³³. Επομένως, με τη συγκομιδή είναι απαραίτητο να διαλέγονται και να απομακρύνονται οι προσβεβλημένοι ή οι σχισμένοι καρποί, ώστε να μη παρατηρηθούν σήψεις κατά τη συντήρηση. Τα κάστανα είναι απαραίτητο να αποθηκεύονται σε ψυχρούς θαλάμους 0-2 °C αμέσως μετά τη συγκομιδή¹³⁴. Επιθυμητό χαρακτηριστικό κατά τη συντήρηση είναι η διατήρηση της υγρασίας στους καρπούς. Γι' αυτό το λόγο τοποθετούνται σε σάκους πολυαιθυλενίου με μικρής διαμέτρου οπές, εμποδίζοντας τις απώλειες υγρασίας χωρίς όμως τη δημιουργία υψηλής υγρασίας (ελεύθερο νερό στις επιφάνειες) μέσα στους σάκους. Ικανοποιητική συντήρηση των κάστανων επιτυγχάνεται με εμβάπτισή τους σε νερό σε θερμοκρασία 50 °C για 30 λεπτά ή 55 °C για 15 λεπτά ή 60 °C για 5 λεπτά. Επίσης, τα κάστανα

¹³² Δημουλάς 1986, 171; Βασιλακάκης 2004, 561; Νάνος, Γεωργία - Κτηνοτροφία, Δεκέμβριος 2013, 140.

¹³³ Νάνος, Γεωργία - Κτηνοτροφία, Δεκέμβριος 2013, 140.

¹³⁴ Hardenburg et al. 1986, 74.

συντηρούνται επιτυχώς για 4-6 μήνες σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα, δηλαδή σε 0 °C, 90-95% σχετική υγρασία, 2-3% οξυγόνο και 15-20% CO₂¹³⁵. Στην κατάψυξη συντηρούνται καρποί αποφλοιωμένοι, οι οποίοι προορίζονται για μεταποίηση σε θερμοκρασία -18 °C¹³⁶.

¹³⁵ Νάνος, Γεωργία - Κτηνοτροφία, Δεκέμβριος 2013, 140.

¹³⁶ Δημουλάς 1986, 192.

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για τη διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν δύο καστανεώνες που είναι πολύ κοντά μεταξύ τους και ανήκουν στον ίδιο παραγωγό. Οι καστανεώνες αυτοί βρίσκονται στην περιοχή της Μελίβοιας Αγιάς του νομού Λαρίσης σε υψόμετρο 400 μέτρων από τη θάλασσα, σε απόσταση περίπου 6 χιλιομέτρων βόρεια από το χωριό Μελίβοια, στην αγροτική περιοχή με το αγρωνύμιο Παπάνθιμος. Οι εφαρμογές της αειφόρου και εμπειρικής λίπανσης πραγματοποιήθηκαν τα έτη 2011, 2012 και 2013. Οι καλλιεργητικές φροντίδες του 2013 αποτελούν το κύριο στοιχείο μελέτης της παρούσας εργασίας έχοντας, ως μέτρο σύγκρισης, τις δύο προηγούμενες χρονιές για καλύτερα και πιο εμπεριστατωμένα αποτελέσματα.

Το κλίμα της ευρύτερης περιοχής χαρακτηρίζεται από μέτριους έως βαρείς χειμώνες με μεγάλο αριθμό βροχοπτώσεων και κάποιες χιονοπτώσεις, μικρής έντασης βροχοπτώσεις κατά τη διάρκεια της άνοιξης και από ζεστά και ξηρά καλοκαίρια με υψηλές θερμοκρασίες, πολύ λίγες βροχοπτώσεις και με έντονη ηλιοφάνεια.

3.1 Καθορισμός δέντρων δειγματοληψίας

Από τους δύο καστανεώνες μελέτης επιλέχτηκαν συνολικά 12 δέντρα, 6 δέντρα στον καστανεώνα όπου εφαρμόστηκε αειφόρος λίπανση και 6 δέντρα στον καστανεώνα μάρτυρα με εφαρμογή εμπειρικής λίπανσης (η λίπανση που εφαρμόζεται στην περιοχή σε αρδευόμενα παραγωγικά δέντρα). Επιλέχτηκαν δέντρα ώριμα, υγιή με ομοιόμορφη ανάπτυξη και καλή βλάστηση, κατανεμημένα σε ολόκληρη την έκτασή του αγρού (Εικόνα 1, 2).

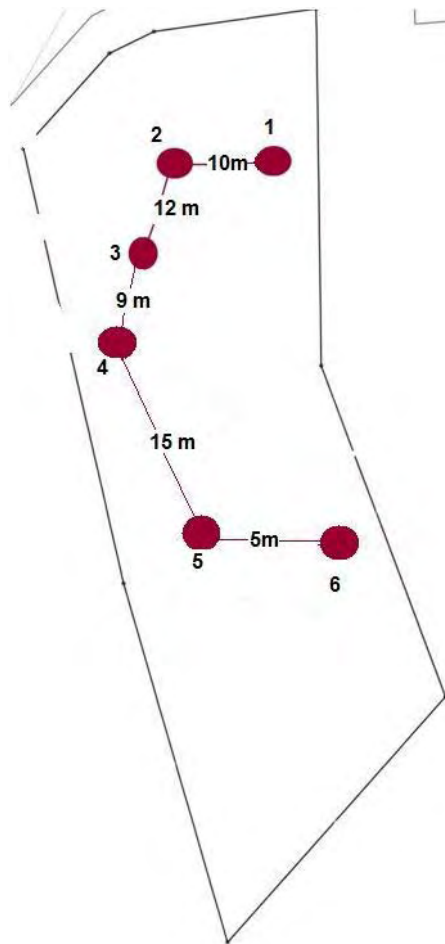
Τα δέντρα αριθμήθηκαν από το ένα έως το έξι και στη συνέχεια, ανάλογα με την έκταση που καταλάμβανε η κόμη τους, οριοθετήθηκαν τα σύνορα με τα διπλανά δέντρα. Επίσης, μετρήθηκε η περίμετρος των κορμών του κάθε δέντρου 30 cm από την επιφάνεια του εδάφους (Πίν. 3.1) και υπολογίστηκε, κατά προσέγγιση, η επιφάνεια κάλυψης του εδάφους από τη σκίαση της κόμης περιμετρικά των δέντρων, αφού υπολογίστηκε ως κύκλος από το μέσο όρο των 4 ακτινών προσανατολισμού, Νότος, Δύση, Βορράς και Ανατολή (Πίν. 3.2).

Πίνακας 3.1. Περίμετρος των 6 δέντρων του καστανεώνα με αειφόρο λίπανση και των 6 δέντρων του μάρτυρα σε cm.

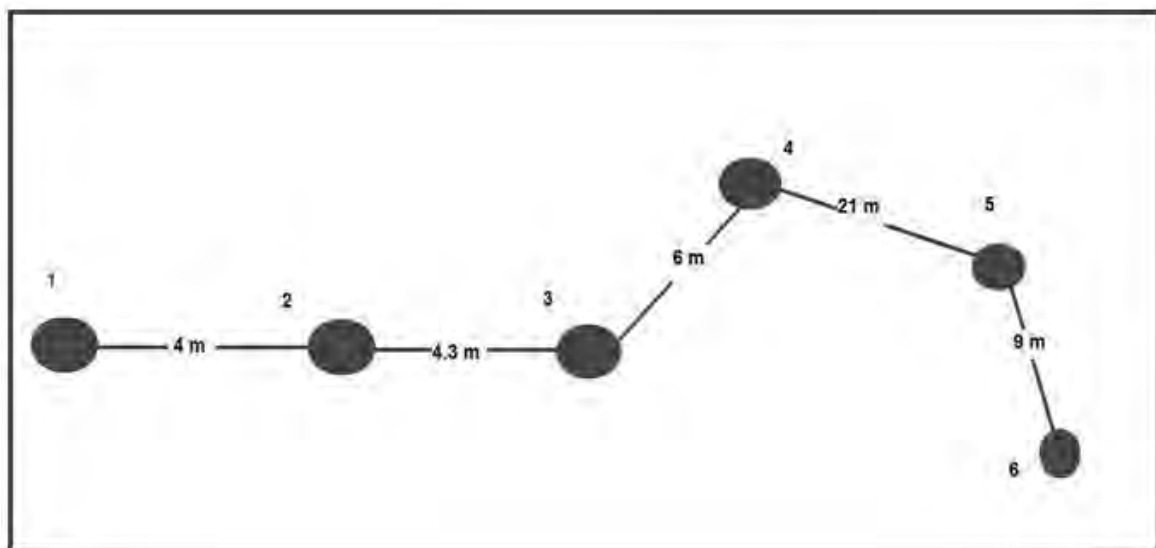
Καστανεώνας	Περίμετρος κορμού (cm)					
	1 ^ο δέντρο	2 ^ο δέντρο	3 ^ο δέντρο	4 ^ο δέντρο	5 ^ο δέντρο	6 ^ο δέντρο
Μάρτυρας	194	201	190	186	142	192
Αειφόρος λίπανση	145	145	100	106	72	83,5

Πίνακας 3.2. Μέτρηση ακτίνων σκίασης κόμης για υπολογισμό της επιφάνειας κάλυψης του εδάφους περιμετρικά ανά δέντρο, με βάση τον προσανατολισμό της κάθε πλευράς, από τη σκίαση της κόμης των δέντρων του καστανεώνα με αειφόρο λίπανση και του μάρτυρα.

Καστανεώνας	Αριθμός δέντρων	4 ακτίνες μεγέθους σκίασης κόμης (m)			
		Πλευρά 1 (N)	Πλευρά 2 (Δ)	Πλευρά 3 (Β)	Πλευρά 4 (Α)
Μάρτυρας	1	5	6	2	6
	2	2	8	2.3	7
	3	2	2	8	6
	4	6	2.5	7	4
	5	4	4	3	5
	6	7	7	2.5	7
Αειφόρος λίπανση	1	4	3	4	4
	2	3.3	3.2	4.3	3
	3	3.5	3	3.5	2.5
	4	2	5	3	3
	5	3.5	2	2.5	2.5
	6	2.5	4	3	2



Εικόνα 1. Κατά προσέγγιση διάταξη των 6 δέντρων προς πειραματισμό στον καστανεώνα με εφαρμογή αειφόρου λίπανσης και οι μεταξύ τους αποστάσεις.



Εικόνα 2. Κατά προσέγγιση, οι θέσεις των 6 δέντρων που επιλέχτηκαν προς πειραματισμό στον καστανεώνα μάρτυρα και οι μεταξύ τους αποστάσεις.

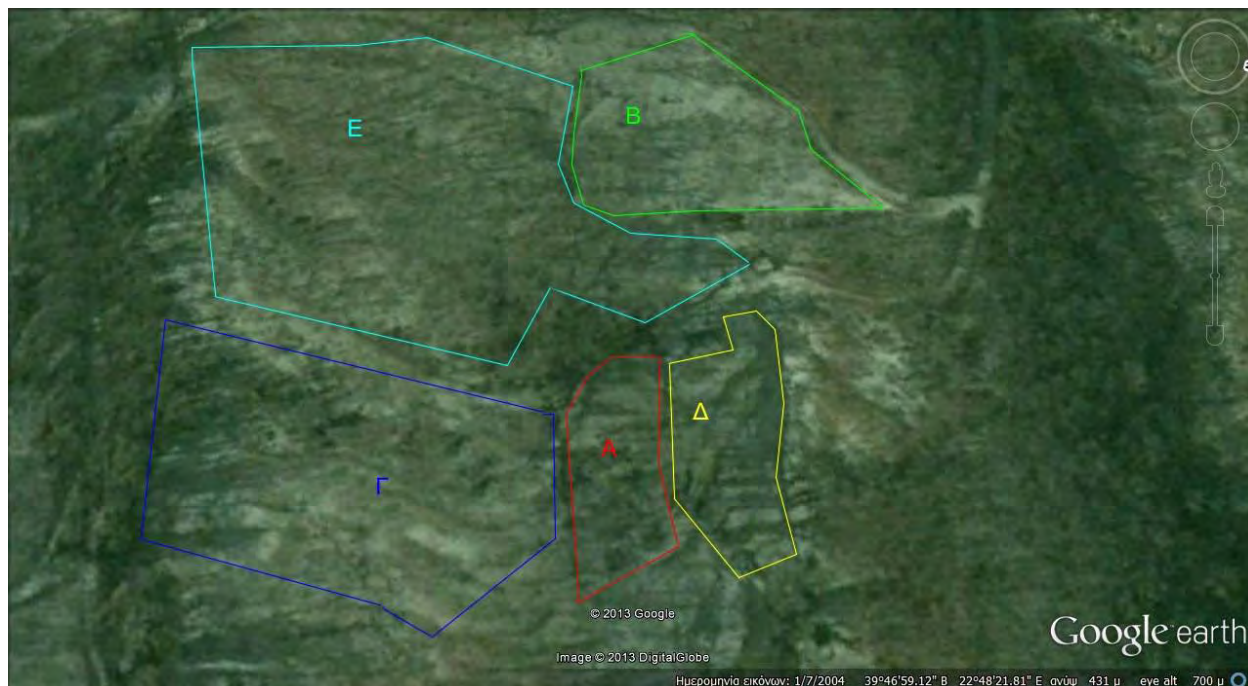
3.2 Περιγραφή πειραματικών καστανεώνων

Το τμήμα του καστανεώνα όπου εφαρμόστηκε η αειφόρος λίπανση (Εικόνα 3.3, Α) ήταν έκτασης 2 στρεμμάτων, με κλίση 12% και αποτελούνταν από 45 δέντρα καστανιάς, ηλικίας από 6 έως 50 ετών και ίδιας ποικιλίας (Πηλίου ή Βολιώτικη), τοποθετημένα σε ακανόνιστες αποστάσεις φύτευσης. Η μεγάλη ηλικιακή διαφορά μεταξύ των δέντρων οφείλεται σε ασθένειες, όπως τη μελάνωση και το έλκος¹³⁷, οπότε και χρειάστηκε η ολοκληρωτική αφαίρεση κάποιων δέντρων (κόψιμο του κορμού χαμηλά) και αντικατάσταση με νέα, υγιή δέντρα. Από τα 45 δέντρα τα 23 ήταν ηλικίας 50 ετών, τα 15 είχαν ηλικία 6 ετών, ενώ τα υπόλοιπα 7, ήταν 17 ετών. Ο καστανεώνας στον οποίο εφαρμόστηκε αειφόρος λίπανση συνορεύει περιμετρικά με άλλους τρεις καστανεώνες (Εικόνα 5, Γ και Δ) εκτός της ανατολικής πλευράς όπου υπάρχει δασική έκταση με βελανιδιές (*Quercus humilis*), ενώ ο καστανεώνας μάρτυρας συνορεύει με μεγάλης έκτασης καστανεώνα (Εικόνα 5, Ε).

Το τμήμα του αγρού όπου εφαρμόστηκε η εμπειρική λίπανση (μάρτυρας, Εικόνα 3.3, Β) χρησίμευσε ως μέτρο σύγκρισης με τις επεμβάσεις που εφαρμόστηκαν στον καστανεώνα με αειφόρο λίπανση. Ο καστανεώνας μάρτυρας είχε έκταση 3 στρέμματα, κλίση 8% και αποτελούνταν από 30 δέντρα ηλικίας 40 έως 80 ετών, ποικιλίας Πηλίου ή Βολιώτικη.

Η άρδευση των δύο καστανεώνων πραγματοποιούνταν με μικροεκτοξευτήρες (μπεκ) χαμηλής πίεσης, 1 έως 2 μπεκ περιμετρικά του κορμού σε απόσταση 1 m από αυτόν, ανά 7 ημέρες, σε ποσότητα 2 έως 3 m³ ανά δέντρο ανάλογα με την ηλικία του από τα μέσα Ιουνίου έως και τα μέσα Σεπτεμβρίου. Η απόφαση για άρδευση γίνονταν εμπειρικά. Η ζιζανιοκτονία γίνονταν με τη χρήση χλοοκοπτικών 3 έως 4 φορές κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Μηχανήματα ή χημική ζιζανιοκτονία αποκλείονται λόγω του επικλινούς του εδάφους.

¹³⁷ Η μελάνωση είναι η πιο διαδεδομένη ασθένεια και πλήττει σχεδόν όλες τους καστανεώνες της περιοχής.



Εικόνα 3. Φωτογραφική απεικόνιση των πειραματικών καστανεώνων και της γύρω περιοχής, με Α: ο καστανεώνας με αειφόρο λίπανση, Β ο καστανεώνας μάρτυρας και Γ,Δ,Ε γειτονικοί καστανεώνες.

3.3 Εφαρμογές λιπαντικών μονάδων στους δύο καστανεώνες

Η εφαρμογή αειφόρου λίπανσης έγινε με βάση την κάλυψη του καστανεώνα με βλάστηση, την εδαφολογική ανάλυση και την παραγωγή κάστανων. Στον καστανεώνα με αειφόρο λίπανση το 2013 η βασική λίπανση περιλάμβανε εφαρμογή βόρακα 100 g ανά δέντρο και καλιομαγνήσιο (30% K_2O , 10% MgO , 42% SO_3) περίπου 1,1 kg ανά δέντρο στις 10 Μαρτίου. Η εφαρμογή αζώτου (N) έγινε σε τρεις δόσεις με 0,4 kg νιτρικής αμμωνίας (34,5-0-0) ανά δόση και ανά δέντρο, στις 10 Απριλίου, 18 Μαΐου και 15 Αυγούστου. Το 2011 και 2012 εφαρμόστηκε η ίδια λιπαντική αγωγή, με μία επιπλέον εφαρμογή νιτρικής αμμωνίας το 2011, στις 30 Αυγούστου. Με 15 παραγωγικά δέντρα το στρέμμα οι εφαρμογές των λιπασμάτων ανά στρέμμα ήταν ως εξής: 1,5 kg βόρακα, 17 kg καλιομαγνήσιο, 18 kg νιτρική αμμωνία (2012 και 2013) ή 24 kg νιτρική αμμωνία (2011). Τέλος, οι ποσότητες των θρεπτικών που εφαρμόστηκαν ανά στρέμμα ετησίως ήταν: 6 kg N (2012, 2013) ή 8 kg N (2011), 5 kg K, 1,7 kg Mg, 165 g B.

Στον καστανεώνα μάρτυρα εφαρμόστηκε εμπειρική λίπανση, η οποία εφαρμόζεται γενικότερα από τους παραγωγούς της περιοχής στους εντατικούς αρδευόμενους καστανεώνες και περιελάμβανε βασικές και θερινές λιπάνσεις. Το 2013 η βασική λίπανση περιλάμβανε εφαρμογή βόρακα 100 g το δέντρο στις 2

Μαρτίου και 2,4 kg ανά δέντρο σύνθετου λιπάσματος 15-15-15 και 5 S στις 15 Μαρτίου. Ακολούθησε εφαρμογή νιτροθειϊκής αμμωνίας με σίδηρο (26-0-0 και 0,8 FeSO₄) 1,2 kg ανά δέντρο ανά εφαρμογή, στις 18 Μαΐου, 10 Ιουλίου και 1 Αυγούστου. Με 10 δέντρα ανά στρέμμα στο μάρτυρα, η συνολική ποσότητα λιπασμάτων ανά στρέμμα το 2013 ήταν: 1 kg βόρακα, 24 kg 15-15-15 και 5 S και 36 kg νιτροθειϊκή αμμωνία. Τα προηγούμενα χρόνια, 2011 και 2012, η βασική λίπανση περιελάμβανε εφαρμογή βόρακα 100 g το δέντρο το Μάρτιο, και 5 kg ανά δέντρο του σύνθετου λιπάσματος 15-15-15 και 5 S στα τέλη Μαρτίου. Η νιτροθειϊκή αμμωνία εφαρμόστηκε στα μέσα Μαΐου και στις αρχές Αυγούστου με 1 kg το δέντρο ανά εφαρμογή. Με 10 παραγωγικά δέντρα στο στρέμμα οι εφαρμογές των λιπασμάτων ανά στρέμμα ήταν ως εξής: 1 kg βόρακα, 50 kg 15-15-15 και 5 S και 20 kg νιτροθειϊκή αμμωνία. Τέλος, οι ποσότητες των θρεπτικών που εφαρμόστηκαν ανά στρέμμα ετησίως ήταν: 13 kg N (2013) ή 12,7 kg N (2011, 2012), 3,6 kg P (2013) ή 7,5 kg P (2011, 2012), 3,6 kg K (2013) ή 7,5 kg K (2011, 2012), 110 g B. Να σημειωθεί ότι τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται έχουν όξινη αντίδραση σε ένα οπωρώνα όπου το έδαφος έχει χαμηλό pH ως ορεινό δεχόμενο υψηλά ποσά υετού (περί τα 1200 mm ετησίως). Η λιπαντική αγωγή των δύο καστανεώνων περιγράφεται συγκριτικά στον Πίνακα 3.3.

Πίνακας 3.3. Τύποι λιπασμάτων, ποσότητα, εποχές εφαρμογής τους και ποσότητες θρεπτικών στοιχείων που εφαρμόστηκαν στους δύο καστανεώνες, μάρτυρας (εμπειρική λίπανση και καστανεώνας με αειφόρο λίπανση τα έτη 2011, 2012 και 2013).

Τύπος λιπάσματος και εποχή εφαρμογής	Εμπειρική λίπανση	Αειφόρος λίπανση
Βόρακας (ετήσια, 3 έτη) (αρχές Μαρτίου)	100 g ανά δέντρο ή 1 kg το στρέμμα	100 g ανά δέντρο ή 1,5 kg το στρέμμα
Σύνθετο λίπασμα 15-15-15 (2011, 2012) (μέσα Μαρτίου)	5 kg ανά δέντρο, 50 kg το στρέμμα	
Σύνθετο λίπασμα 15-15-15 (2013) (μέσα Μαρτίου)	2,4 kg ανά δέντρο, 24 kg το στρέμμα	
Καλιομαγνήσιο (ετήσια, 3 έτη) (μέσα Μαρτίου)		1,1 kg ανά δέντρο, 17 kg το στρέμμα
Νιτροθεϊκή αμμωνία (2011, 2012) (μέσα Μαΐου, αρχές Αυγούστου)	1 kg ανά δέντρο x 2 εφαρμογές, 20 kg στο στρέμμα	
Νιτροθεϊκή αμμωνία (2013) (μέσα Μαΐου, αρχές και τέλη Αυγούστου)	1,2 kg ανά δέντρο x 3 εφαρμογές, 36 kg το στρέμμα	
Νιτρική αμμωνία (2011) (αρχές Απριλίου, μέσα Μαΐου, μέσα και τέλη Αυγούστου)		0,4 kg ανά δέντρο x 4 εφαρμογές, 24kg το στρέμμα
Νιτρική αμμωνία (2012, 2013) (αρχές Απριλίου, μέσα Μαΐου, μέσα Αυγούστου)		0,4 kg ανά δέντρο x 3 εφαρμογές, 18 kg το στρέμμα
Συνολική ποσότητα στοιχείων		
Άζωτο	12,7 kg (2011,2012) 13 kg (2013)	8,0 kg (2011) 6 kg (2012, 2013)
Φώσφορος	7,5 kg (2011, 2012) 3,6 kg (2013)	
Κάλιο	7,5 kg (2011, 2012) 3,6 kg (2013)	5,0 kg
Μαγνήσιο		1,7 kg
Βόριο	0,11 kg	0,165 kg

3.4 Λεπτομερής καταγραφή των καλλιεργητικών φροντίδων στους δύο καστανέωνες τα τρία έτη της μελέτης

Οι καλλιεργητικές φροντίδες που εφαρμόστηκαν κατά τη διάρκεια του 2013 στους δύο καστανέωνες περιλάμβαναν ψεκασμούς κατά των μυκήτων και των εντόμων, αρδεύσεις, ζιζανιοκτονία και κλάδεμα ανανέωσης και διαμόρφωσης, στα μεγάλης και μικρής ηλικίας δέντρα αντίστοιχα. Ο πρώτος ψεκασμός εφαρμόστηκε στις 15/4/2013 στους κορμούς, μέχρι την πρώτη διακλάδωση της κόμης, όλων των δέντρων του μάρτυρα και του καστανεώνα που δέχτηκε αειφόρο λίπανση (μικρής και μεγάλης ηλικίας) για την αντιμετώπιση των προνυμφών εντόμων και των προσβολών από μύκητες. Συγκεκριμένα, ο ψεκασμός περιλάμβανε 2 kg από το εντομοκτόνο dimethoate 40% β/ο (Perfekthion), 5 kg οξυχλωριούχο χαλκό, 8 kg γαλαζόπετρα και 3 kg ασβέστη στα 500 L νερό. Επίσης, στις 23/7/2013 εφαρμόστηκαν ψεκασμοί στους δύο καστανέωνες με το μυκητοκτόνο mancozeb 80% β/β (Dithane M-45) και εντομοκτόνο με δραστική ουσία dimethoate 40% β/ο (Perfekthion) σε ποσότητα 2 kg και 1,5 kg, αντίστοιχα, στα 1000 kg νερό. Ο τελευταίος ψεκασμός εφαρμόστηκε και στους δύο καστανέωνες στις 31/8/2013 με εντομοκτόνο που περιείχε δραστική ουσία dimethoate 40% β/ο σε ποσότητα 1,5 kg, μαζί με μυκητοκτόνο ουσία mancozeb 80% β/β (Dithane M-45) με 2 kg, στα 1000 κιλά νερό.

Με βάση την επίδραση της σκίασης από τη βλάστηση των δέντρων του μάρτυρα στην ποιότητα καρπών και στα χαρακτηριστικά των φύλλων τα έτη 2011 και 2012, εφαρμόστηκε τον Δεκέμβριο του 2012 κλάδεμα ανανέωσης. Συγκεκριμένα, σε όλα τα δέντρα του μάρτυρα αφαιρέθηκαν όλοι οι προσβεβλημένοι ή νεκροί βλαστοί που έδιναν μικρού μεγέθους καρπούς και οι βλαστοί ή οι κλάδοι που εμπόδιζαν τον κανονικό φωτισμό και τον αερισμό στο εσωτερικό της κόμης των δέντρων. Οι αρδεύσεις του 2013 άρχισαν στις 20/6/2013 στον καστανεώνα με αειφόρο λίπανση και στις 18/6/2013 στον καστανεώνα μάρτυρα. Τα ποτίσματα, γενικά το έτος αυτό γίνονταν εντατικά, ανά 7 ημέρες για 12 ώρες μέχρι και τα μέσα Σεπτεμβρίου (15/9/2011), πριν την έναρξη, δηλαδή, της συγκομιδής. Στις μέρες της συγκομιδής, από 22/9/2013 έως 20/10/2013, η άρδευση γινότανε ανά 3 μέρες για 4 έως 5 ώρες, μετά τη συγκομιδή των καρπών, για τη διασφάλιση σταθερής υγρασίας στους δύο καστανέωνες και την αποφυγή σχισίματος των καρπών. Η ζιζανιοκτονία που εφαρμόστηκε στον καστανεώνα με αειφόρο λίπανση και στο μάρτυρα έγινε συνολικά 4 φορές κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού με τη χρήση χλοοκοπτικών χειρός.

Οι καλλιεργητικές φροντίδες που εφαρμόστηκαν κατά τη διάρκεια του 2011 στον πειραματικό αγρό περιλάμβαναν ψεκασμούς, τόσο κατά των μυκήτων και εντόμων, όσο και προσθήκη θρεπτικών διαφυλλικά. Έτσι, ο πρώτος ψεκασμός εφαρμόστηκε στις 15/5/2011 σε όλα τα δέντρα του καστανεώνα με αειφόρο λίπανση και του μάρτυρα (μικρής και μεγάλης ηλικίας) για την πρόληψη ζημιών από τις προνύμφες και περιλάμβανε 3 kg οργανοφωσφορικό εντομοκτόνο μαζί με 5 kg οξυχλωριούχο χαλκό στα 500 L νερού. Στα τέλη Ιουνίου (29/6/2011) εφαρμόστηκαν ψεκασμοί στον καστανεώνα με αειφόρο λίπανση με μυκητοκτόνο ουσία mancozeb 80% β/β (Dithane M-45) 1 kg και εντομοκτόνο με ουσία dimethoate 40% β/ο (Perfekthion) σε ποσότητα 750 g στα 500 L νερού. Την ίδια ημερομηνία εφαρμόστηκε ψεκασμός στα δέντρα του μάρτυρα με μυκητοκτόνο ουσία mancozeb 80% β/β (Dithane M-45) και εντομοκτόνο dimethoate 40% β/ο (Perfekthion) 1,5 kg στα 1000 L νερού. Με βάση την εδαφολογική εξέταση εφαρμόστηκε ψεκασμός με 1 κιλό 8-10-0+10 B (Βιοφól βορίου) στα 500 L νερού. Επίσης, στις 23/7/2011 στον καστανεώνα με αειφόρο λίπανση έγινε ψεκασμός με την εντομοκτόνο ουσία αλφασυπερμενθρίν 10% (Fastac) 1 kg στα 1000 L νερού. Στις 27-8-2011 εφαρμόστηκε ο τελευταίος ψεκασμός στον καστανεώνα με αειφόρο λίπανση για το 2011 με εντομοκτόνο που περιείχε δραστική ουσία ντιφλουμπενζουρόν 48% (Dimilin) μαζί με μυκητοκτόνο ουσία mancozeb 80% β/β (Dithane M-45), 250 g στα 500 L νερό. Στο μάρτυρα ο τελευταίος ψεκασμός εφαρμόστηκε στις 27-8-2011 με Singar και μυκητοκτόνο με ουσία mancozeb 80% β/β (M-45), 250 g στα 500 L νερού, ενώ την ίδια ημερομηνία εφαρμόστηκε ειδικό διαφυλλικό λίπασμα 8-10-0+10 B (Βιοφól βορίου) σε ποσότητα 150 mL στα 100 L νερού.

Οι αρδεύσεις του 2011 για τον καστανεώνα με αειφόρο λίπανση άρχισαν στις 19/6/2011 με το πρώτο πότισμα, ενώ το δεύτερο πότισμα εφαρμόστηκε μετά από 10 ημέρες στις 29/6/2011. Οι αρδεύσεις, γενικά το έτος αυτό, γίνονταν ανά 10 ημέρες για 12 ώρες μέχρι και τα μέσα Σεπτεμβρίου (14/9/2011), πριν την έναρξη, δηλαδή, της συγκομιδής. Στο Μάρτυρα η πρώτη άρδευση έγινε στις 10/6/2011, και η δεύτερη στις 19/6/2011 σε ποσότητα 5 m³ ανά δέντρο. Η ζιζανιοκτονία που εφαρμόστηκε στον καστανεώνα έγινε συνολικά 4 φορές κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού με τη χρήση χλοοκοπτικών χειρός. Η τελευταία έγινε στις 16/9/2011 για τη διευκόλυνση της συγκομιδής.

Κατά το έτος 2012 και συγκεκριμένα στις 4/8/2012 εφαρμόστηκαν στους καστανεώνες με αειφόρο λίπανση και του μάρτυρα οι πρώτοι ψεκασμοί με

εντομοκτόνο που περιείχε δραστική ουσία φλουφenoζουρον 10% β/ο (Cascade) σε ποσότητα 100 mL ανά 100 L νερού, καθώς, επίσης, και ψεκασμοί με μυκητοκτόνο ουσία mancozeb 80% β/β (Dithane M-45) σε ποσότητα 250 g στα 500 L νερού. Στις 20/8/2012 παρατηρήθηκε σε όλη την περιοχή γύρω από τον καστανεώνα με αειφόρο λίπανση η εμφάνιση και προσβολή του εντόμου Τίγρη (*Tingis pyri*). Το συγκεκριμένο έντομο προσβάλλει την κάτω επιφάνεια του φύλλου, όπου μυζεί και εκκρίνει αποχωρήματα, έχοντας ως αποτέλεσμα το μεταχρωματισμό της άνω επιφάνειας του φύλλου. Για την καταπολέμησή του εφαρμόστηκε η δραστική εντομοκτόνος ουσία dimethoate 40% β/ο (Perfekthion), σε ποσότητα 100 mL ανά 100 L νερού. Ο τελευταίος ψεκασμός εφαρμόστηκε και στους δύο καστανεώνες στις 31/8/2012 με εντομοκτόνο που περιείχε δραστική ουσία ντιφλουμπενζουρόν 48% (Dimilin) σε ποσότητα 250 g στα 500 L νερού.

Οι αρδεύσεις το 2012 άρχισαν στις 20 Ιουνίου και επαναλαμβάνονταν κάθε 7 ημέρες για 12 ώρες και στον καστανεώνα με αειφόρο λίπανση και στο μάρτυρα. Εξαιτίας της ξηρασίας τα ποτίσματα γίνονταν πιο τακτικά για τη λιγότερη δυνατή επίδραση στα φύλλα και στην ποιότητα των καρπών. Η ζιζανιοκτονία το έτος 2012 έγινε ακριβώς με τον ίδιο τρόπο όπως τα προηγούμενα έτη. Συνολικά, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού η ζιζανιοκτονία στον καστανεώνα με αειφόρο λίπανση και στο μάρτυρα έγινε 5 φορές με τελευταία κοπή μια εβδομάδα πριν τη συγκομιδή στα τέλη Σεπτεμβρίου.

3.5 Μετρήσεις pH, αγωγιμότητας εδάφους και θρεπτικών στοιχείων πριν την εφαρμογή λίπανσης

Πριν την εφαρμογή λιπαντικής αγωγής στους δύο καστανεώνες, πάρθηκαν δείγματα εδάφους στις 18-3-2011, ώστε να εφαρμοστούν τα κατάλληλα λιπάσματα και οι κατάλληλες ποσότητες για να καλύψουν τις απαιτήσεις των καστανεδέντρων για θρεπτικά στοιχεία. Τα δείγματα εδάφους ελήφθησαν από τυχαία σημεία του κάθε αγρού, 2 δείγματα εδάφους από βάθος 30 cm από τον καστανεώνα με αειφόρο λίπανση και δύο από το μάρτυρα. Το κάθε δείγμα ήταν συνθετικό 3 δειγμάτων από την περιοχή κάτω από την κόμη των τριών δέντρων κάθε μεταχείρισης, ανακατεύτηκε καλά, μέχρις ότου να γίνει το μείγμα ομοιογενές και στη συνέχεια όλα τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε σακούλα. Στο εργαστήριο μέρη από τα ανωτέρω δείγματα ξηράθηκαν σε φούρνο 80 °C για 5 ημέρες και χρησιμοποιήθηκαν για τη μέτρηση του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Για τη μέτρηση του pH 20 g ξηρού εδάφους

και 20 g απιονισμένο νερό αναδεύθηκαν περιοδικά για 1 ώρα. Κατόπιν μετρήθηκε το pH του εδαφικού διαλύματος με εργαστηριακό πεχάμετρο Hanna. Παρόμοια, η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους μετρήθηκε αφού αναμίχθηκαν 20 g ξηρού εδάφους και 50 g απιονισμένο νερό, αναδεύθηκαν περιοδικά για 10-15 min και μετρήθηκε η ηλεκτρική αγωγιμότητα στο διάλυμα με αγωγιμόμετρο CyberScan. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 3.4.

Πίνακας 3.4. Αποτελέσματα μετρήσεων του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας με δύο επαναλήψεις στο έδαφος του καστανεώνα με αειφόρο λίπανση και του μάρτυρα.

Δείγμα	pH	EC
M1	5.32	106.7 μS
M2	5.30	100.3 μS
Π1	6.10	125.7 μS
Π2	5.98	117 μS

Επίσης, διενεργήθηκε στο ίδιο δείγμα όπως ανωτέρω (1 σύνθετο δείγμα εδάφους ανά καστανεώνα) εδαφολογική ανάλυση στο IXTE Λάρισας. Τα αποτελέσματα από την ανάλυση στις 14/4/2011 έδειξαν ότι το έδαφος του καστανεώνα με αειφόρο λίπανση είναι αμμώδες (69% Άμμο), με μέτρια προς χαμηλή συγκέντρωση ιλύος (26,4% Ιλύ) και ελάχιστη άργιλο (μόλις 4,6 % Άργιλο). Είναι φτωχό σε οργανική ουσία 10,1 g/kg, χωρίς ανθρακικό ασβέστιο (0% CaCO_3), χαμηλής περιεκτικότητας σε Φώσφορο (12,2 $\mu\text{g/g}$) αλλά με υψηλή περιεκτικότητα σε ανταλλάξιμο Κάλιο (374,3 $\mu\text{g/g}$) και Βόριο (1,14 $\mu\text{g/g}$), ενώ το ανταλλάξιμο Μαγνήσιο βρίσκεται σε ικανοποιητικό ποσοστό στο έδαφος (121,1 $\mu\text{g/g}$). Το έδαφος του μάρτυρα καστανεώνα είναι αμμοπηλώδες με Άμμο 67%, Ιλύ 30,4% και ελάχιστη Άργιλο (2,6%), με χαμηλή οργανική ουσία (10,3 g/kg), και απουσία επίσης ανθρακικού ασβεστίου (0% CaCO_3). Αντίθετα, ικανοποιητική είναι η περιεκτικότητα σε Φώσφορο (19,8 $\mu\text{g/g}$), με υψηλές ποσότητες ανταλλάξιμου Καλίου (449,5 $\mu\text{g/g}$) και Μαγνησίου (128,8 $\mu\text{g/g}$) και με ικανοποιητική ποσότητα Βορίου (0,82 $\mu\text{g/g}$).

3.6 Εδαφολογική ανάλυση μετά τη συγκομιδή του 2013

Στις 25/2/2014 πάρθηκαν δείγματα εδάφους από τους δύο καστανεώνες, μάρτυρα και καστανεώνα με αειφόρο λίπανση, ώστε να δούμε τις αλλαγές από τη διαφορετική

λίπανση των 3 τελευταίων ετών στις εδαφικές παραμέτρους. Τα δείγματα εδάφους ελήφθησαν από τυχαία σημεία του αγρού, 2 δείγματα εδάφους από βάθος 30 cm από τον καστανεώνα με αειφόρο λίπανση και δύο από το μάρτυρα. Το κάθε δείγμα ήταν συνθετικό 3 δειγμάτων από την περιοχή της κόμης των τριών δέντρων κάθε μεταχείρισης, ανακατεύτηκε καλά, μέχρις ότου να γίνει το μείγμα ομοιογενές και στη συνέχεια όλα τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε σακούλα. Στο εργαστήριο τα εδαφικά δείγματα μετά την κατάλληλη προετοιμασία τους που περιελάμβανε αεροζήρανση, λιοτρίβηση και διέλευση τους από κόσκινο των 2 mm υποβλήθηκαν στις παρακάτω αναλύσεις και τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 3.5. Οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας:

pH: Μετρήθηκε σε υδατικό διάλυμα με σχέση εδάφους 1:5 με πεχάμετρο ORION 3 STAR pH Benchtop της εταιρείας Thermo Scientific¹³⁸.

Ηλεκτρική αγωγιμότητα: Μετρήθηκε σε υδατικό διάλυμα με σχέση εδάφους 1:5 με αγωγιμόμετρο 712 Conductometer τύπου Metrohm¹³⁹.

Ca: Μετρήθηκε με ασβεστόμετρο Bernard¹⁴⁰.

Οργανική ουσία: Προσδιορίστηκε με την τροποποιημένη μέθοδο Walkley – Black¹⁴¹.

Ανταλλάξιμο κάλιο: Για τον προσδιορισμό του χρησιμοποιήθηκε εκχυλιστικό διάλυμα $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 1 N. Ο προσδιορισμός έγινε με φλογοφωτόμετρο τύπου Sherwood¹⁴².

Εκχυλίσσιμος φώσφορος κατά Olsen: Για τον προσδιορισμό του εκχυλίσσιμου φωσφόρου χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Olsen (Kuo, 1996). Ο προσδιορισμός του εκχυλίσσιμου φωσφόρου έγινε με ανάπτυξη κυανού χρώματος (μέθοδος βαναδομολυβδαινικού αμμωνίου) και η μέτρηση της έντασης του χρώματος με φασματοφωτόμετρο μοριακής απορρόφησης UV-VIS -120 – 01 τύπου Shimadzu στα 882 nm¹⁴³.

¹³⁸ Αλεξιάδης, 1976 .

¹³⁹ Miller and Curtin, 2006.

¹⁴⁰ Αλεξιάδης, 1976.

¹⁴¹ Walkley and Black, 1934.

¹⁴² Page, 1982.

¹⁴³ Olsen et al., 1965.

Νιτρικό άζωτο: Προσδιορίστηκε με την μέθοδο της στήλης καδμίου. Ο προσδιορισμός του νιτρικού αζώτου έγινε με φασματοφωτόμετρο μοριακής απορρόφησης UV-VIS -120 – 01 τύπου Shimadzu σε μήκος κύματος 540 nm¹⁴⁴.

Αμμωνιακό άζωτο: Ο προσδιορισμός του αμμωνιακού αζώτου έγινε με ανάπτυξη πράσινου χρώματος και η ένταση του χρώματος μετρήθηκε με τη βοήθεια φασματοφωτόμετρου μοριακής απορρόφησης UV-VIS -120 – 01 τύπου Shimadzu σε μήκος κύματος 667 nm¹⁴⁵.

Πίνακας 3.5. Μετρήσεις pH, ηλεκτρικής αγωγιμότητας και συγκέντρωση θρεπτικών στοιχείων στα εδάφη των δύο καστανεώνων, με αιφόρο λίπανση και του μάρτυρα, μετά τη συγκομιδή του 2013.

	Μάρτυρας	Αιφόρος Λίπανση
Αγωγιμότητα (μS)	62	117
pH	4,6	5,5
Οργανική ουσία (%)	2	0,82
Νιτρικό άζωτο (mg/kg)	76,4	121,9
Αμμωνιακό άζωτο (mg/kg)	54,2	18,2
Φώσφορος (mg/kg)	5,5	12,4
Κάλιο (mg/kg)	565	78
Μαγνήσιο (mg/kg)	253	420
Ασβέστιο (mg/kg)	947,0	1929,1

¹⁴⁴ Mulvaney, 1996.

¹⁴⁵ Mulvaney, 1996.

3.7 Συγκομιδές και μετρήσεις παραγωγής

Για την εκτίμηση της παραγωγής, συγκομίζονταν οι καρποί του κάθε πειραματικού δέντρου χωριστά σε κάθε καστανεώνα και μετρούνταν η παραγωγή των δέντρων ανά ημέρα. Στη συνέχεια, από την παραγωγή του κάθε δέντρου λαμβάνονταν τυχαία δείγματα 20 καρπών και τοποθετούνταν σε πλαστικά σακουλάκια. Οι καρποί διατηρήθηκαν στο ψυγείο μέχρι τη μεταφορά όλων των δειγμάτων στο εργαστήριο για εκτίμηση της ποιότητας.

Το 2013 συγκομίστηκε σχεδόν όλη η παραγωγή του κάθε καστανεώνα. Η συγκομιδή των καρπών ξεκίνησε στις 17 Σεπτεμβρίου, ενώ η τελευταία συγκομιδή πραγματοποιήθηκε στις 19 Οκτωβρίου. Η παραγωγή του κάθε δέντρου σε κάθε καστανεώνα μετρούνταν κάθε μέρα από τις 20 Σεπτεμβρίου έως τις 2 Οκτωβρίου. Η συλλογή τυχαίων δειγμάτων καρπών για εκτίμηση της ποιότητας έγινε στις 21/9, 28/9 και στις 2/10.

Το 2011 η συγκομιδή των καρπών ξεκίνησε στις αρχές Οκτωβρίου εξαιτίας κακών καιρικών συνθηκών. Οι συγκομιδές έγιναν στις 6, 7 και 8 Οκτωβρίου το 2011. Υπολογίζεται, βάσει της συνολικής παραγωγής των δέντρων και του κάθε καστανεώνα, ότι συγκομίστηκαν περίπου το 30% των καρπών των δέντρων.

Το 2012 η συγκομιδή των καρπών από τα 6 δέντρα του πειραματικού και του μάρτυρα έγινε στις 21/9/2012, 22/9/2012, 26/9/2012, 27/9/2012, 28/9/2012 και στις 30/9/2012. Στις 26/9/2012, 28/9/2012 και 30/9/2012 έγινε συλλογή τυχαίων δειγμάτων καρπών από το κάθε δέντρο, με την τοποθέτησή τους σε νάilon σακουλάκια και την αποθήκευση στο ψυγείο μέχρι τη μεταφορά τους στο εργαστήριο για εκτίμηση της ποιότητας. Υπολογίζεται ότι με τις έξι δειγματοληψίες συγκομίστηκαν περίπου το 60% των καρπών του κάθε δέντρου.

Επίσης, το 2013 συλλέχτηκαν τυχαία δείγματα καρπών από δύο εγκαταλειμμένα δέντρα ηλικίας 80 ετών, τα οποία δεν δέχτηκαν λιπαντική αγωγή και οποιαδήποτε άλλη καλλιεργητική φροντίδα τα τελευταία 50 χρόνια. Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε νάilon σακουλάκια και συντηρήθηκαν στο ψυγείο μέχρι τη μεταφορά τους στο εργαστήριο για την εκτίμηση της ποιότητας.

Από τη μετρηθείσα παραγωγή ανά δέντρο, υπολογίστηκε η παραγωγικότητα του κάθε δέντρου σε g ανά m² σκιαζόμενης επιφάνειας εδάφους από την κόμη και σε g ανά cm² της επιφάνειας διατομής του κορμού.

3.8 Ποιότητα καρπού

Τα δείγματα καρπών που πάρθηκαν σε κάθε συγκομιδή του 2013 από το κάθε δέντρο των δύο καστανεώνων, αλλά και από τα δυο εγκαταλειμμένα δέντρα, μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο και μετρήθηκε στις 10/10/2013 η ποιότητα των καρπών. Συγκεκριμένα οι μετρήσεις της ποιότητας που πραγματοποιήθηκαν αφορούσαν το ξηρό και το νωπό βάρος των ολόκληρων καρπών και των τμημάτων τους. Αναλυτικότερα από κάθε δείγμα που αντιστοιχούσε σε κάθε επανάληψη-δέντρο, 6 του καστανεώνα με αειφόρο λίπανση και 6 του μάρτυρα, μετρήθηκε ο περιεχόμενος αριθμός των καρπών και το νωπό συνολικό βάρος τους σε ζυγό ακριβείας για να υπολογισθεί το βάρος ανά καρπό. Στη συνέχεια από τα δείγματα της κάθε επανάληψης-του κάθε δέντρου- επιλέχθηκαν τυχαία πέντε καρποί συγκροτώντας νέες επαναλήψεις των 5 καρπών η κάθε μία. Οι επαναλήψεις των καρπών αρχικά ζυγίστηκαν σε ζυγό ακριβείας ως νωπό συνολικό βάρος (για να επαναυπολογισθεί το βάρος ανά καρπό) και κατόπιν, μετρήθηκε το μήκος και το πλάτος τους. Έπειτα ο καρπός αποφλοιώθηκε και ζυγίστηκε το νωπό βάρος των φλοιών, ώστε να υπολογισθεί το νωπό εδώδιμο βάρος ανά καρπό. Τέλος, από κάθε επανάληψη των καρπών κόβονταν φέτα περίπου 5 mm εδώδιμου τμήματος και ζυγίζονταν το συνολικό βάρος των 5 μερών. Μετά την ολική ξήρανση των εδώδιμων τμημάτων και του περικαρπίου υπολογίστηκε ξανά το ξηρό βάρος τους χωριστά και υπολογίστηκε το ποσοστό του περιεχόμενου νερού στα μέρη του καρπού. Το διάστημα ξήρανσης ήταν 3 ημέρες σε θερμοκρασία 80 °C.

Η ίδια διαδικασία μετρήσεων της ποιότητας των καρπών εφαρμόστηκε και για τα δείγματα καρπών που ελήφθησαν από τους δύο καστανεώνες κατά τη συγκομιδές του 2011, στις 10/10/2011 και του 2012 στις 5/10/2012 στο εργαστήριο.

3.9 Μετρήσεις ξηράς ουσίας, ειδικού βάρους και χλωροφύλλης φύλλων καστανιάς

Στις 11/9/2013 (φάση τελικής ανάπτυξης των καρπών με τα φύλλα να είναι ακόμα υγιή και έντονα φυτοσυνθέτοντα για τις ανάγκες των καρπών) συλλέχθηκαν 6 φύλλα από κάθε ένα από τα 6 δέντρα του καστανεώνα που δέχτηκε αειφόρο λίπανση και από τα 6 δέντρα του μάρτυρα. Τα φύλλα από το κάθε δέντρο τοποθετούνταν χωριστά σε πλαστικά σακουλάκια. Η κοπή των φύλλων έγινε από ετήσιους βλαστούς της

εξωτερικής πλευράς της κόμης του δέντρου, τα οποία δεχόταν περισσότερο ηλιακό φως. Δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή ώστε τα φύλλα να είναι πράσινα, υγιή, χωρίς οπές και δίχως κίτρινους μεταχρωματισμούς. Η ανάλυση των φύλλων έγινε στο Εργαστήριο Δενδροκομίας μετά από δύο ημέρες, διατηρώντας τα στο ψυγείο έως την ανάλυση τους. Επίσης, την ίδια ημερομηνία συλλέχτηκαν φύλλα από δύο εγκαταλειμμένα δέντρα, τοποθετήθηκαν σε πλαστικά σακουλάκια και διατηρήθηκαν στο ψυγείο μέχρι τη μεταφορά τους στο εργαστήριο.

Στις 13/9/2013 υπολογίστηκε το ποσοστό ξηράς ουσίας των φύλλων με την εξής διαδικασία: Αρχικά ζυγίστηκε κενό γυάλινο πετρί σε ζυγό ακριβείας 4 δεκαδικών. Κατόπιν αποκόπτονταν με διακορευτή 12 δίσκοι διαμέτρου 9,3 mm από το έλασμα των έξι φύλλων κάθε δέντρου-επανάληψης, τοποθετούνταν στο κενό πετρί και καταγράφονταν το βάρος. Ακολουθούσε ξήρανση σε φούρνο-ξηραντήρα στους 80 °C για 1 έως 2 ημέρες μέχρι οι δίσκοι με απλή πίεση να θρυμματίζονται. Κατόπιν, μετριούνταν το ξηρό βάρος των δίσκων με το πετρί. Το % ξηράς ουσίας των φύλλων υπολογίστηκε από τη σχέση ξηρό βάρος φύλλων προς νωπό βάρος φύλλων. Το ειδικό βάρος του φύλλου (SLW) υπολογίστηκε ως ξηρό βάρος 12 δίσκων σε mg προς την επιφάνεια των 12 δίσκων σε cm². Η ειδική φυλλική επιφάνεια (SLA) υπολογίστηκε ως επιφάνεια του φύλλου σε cm² προς το ξηρό βάρος των φύλλων σε g.

Για τον υπολογισμό της χλωροφύλλης ακολουθήθηκε η αναλυτική μέθοδος που περιγράφεται από τους Wintermans and Motts (1965). Από τα έξι φύλλα του κάθε δέντρου αφαιρούνταν με τον ίδιο τρόπο όπως ανωτέρω, 6 δίσκοι ελάσματος φύλλου διαμέτρου 9,3 mm, οι οποίοι κόπηκαν στη μέση και χρησιμοποιήθηκε το ένα από τα δύο μέρη από τον κάθε δίσκο. Κατόπιν, αυτά τα έξι μισά τμήματα των δίσκων ζυγίζονταν και τοποθετούνταν σε δοκιμαστικούς σωλήνες με βιδωτό καπάκι, που περιείχαν 15 mL αιθανόλης 95%. Με βιδωμένα τα πώματα, διατηρήθηκαν για μία ώρα σε υδατόλουτρο και σκοτάδι στους 80 °C μέχρι τα ελάσματα να αποχρωματιστούν πλήρως. Μετά τον αποχρωματισμό οι σωλήνες τοποθετήθηκαν σε σκοτεινό χώρο για να ψυχθούν. Τέλος μετρούνταν η απορρόφηση σε φασματοφωτόμετρο (Photolab Spectral) στα 665 και 649 nm με τη βοήθεια κρυσταλλικής κυψελίδας. Ακολουθούσε ο υπολογισμός της συγκέντρωσης χλωροφύλλης a και b σε $\mu\text{g mL}^{-1}$ αιθανόλης και σε mg g^{-1} ξηρού βάρους φύλλου, της ολικής χλωροφύλλης και του λόγου της χλωροφύλλης a προς τη χλωροφύλλη b με την βοήθεια των εξισώσεων:

$$- \text{Chla} = 13,7 * A_{665} - 5,76 * A_{649} (\mu\text{g mL}^{-1})$$

ή $10 * Chla / \text{Ξηρά ουσία δίσκων} * 1000 \text{ (mg g}^{-1} \text{ Ξ.Ο.)}$

- $Chlb = 25,8 * A649 - 7,6 * A665 \text{ (}\mu\text{g mL}^{-1}\text{)}$

ή $10 * Chlb / \text{Ξηρά ουσία δίσκων} * 1000 \text{ (mg. g}^{-1} \text{ Ξ.Ο.)}$

- $\text{Ολική χλωροφύλλη} = Chla + Chlb \text{ (mg. g}^{-1} \text{ Ξ.Ο.)}$

- $\text{Λόγος της Chla / Chlb}$

Επίσης, υπολογίστηκε και η ποσότητα χλωροφύλλης ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου (mg m^{-2} επιφάνειας φύλλου), γνωρίζοντας την επιφάνεια των 6 μισών δίσκων ελάσματος που χρησιμοποιήθηκαν για τη μέτρηση της χλωροφύλλης.

Οι ίδιες ακριβώς διαδικασίες για τη μέτρηση της ξηράς ουσίας, του ειδικού βάρους των φύλλων και της χλωροφύλλης εφαρμόστηκαν στο εργαστήριο και τα προηγούμενα έτη, με συγκομιδή των φύλλων στις 13/9/2011 και 17/9/2012.

3.10 Προσδιορισμός της ολικής συγκέντρωσης των ανόργανων στοιχείων σε φυτικά δείγματα και στους καρπούς με τη μέθοδο της ξηρής καύσης (Dry Ashing Procedure) (Jones and Case, 1990)

Στις 26/7/2013 συλλέχτηκαν, από τα 6 δέντρα του καστανεώνα που δέχτηκε αιφόρο λίπανση και από τα 6 δέντρα του μάρτυρα, έξι φύλλα με έκθεση στον ήλιο και έξι φύλλα με έκθεση στη σκιά. Τα φύλλα από το κάθε δέντρο τοποθετούνταν χωριστά σε πλαστικά σακουλάκια. Η κοπή των φύλλων έγινε από ετήσιους βλαστούς της εξωτερικής πλευράς της κόμης του δέντρου, τα οποία δεχόταν περισσότερο ηλιακό φως και από την πλευρά των δέντρων που δε δεχόταν ηλιακή ακτινοβολία. Δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή ώστε τα φύλλα να είναι πράσινα, υγιή, χωρίς οπές και δίχως κίτρινους μεταχρωματισμούς. Επίσης, την ίδια ημερομηνία συλλέχτηκαν φύλλα από δύο εγκαταλειμμένα δέντρα. Τα φύλλα πλύθηκαν με απιονισμένο νερό και τοποθετήθηκαν σε χάρτινες σακούλες με έκθεση στον ήλιο μέχρι τη μη περαιτέρω απώλεια βάρους (4-5 ημέρες). Στη συνέχεια τα φυτικά δείγματα και τα δείγματα καρπών μετά την κατάλληλη άλεση σε ειδικό μύλο τοποθετήθηκαν σε πλαστικές σακούλες και αποθηκεύτηκαν για τις εκχυλίσσεις. Μέσα σε χωνευτήριο από πορσελάνη ζυγίζονταν περίπου 1 g τριμμένου δείγματος. Κατόπιν, το χωνευτήριο τοποθετούνταν για 12-24 ώρες στο φούρνο στους 520°C , για καταστροφή της οργανικής ουσίας και την αφαίρεση πτητικών συστατικών (C και N). Μετά την

συμπλήρωση του χρόνου καύσης του φυτικού δείγματος (λευκή τέφρα), απομακρύνονταν το χωνευτήριο από το φούρνο και προστίθετο ελάχιστο απεσταγμένο νερό για να εμποδιστεί η διαφυγή της φυτικής ύλης που βρίσκεται με τη μορφή τέφρας. Κατόπιν, το χωνευτήριο μεταφέρονταν στον απαγωγό και προστίθετο 5 mL διαλύματος 2 N HCL. Ακολουθούσε διήθηση σε ογκομετρικές φιάλες των 50 mL με ηθμό SS (N589°, 125 mm ashless-blueribbon) και ξέπλυμα κάθε χωνευτηρίου δύο φορές με απεσταγμένο νερό. Κατόπιν οι ηθμοί διπλώνονταν και μεταφέρονταν στα αντίστοιχα χωνευτήρια, τα οποία τοποθετούνταν ξανά στο φούρνο στους 105 °C για άλλες 24 ώρες. Επαναλαμβάνονταν οι διαδικασίες της πρώτης καύσης (ελάχιστο απεσταγμένο νερό, υδροχλωρικό οξύ) και ακολουθούσε διήθηση με καινούργιο ηθμό στις ίδιες ογκομετρικές φιάλες ξεπλένοντας καλά τα χωνευτήρια με απεσταγμένο νερό. Τέλος, οι ογκομετρικές φιάλες συμπληρώνονταν με νερό μέχρι τη χαραγή και το περιεχόμενο τους μεταφέρονταν σε πλαστικά φιαλίδια των 100 mL (από πολυαιθυλένιο ή από πολυπροπυλένιο). Το εκχύλισμα αυτό χρησιμοποιήθηκε για τις παρακάτω αναλύσεις.

Φώσφορος: ο προσδιορισμός του φωσφόρου έγινε με τη μέθοδο βαναδομολυβδαινικού αμμωνίου. Χρησιμοποιήθηκαν τρία διαλύματα: για την παρασκευή του διαλύματος Α διαλύθηκαν 25 g $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ σε 400 mL νερό, για το διάλυμα Β, διαλύθηκαν 1,25 g NH_4VO_3 σε 300 ml ζεστό νερό, ενώ το διάλυμα βαναδομολυβδαινικού αμμωνίου παρασκευάστηκε με την ψύξη του διαλύματος Β σε θερμοκρασία δωματίου και με την ανάμιξή του με το διάλυμα Α. Για την παρασκευή του stock διαλύματος Ρ (50 mg/L), διαλύθηκαν 0,2196 g KH_2PO_4 κατ' αρχάς σε 400 mL αποσταγμένο νερό σε ογκομετρική φιάλη του ενός λίτρου και στη συνέχεια προστέθηκαν 5 mL πυκνού H_2SO_4 και συμπλήρωση μέχρι τη χαραγή με απιονισμένο νερό. Σε ογκομετρικές φιάλες των 50 mL αναμιγνύονταν 10 mL από τα διηθήματα που είχαν συγκεντρωθεί σε πλαστικά φιαλίδια μετά από τη διαδικασία της ξηρής καύσης που είχε προηγηθεί, με 10 mL από το διάλυμα βαναδομολυβδαινικού αμμωνίου και συμπλήρωση μέχρι τη χαραγή με αποσταγμένο νερό. Το διάλυμα χρωματίζονταν κίτρινο. Μέτρηση της απορρόφησης σε φασματοφωτόμετρο του οίκου Perkin Elmer 3300, σε μήκος κύματος 400 - 490 nm (ανάλογα με την περιεκτικότητα των δειγμάτων σε φώσφορο) μετά από 10 min. Συνήθως η μέτρηση γίνονταν σε μήκος κύματος 470 nm. Η ίδια διαδικασία τηρήθηκε και για τη δημιουργία των προτύπων διαλυμάτων 1 - 2 - 5 - 10 -15 mg P/L αφού προηγούμενα στις φιάλες προσθέτονταν από το Stock των 50 mg P/L τα

αντίστοιχα 1 - 2 - 5 - 10 - 15 mL. Σε μία άλλη φιάλη προσθέτονταν 10 mL από το διάλυμα βαναδομολυβδαινικού αμμωνίου χωρίς προσθήκη Stock P ή διηθήματος, με σκοπό την παρασκευή του λευκού διαλύματος για την καμπύλη αναφοράς.

Κάλιο (K): μέτρηση του εκχύλισματος σε φλογοφωτόμετρο.

Ασβέστιο (Ca), Μαγνήσιο (Mg), Σίδηρο (Fe), Μαγγάνιο (Mn), Ψευδάργυρος (Zn): το εκχύλισμα μετριόταν σε φασματόμετρο ατομικής απορρόφησης του οίκου Perkin Elmer 3300 για την περιεκτικότητά του σε ιχνοστοιχεία. Ο τελικός τύπος που χρησιμοποιούνταν για τον υπολογισμό των ιχνοστοιχείων είναι $M = (mL \text{ ογκομετρικής φιάλης διήθησης}) * (A/B)$, όπου M είναι το κάθε στοιχείο, A είναι τα ppm μετάλλου στο εκχύλισμα και B είναι το βάρος φυτού σε g για την αποτέφρωση.

Βόριο: Η μέτρηση βορίου γίνονταν στο «πυκνό» εκχύλισμα του αποτεφρωμένου φυτικού ιστού, με ανάπτυξη χρώματος. Ο τύπος υπολογισμού του βορίου είναι:

$$B, \text{ mg kg}^{-1} \text{ φυτού} = (mL \text{ ογκομετρικής φιάλης όπου έγινε η διήθηση}) * (A / B)$$

όπου A είναι η συγκέντρωση βορίου σε mg που παίρνει από το φασματοφωτόμετρο και B το βάρος του κονιορτοποιημένου ιστού στην κάψα αποτέφρωσης.

Ολικό άζωτο: Προσδιορίστηκε με την μέθοδο κατά Kjeldahl (Bremner and Muvaney, 1982).

3.11 Στατιστική ανάλυση

Για κάθε έτος χωριστά και ανά μεταχείριση έγινε ανάλυση παραλλακτικότητας ANOVA με δύο παράγοντες, τη διαφορετική λίπανση και το έτος, για όλες τις παραμέτρους φυσιολογίας φύλλων, παραγωγικότητας και ποιότητας καρπού καθώς επίσης και των ανόργανων στοιχείων στα φύλλα και στους καρπούς με το στατιστικό πακέτο SPSS (SPSS 20.0, Chicago). Υπολογίσθηκε και παρουσιάζεται η ελάχιστη σημαντική διαφορά για επίπεδο σημαντικότητας 5%.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Οι μετρήσεις του 2013 έγιναν στο πλαίσιο της μεταπτυχιακής διατριβής, αλλά για ένα πείραμα με λιπαντική αγωγή σε δένδροκαλλιέργεια, απαιτείται μια σειρά πειραματικών ετών. Αυτό έχει υλοποιηθεί στην παρούσα εργασία. Για την ολοκληρωμένη παρουσίαση των αποτελεσμάτων και την καλύτερη κατανόηση του πρακτικού αποτελέσματος της μελέτης, παρουσιάζω τα αποτελέσματα και των 3 ετών μελέτης: 2011, 2012, 2013, καθώς υπάρχουν και ενδιαφέρουσες σχέσεις μεταξύ των ετών και πριν την καλλιεργητική περίοδο του 2013, έγινε κλάδεμα των δέντρων του μάρτυρα με σκοπό τον καλύτερο φωτισμό και αερισμό της κόμης των δέντρων.

Οι συνολικές ποσότητες στοιχείων που εφαρμόστηκαν το έτος 2013 ήταν 6 kg N, 5 kg K, 1,7 kg Mg και 0,165 kg B στο στρέμμα του καστανεώνα όπου εφαρμόστηκε ορθολογική λίπανση και 13 kg N, 3,6 kg P, 3,6 kg K και 0,11 kg B στο στρέμμα του μάρτυρα που δέχτηκε εμπειρική λίπανση. Κατά τα έτη 2011 και 2012 οι ποσότητες στοιχείων ήταν 13 κιλά N, 7,5 κιλά K, 7,5 κιλά P και 60 g B στο στρέμμα του μάρτυρα και 6 (το 2012) ή 8 (το 2011) κιλά N, 5 κιλά K, 2 κιλά Mg και 165 g B στο στρέμμα στον καστανεώνα με ορθολογική λίπανση. Είχαμε λοιπόν μια μείωση στις εφαρμοζόμενες ποσότητες θρεπτικών στον καστανεώνα με αειφόρο λίπανση που υπολογίσθηκαν με βάση τη βιβλιογραφία, για την κάλυψη του καστανεώνα από την φυτική κόμη και την παραγωγικότητα αυτού. Επίσης, η εφαρμογή λιπαντικής αγωγής στον καστανεώνα με αειφόρο λίπανση βασίστηκε στην ορθή διαχείριση της πρακτικής της λίπανσης, και συγκεκριμένα εφαρμόστηκαν οι κατάλληλοι τύποι λιπασμάτων, στη σωστή ποσότητα και την εποχή που τα δέντρα της καστανιάς χρειάζονταν θρεπτικά. Τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται για την εμπειρική λίπανση προκαλούν υψηλότερη οξίνιση του εδαφικού διαλύματος από τα λιπάσματα του χρησιμοποιήθηκαν στην ορθολογική λίπανση. Αυτό σχετίζεται με το ελαφρά πιο όξινο εδαφικό διάλυμα που μετρήσαμε, καθώς τα οξινοποιά λιπάσματα χειροτερεύουν τις εδαφικές συνθήκες και την αφομοιωσιμότητα των ανόργανων συστατικών στο έδαφος.

Να σημειωθεί ότι τα δέντρα του μάρτυρα ήταν μεγαλύτερης ηλικίας και με μεγαλύτερη κόμη από τα δέντρα του καστανεώνα με αειφόρο λίπανση. Συνεπώς, τα δέντρα του μάρτυρα εξαιτίας της μεγάλης ηλικίας τους είχαν σημαντική επίδραση στην ποιότητα των καρπών και στα φυσιολογικά χαρακτηριστικά των φύλλων,

σύμφωνα με τα αποτελέσματα των ετών 2011 και 2012. Η μεγάλη σκίαση από τη βλάστηση της κόμης των δέντρων του μάρτυρα είχε ως αποτέλεσμα την περιορισμένη ηλιακή ακτινοβολία, με αποτέλεσμα τη μείωση του μεγέθους των καρπών (λόγω της μεγάλης παραγωγής και της αυξημένης βλάστησης) και της ξηράς ουσίας, του ειδικού βάρους και της συνολικής συγκέντρωσης χλωροφύλλης των φύλλων. Λαμβάνοντας, λοιπόν, υπόψη τις συνέπειες που είχε η αυξημένη βλάστηση στα δέντρα του καστανέωνα μάρτυρα, εφαρμόστηκε το Δεκέμβριο 2012, μετά τη συγκομιδή του Σεπτεμβρίου 2012, κλάδεμα ανανέωσης για αφαίρεση των κλάδων που περιόριζαν τη διέλευση του φωτός και τον αερισμό της κόμης. Έτσι η χρονιά των πειραματικών μας παρατηρήσεων (άνοιξη-φθινόπωρο 2013) βρήκε την κόμη των δέντρων του μάρτυρα παρόμοια φωτισμένη με αυτή των δέντρων της ορθολογικής λίπανσης.

Οι διαφορετικές ποσότητες, λοιπόν, των στοιχείων που εφαρμόστηκαν στα δέντρα των δύο καστανέωνων και η εφαρμογή κλαδέματος στα μεγάλης ηλικίας δέντρα ήταν πιθανόν να είχαν διαφορετική επίδραση στα φύλλα, στην παραγωγή και στην ποιότητα των καρπών. Αυτή η ανάλυση δεν έχει ξαναγίνει στην Ελλάδα και δεν βρέθηκαν διεθνείς ερευνητικές εργασίες για το συγκεκριμένο θέμα.

4.1 Φυσιολογικά χαρακτηριστικά φύλλων καστανιάς

4.1.1. Επίδραση των μεταχειρίσεων στην ξηρά ουσία, στο ειδικό βάρος και στην ειδική φυλλική επιφάνεια των φύλλων καστανιάς

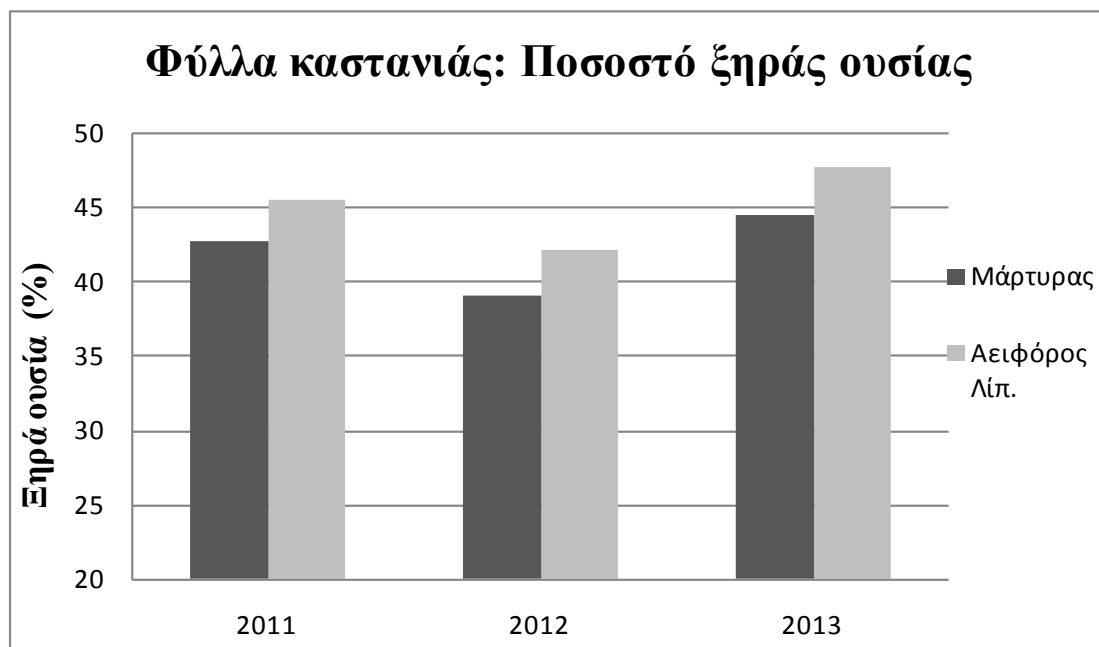
Πίνακας 4.1. Ποσοστό ξηράς ουσίας, ειδικό βάρος (εκφρασμένο σε mg ξηράς ουσίας ανά τετραγωνικό εκατοστό επιφάνειας φύλλου) και ειδική φυλλική επιφάνεια (εκφρασμένο σε τετραγωνικά εκατοστά επιφάνειας φύλλου ανά γραμμάριο ξηρού βάρους φύλλου) από φύλλα των δέντρων καστανιάς του μάρτυρα και των δέντρων με αειφόρο λίπανση, τα έτη 2011, 2012 και 2013.

Μεταχείριση	Χρόνος	Ξηρή Ουσία φύλλων (%)	Ειδικό βάρος (mg cm ⁻²)	Ειδική φυλλική επιφάνεια (cm ² g ⁻¹ Ξ.Ο.)
Μάρτυρας	2011	42,7	6,88	150
	2012	39,0	5,65	183
	2013	44,4	6,92	149
Αειφόρος λίπανση	2011	45,4	9,07	113
	2012	42,1	6,92	125
	2013	47,7	8,13	123
Σημαντικότητα				
Μεταχείριση		***	***	***
Χρόνος		***	***	*
ΕΣΛ _{0,05}		1,41	0,75	30,2

*,***. σημαντική διαφορά με 5% ή 1% πιθανότητα λάθους, αντίστοιχα.

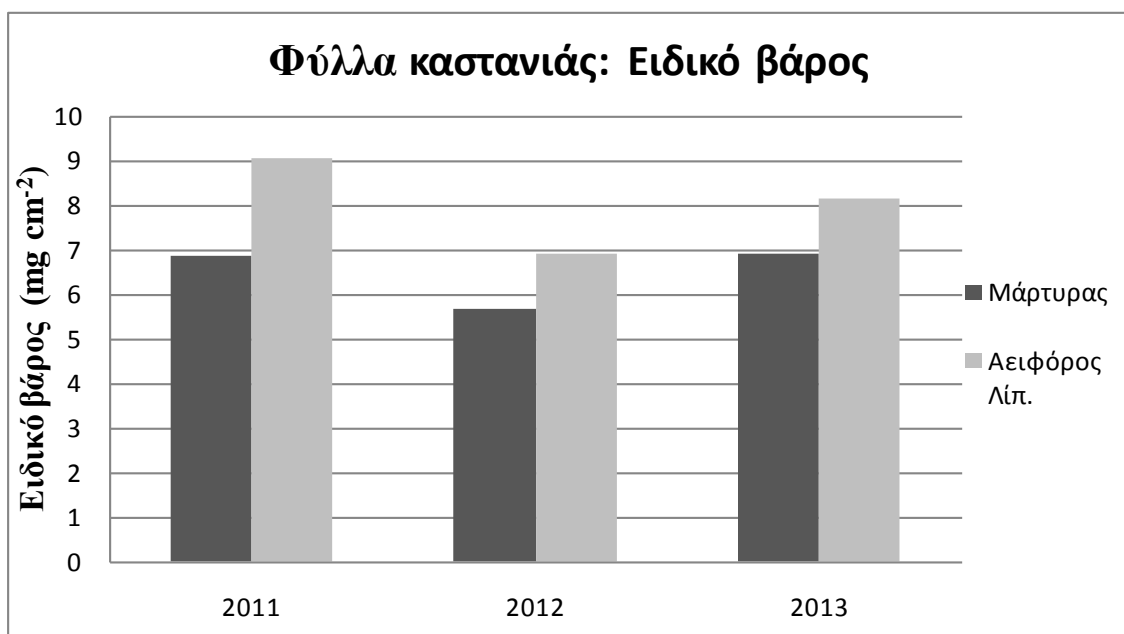
Το ποσοστό ξηράς ουσίας στα φύλλα των δέντρων καστανιάς που δέχθηκαν αειφόρο λίπανση ήταν σημαντικά υψηλότερο από το αντίστοιχο ποσοστό στα φύλλα των δέντρων του μάρτυρα (δέχθηκαν εμπειρική λίπανση υψηλότερη της ορθολογικής) και τα τρία έτη της μελέτης (Πίν. 4.1, Σχεδ. 4.1). Ανά μεταχείριση, φαίνεται ότι το

2013 το ποσοστό ξηράς ουσίας των φύλλων ήταν υψηλότερο από το 2011 και 2012, ενώ το 2012 είχε τη χαμηλότερη τιμή, και στις δύο μεταχειρίσεις.



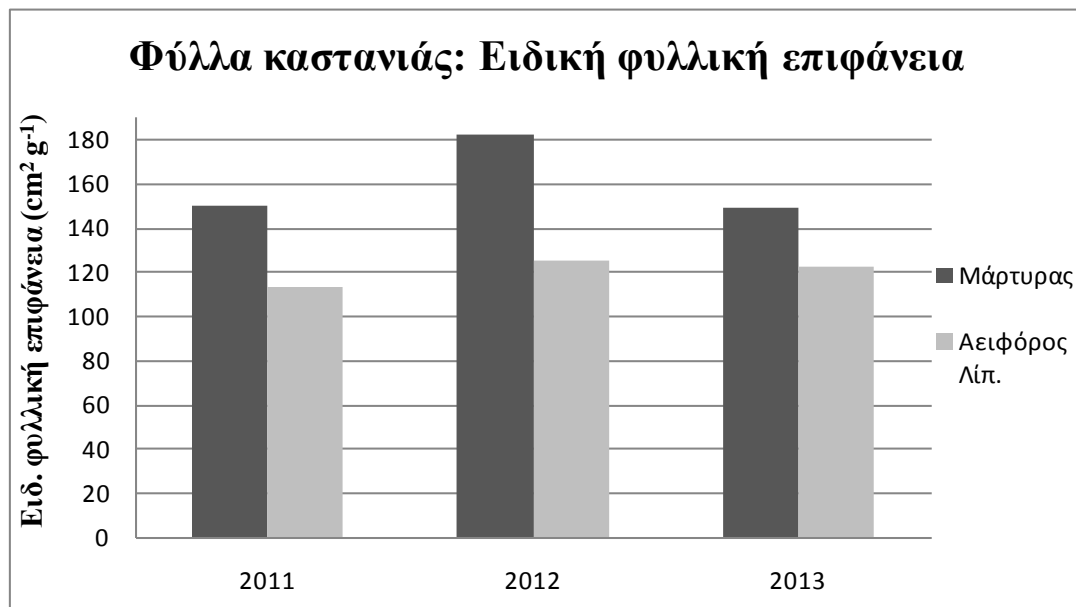
Σχεδιάγραμμα 4.1. Ποσοστό ξηράς ουσίας φύλλων από δέντρα καστανιάς περιοχής Μελίβοιας που λιπαίνονταν εμπειρικά (Μάρτυρας) ή δέχτηκαν αειφόρο λίπανση (Αειφόρος Λίπ.) κατά τα έτη 2011, 2012 και 2013.

Το ειδικό βάρος φύλλου των δέντρων καστανιάς που δέχθηκαν αειφόρο λίπανση ήταν σημαντικά υψηλότερο το 2013 και μερικά μόνο υψηλότερο το 2011 και 2012 από το ειδικό βάρος φύλλου των δέντρων του καστανεώνα μάρτυρα (Πίν. 4.1, Σχεδ. 4.2). Επίσης, το ειδικό βάρος φύλλου διέφερε σημαντικά από χρονιά σε χρονιά και στις δύο μεταχειρίσεις. Συγκεκριμένα, το 2012 το ειδικό βάρος φύλλου ήταν σημαντικά χαμηλότερο από τα έτη 2011 και 2013 και στους δύο πειραματικούς αγρούς, ενώ μεταξύ των ετών 2011 και 2013 δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές.



Σχεδιάγραμμα 4.2. Μέσοι όροι του ειδικού βάρους φύλλων καστανιάς περιοχής Μελίβοιας που λιπαίνονταν εμπειρικά (Μάρτυρας) ή δέχτηκαν αειφόρο λίπανση (Αειφόρος Λίπ.) κατά τα έτη 2011, 2012 και 2013.

Η ειδική φυλλική επιφάνεια των δέντρων καστανιάς που δέχθηκαν αειφόρο λίπανση ήταν σημαντικά χαμηλότερη από την ειδική φυλλική επιφάνεια των δέντρων του μάρτυρα και τα τρία έτη του πειράματος (Πίν. 4.1, Σχεδ. 4.3). Σε κάθε μεταχείριση ξεχωριστά, φαίνεται ότι η ειδική φυλλική επιφάνεια των δέντρων καστανιάς του μάρτυρα είχε σημαντικά μεγαλύτερη τιμή το 2012 από τα έτη 2011 και 2013, ενώ η ειδική φυλλική επιφάνεια των δέντρων του καστανεώνα όπου εφαρμόστηκε αειφόρος λίπανση ήταν παρόμοια μεταξύ των ετών.



Σχεδιάγραμμα 4.3. Μέσοι όροι της ειδικής φυλλικής επιφάνειας από δέντρα καστανιάς της περιοχής Μελίβοιας που λιπαίνονταν εμπειρικά (Μάρτυρας) ή δεχόταν αειφόρο λίπανση (Αειφόρος Λίπ.) κατά τα έτη 2011, 2012 και 2013.

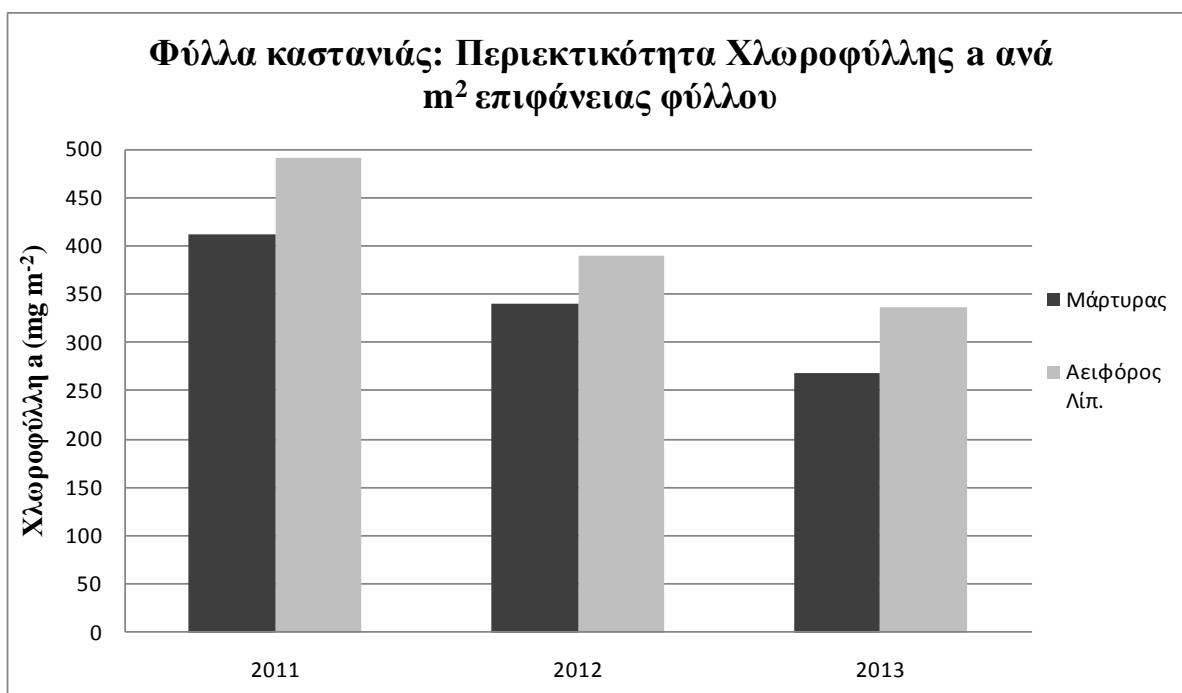
4.1.2. Επίδραση μεταχειρίσεων στη συνολική χλωροφύλλη φύλλων καστανιάς

Πίνακας 4.2. Μέσοι όροι περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη a, χλωροφύλλη b και ολική χλωροφύλλη, εκφρασμένη σε mg ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας φύλλου, και αναλογία χλωροφύλλης a/ χλωροφύλλη b φύλλων καστανιάς των δέντρων του μάρτυρα και των δέντρων με αειφόρο λίπανση τα έτη 2011, 2012 και 2013.

Μεταχείριση	Χρόνος	Χλωροφύλλη a (mg m ⁻²)	Χλωροφύλλη b (mg m ⁻²)	Συνολική Χλωροφύλλη (mg m ⁻²)	Χλωρ. a / χλωρ. b
Μάρτυρας	2011	411	117	528	3,54
	2012	340	77	417	4,50
	2013	268	84	352	3,34
Αειφόρος λίπανση	2011	492	116	606	4,25
	2012	389	112	502	3,49
	2013	337	118	455	2,92
Σημαντικότητα					
Μεταχείριση		***	***	***	NS
Χρόνος		***	***	***	***
ΕΣΔ _{0,05}		42	13	56	0,48

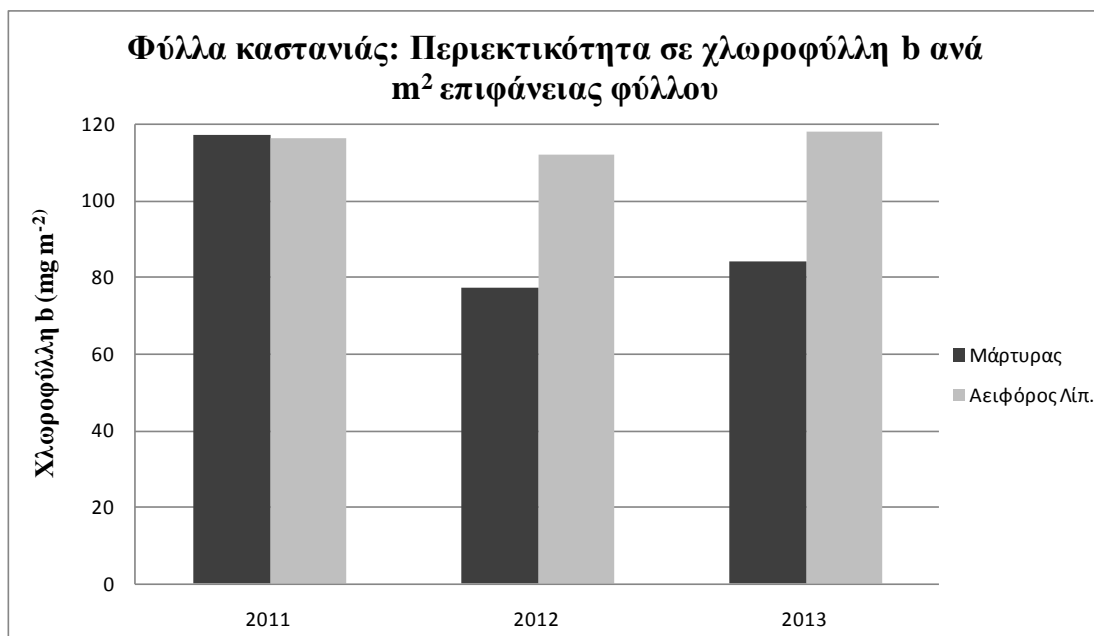
NS, ***. Μη σημαντική διαφορά ή σημαντική διαφορά με 1% πιθανότητα λάθους, αντίστοιχα.

Η περιεκτικότητα των φύλλων σε χλωροφύλλη *a* των δέντρων που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση ήταν σημαντικά υψηλότερη από την αντίστοιχη περιεκτικότητα χλωροφύλλης *a* στα φύλλα των δέντρων του μάρτυρα, και τα τρία έτη του πειράματος. Επίσης ανά μεταχείριση, η χλωροφύλλη *a* μειώθηκε στατιστικά σημαντικά από έτος σε έτος και στις δύο μεταχειρίσεις (Πίν. 4.2, Σχεδ. 4.4).



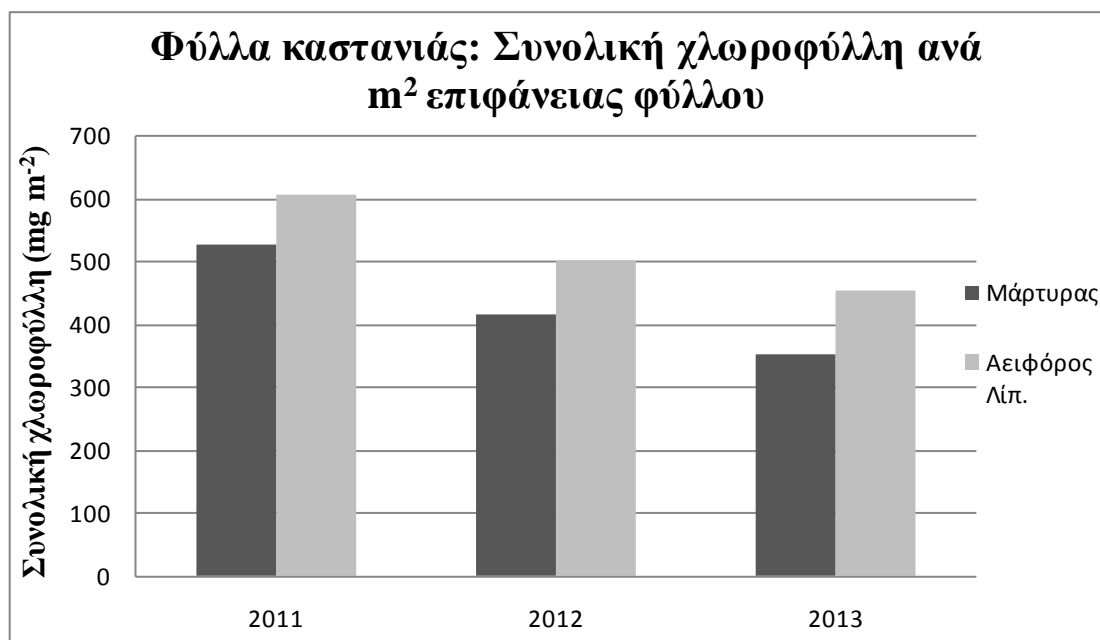
Σχεδιάγραμμα 4.4. Περιεκτικότητα χλωροφύλλης *a* εκφρασμένη σε mg ανά m^2 επιφάνειας του φύλλου των δέντρων καστανιάς της περιοχής Μελίβοιας που λιπαίνονταν εμπειρικά (Μάρτυρας) ή δέχτηκαν αειφόρο λίπανση (Αειφόρος Λίπ.) κατά τα έτη 2011, 2012 και 2013.

Όσον αφορά, τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης *b* στα φύλλα των δέντρων του καστανεώνα όπου εφαρμόστηκε αειφόρος λίπανση φαίνεται ότι τα έτη 2012 και 2013 είχαν υψηλότερη χλωροφύλλη *b* από τα φύλλα των δέντρων του μάρτυρα, ενώ το 2011 δεν παρουσιάστηκαν διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων. Επίσης, στην αειφόρο λίπανση η συγκέντρωση χλωροφύλλης *b* στα φύλλα ήταν παρόμοια και τα τρία έτη του πειράματος. Αντίθετα, στα φύλλα των δέντρων του μάρτυρα η συγκέντρωση χλωροφύλλης *b* ήταν παρόμοια τα 2012 και 2013, αλλά υψηλότερη το 2011 (Πίν. 4.2, Σχεδ. 4.5).



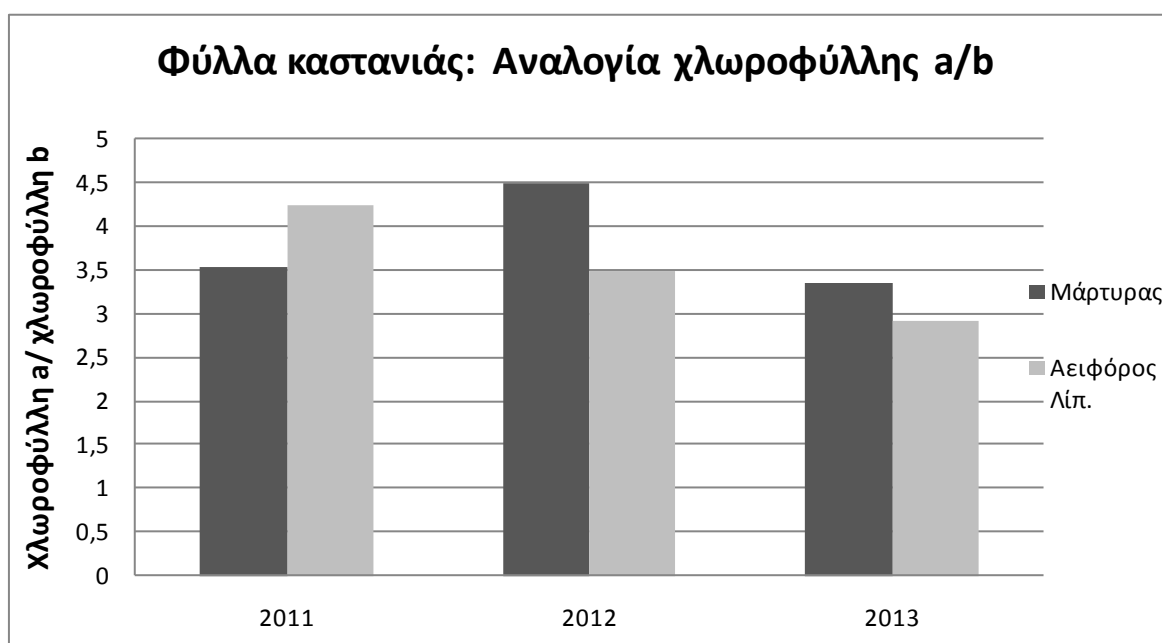
Σχεδιάγραμμα 4.5. Περιεκτικότητα χλωροφύλλης b εκφρασμένη σε mg ανά m^2 επιφάνειας του φύλλου των δέντρων καστανιάς της περιοχής Μελίβοιας που λιπαίνονταν εμπειρικά (Μάρτυρας) ή δέχτηκαν αειφόρο λίπανση (Αειφόρος Λίπ.) κατά τα έτη 2011, 2012 και 2013.

Τα φύλλα των δέντρων με αειφόρο λίπανση είχαν σημαντικά υψηλότερη συνολική χλωροφύλλη από τα φύλλα των δέντρων του καστανεώνα μάρτυρα κατά τα τρία έτη του πειράματος. Επίσης, μεταξύ των ετών παρατηρείται σημαντική μείωση της συνολικής χλωροφύλλης στα φύλλα των δέντρων και των δύο καστανεώνων από το 2011 προς το 2013 (Πίν. 4.2, Σχεδ. 4.6).



Σχεδιάγραμμα 4.6. Μέσοι όροι της συνολικής χλωροφύλλης εκφρασμένη σε mg ανά m^2 επιφάνειας φύλλου των δέντρων καστανιάς της περιοχής Μελίβοιας που λιπαίνονταν εμπειρικά (Μάρτυρα) ή που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση (Αειφόρο Λίπ.) κατά τα έτη 2011, 2012 και 2013.

Η σχέση χλωροφύλλης a / χλωροφύλλη b στα φύλλα των δέντρων του καστανεώνα με αειφόρο λίπανση ήταν υψηλότερη το έτος 2011 και χαμηλότερη τα έτη 2012 και 2013 από την αντίστοιχη αναλογία στα φύλλα των δέντρων του μάρτυρα. Η σχέση χλωροφύλλης a / χλωροφύλλη b στα φύλλα των δέντρων του μάρτυρα ήταν παρόμοια μεταξύ των ετών 2011 και 2012 και χαμηλότερη το 2013, ενώ στα φύλλα των δέντρων με αειφόρο λίπανση μειώθηκε σημαντικά από έτος σε έτος (Πίν. 4.2, Σχεδ. 4.7).



Σχεδιάγραμμα 4.7. Αναλογία χλωροφύλλης a / χλωροφύλλη b στα φύλλα των δέντρων καστανιάς της περιοχής Μελίβοιας που λιπαίνονταν εμπειρικά (Μάρτυρα) ή που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση (Αειφόρο Λίπ.) κατά τα έτη 2011, 2012 και 2013.

4.1.3 Επίδραση των διαφορετικών λιπάνσεων στην θρέψη των φύλλων

Πίνακας 4.3. Συγκεντρώσεις ανόργανων στοιχείων σε ώριμα φύλλα καστανιάς με έκθεση στη σκιά και στο φως των δέντρων του μάρτυρα και των δέντρων με αειφόρο λίπανση που συλλέχθηκαν τον Ιούλιο του 2013. Τα στοιχεία εκφράζονται ως % ή $\mu\text{g g}^{-1}$ ανά 100 g ξηρού βάρους.

Μεταχείριση	Έκθεση	N (%)	P ($\mu\text{g g}^{-1}$)	K (%)	Ca ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Mg ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Fe ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Mn ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Zn ($\mu\text{g g}^{-1}$)	B ($\mu\text{g g}^{-1}$)
Μάρτυρας	Φως	1,91	1265	0,42	20262	973	35,5	344	5,32	30,6
	Σκιά	2,23	2386	0,35	18815	1235	60,3	413	12,76	33,6
Αειφόρος λίπανση	Φως	2,41	849	0,35	39982	2133	61,5	413	12,53	31,6
	Σκιά	2,31	840	0,39	44685	2786	84,0	417	9,36	31,5
Σημαντικότητα										
Μεταχείριση		*	***	NS	***	***	*	NS	*	NS
Έκθεση		NS	***	NS	NS	NS	*	NS	*	NS
ΕΣΔ _{0,05}		0,29	382	0,10	5662	797	31,1	122	2,26	4,6

NS, *, ***. Μη σημαντική διαφορά ή σημαντική διαφορά με 5%, ή 1% πιθανότητα λάθους, αντίστοιχα.

Τα φύλλα καστανιάς, των δέντρων όπου εφαρμόστηκε αειφόρος λίπανση είχαν μερικά μόνο υψηλότερο ποσοστό συγκέντρωσης N από τα φύλλα των δέντρων του μάρτυρα, και στις δύο εκθέσεις, σκιά και φως. Τα φύλλα σκιάς είχαν υψηλότερη συγκέντρωση N από τα φύλλα με έκθεση στο φως στα δέντρα του μάρτυρα, ενώ τα φύλλα με έκθεση τόσο στη σκιά όσο και στο φως των δέντρων που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση είχαν παρόμοια συγκέντρωση N (Πίν. 4.3).

Τα φύλλα σκιάς και φωτός των δέντρων με αειφόρο λίπανση είχαν σημαντικά χαμηλότερη συγκέντρωση P από τα φύλλα της αντίστοιχης έκθεσης των δέντρων του μάρτυρα. Επίσης, τα φύλλα σκιάς είχαν υψηλότερη συγκέντρωση P από τα φύλλα με έκθεση στο φως των δέντρων του μάρτυρα, ενώ τα φύλλα σκιάς των δέντρων όπου εφαρμόστηκε αειφόρος λίπανση είχαν παρόμοια συγκέντρωση P με τα φύλλα φωτός (Πίν. 4.3).

Η συγκέντρωση K στα φύλλα με έκθεση στη σκιά και στο φως των δέντρων του μάρτυρα δε διέφερε σημαντικά από τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις K των φύλλων των δέντρων που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση. Η έκθεση των φύλλων στη σκιά ή στο φως φαίνεται να μην είχε καμία επίδραση στη συγκέντρωση K, καθώς τα φύλλα σκιάς είχαν παρόμοια συγκέντρωση K με τα φύλλα με έκθεση στο φως και στις δύο μεταχειρίσεις (Πίν. 4.3).

Η συγκέντρωση Ca στα φύλλα των δέντρων με αειφόρο λίπανση ήταν σημαντικά υψηλότερη από την συγκέντρωση Ca στα φύλλα των δέντρων του μάρτυρα, και στα εκτεθειμένα στο φως φύλλα και σε αυτά στη σκιά. Διαφορές δεν βρέθηκαν στη συγκέντρωση Ca στα φύλλα από τη σκιά ή τα εκτεθειμένα στο φως (Πίν. 4.3).

Τα φύλλα καστανιάς των δέντρων όπου εφαρμόστηκε αειφόρος λίπανση είχαν σημαντικά υψηλότερη συγκέντρωση Mg από τα φύλλα των δέντρων του μάρτυρα και στις δύο εκθέσεις, σκιά και φως. Επιπλέον, παρατηρήθηκε μερικά μόνο υψηλότερη συγκέντρωση Mg στα φύλλα σκιάς από τα φύλλα φωτός και στις δύο μεταχειρίσεις (Πίν. 4.3)

Η συγκέντρωση Fe στα φύλλα των δέντρων με αειφόρο λίπανση, ήταν μερικά μόνο υψηλότερη από τη συγκέντρωση Fe στα φύλλα των δέντρων του μάρτυρα και στις δύο εκθέσεις, σκιά και φως. Επίσης, η συγκέντρωση Fe φαίνεται να είναι ελάχιστα υψηλότερη στα φύλλα σκιάς από τα φύλλα με έκθεση στο φως και στις δύο μεταχειρίσεις, όπως φαίνεται στον πίνακα 4.3.

Όσον αφορά στη συγκέντρωση Mn στα φύλλα, δε φαίνεται να επηρεάζεται από την έκθεση των φύλλων στο φως αλλά ούτε και από τη διαφορετική λίπανση. Συγκεκριμένα, η συγκέντρωση Mn στα φύλλα των δέντρων με αειφόρο λίπανση ήταν παρόμοια με τη συγκέντρωση Mn στα φύλλα των δέντρων του μάρτυρα και τις δύο εκθέσεις των φύλλων. Επίσης, παρόμοια ήταν και η συγκέντρωση Mn στα φύλλα σκιάς με τη συγκέντρωση Mn στα φύλλα με έκθεση στο φως και στις δύο μεταχειρίσεις (Πίν. 4.3).

Τα φύλλα καστανιάς των δέντρων όπου εφαρμόστηκε αειφόρος λίπανση είχαν σημαντικά υψηλότερη συγκέντρωση Zn από τα φύλλα των δέντρων του μάρτυρα με έκθεση στο φως, ενώ τα φύλλα σκιάς των δέντρων με αειφόρο λίπανση είχαν χαμηλότερη συγκέντρωση Zn από τα φύλλα σκιάς των δέντρων του μάρτυρα. Με βάση την έκθεση που είχαν τα φύλλα παρατηρήθηκε ότι η συγκέντρωση Zn στα φύλλα σκιάς ήταν μερικά μόνο υψηλότερη από τα φύλλα με έκθεση στο φως των

δέντρων του μάρτυρα, ενώ τα φύλλα φωτός των δέντρων με αειφόρο λίπανση είχαν ελάχιστα υψηλότερη συγκέντρωση Zn από τα φύλλα στη σκιά (Πίν. 4.3).

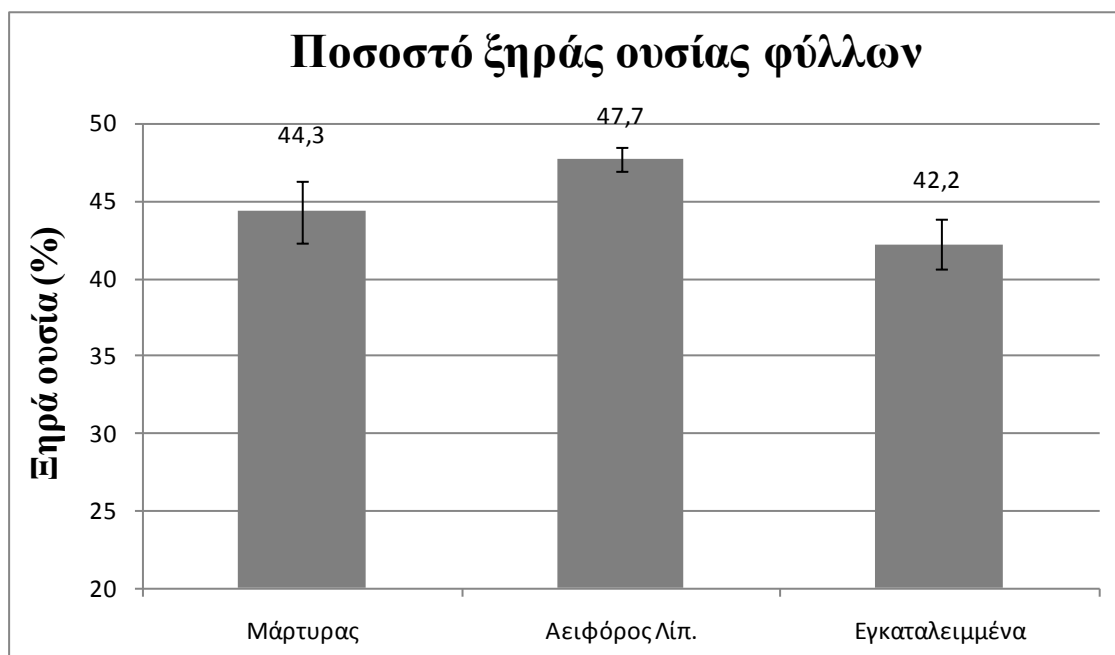
Η συγκέντρωση B στα φύλλα των δέντρων του μάρτυρα ήταν παρόμοια με τη συγκέντρωση B στα φύλλα των δέντρων όπου εφαρμόστηκε αειφόρος λίπανση και στις δύο εκθέσεις, σκιά και φως. Επίσης, η συγκέντρωση B στα φύλλα σκιάς ήταν παρόμοια με τη συγκέντρωση B στα φύλλα φωτός και στις δύο μεταχειρίσεις (Πίν. 4.3).

4.1.4 Φυσιολογικά χαρακτηριστικά φύλλων από εγκαταλειμμένα δέντρα καστανιάς της περιοχής Μελίβοιας Λάρισας.

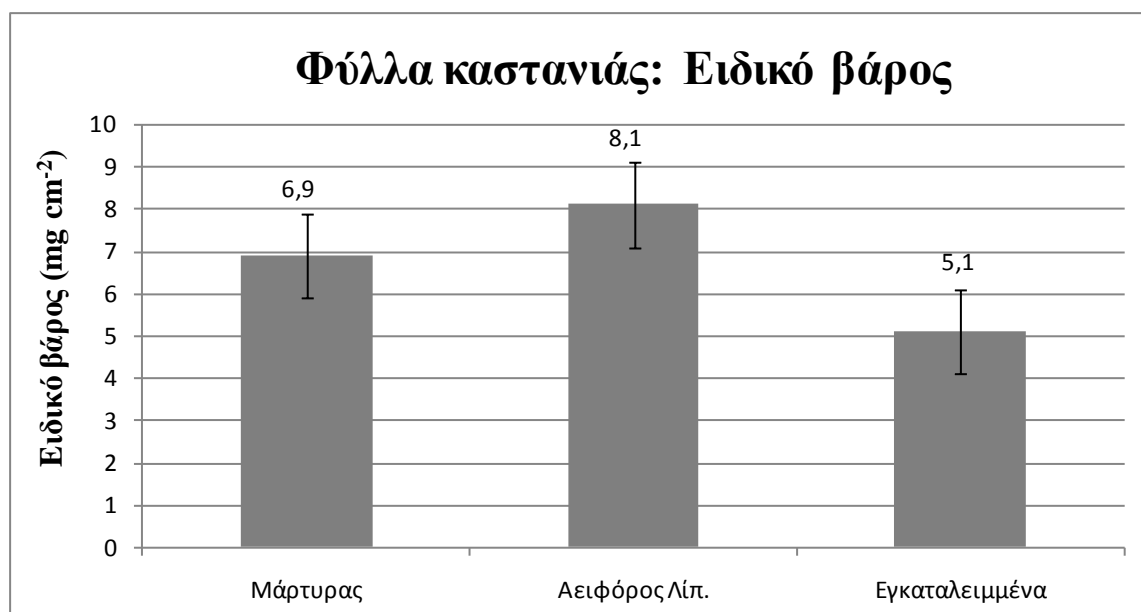
Πίνακας 4.4. Μέσοι όροι ποσοστού ξηράς ουσίας, ειδικού βάρους (εκφρασμένο σε mg ξηράς ουσίας ανά τετραγωνικό εκατοστό επιφάνειας φύλλου) και ειδικής φυλλικής επιφάνειας (εκφρασμένο σε τετραγωνικά εκατοστά επιφάνειας φύλλου ανά γραμμάριο ξηρού βάρους φύλλου) και οι αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις, από φύλλα εγκαταλειμμένων δέντρων καστανιάς σε σύγκριση με τις αντίστοιχες τιμές των φύλλων από τα δέντρα του μάρτυρα και από τα δέντρα που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση το έτος 2013.

	Ξηρά ουσία (%)	TA	Ειδικό βάρος (mg Ξ.Ο cm⁻²)	TA	Ειδική φυλλική επιφάνεια (cm² g⁻¹ Ξ.Ο.)	TA
Μάρτυρας	44,3	2,0	6,9	0,9	148,6	18,3
Αειφόρος λίπανση	47,7	0,8	8,1	0,5	123,8	7
Εγκαταλειμμένα	42,2	1,6	5,1	0,8	198	17,4

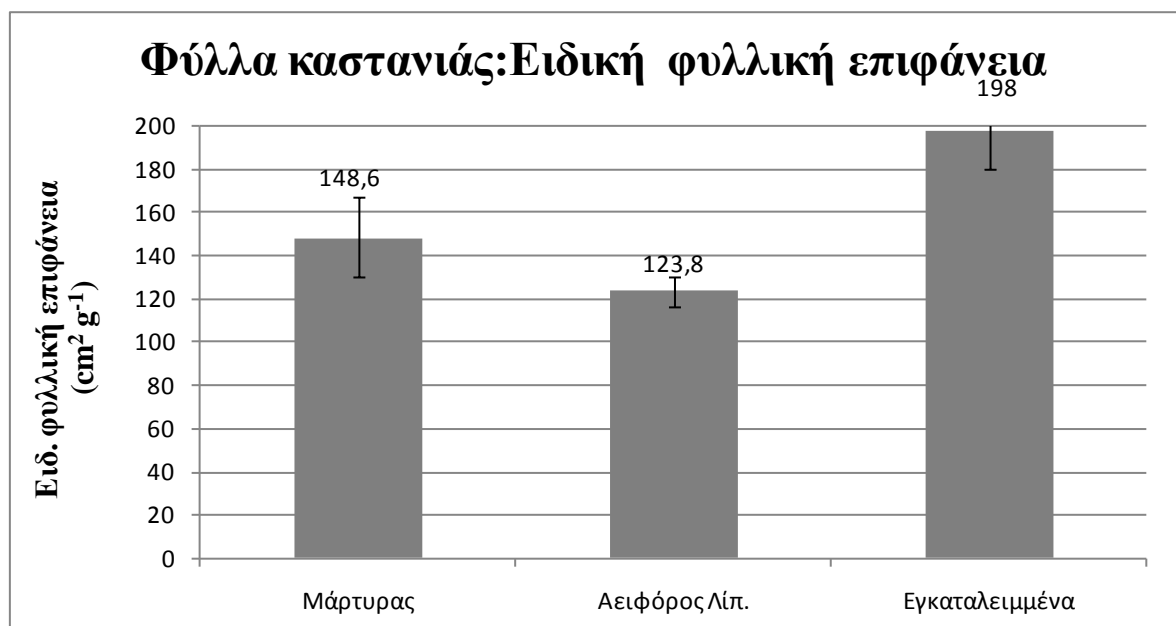
Τα φύλλα από τα εγκαταλειμμένα δέντρα είχαν σημαντικά χαμηλότερα ποσοστό ξηράς ουσίας (Πίν. 4.4, Σχεδ. 4.8) και το ειδικό βάρος (Πίν. 4.4, Σχέδ. 4.9) και σημαντικά υψηλότερη ειδική φυλλική επιφάνεια (Πίν. 4.4, Σχεδ. 4.10) από τις αντίστοιχες τιμές στα φύλλα των δέντρων με αειφόρο λίπανση και του μάρτυρα.



Σχεδιάγραμμα 4.8. Ποσοστό ξηράς ουσίας (%) φύλλων καστανιάς από εγκαταλειμμένα δέντρα, από τα δέντρα με εμπειρική λίπανση (Μάρτυρας) και από τα δέντρα που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση (Αειφόρος Λίπ.), της περιοχής Μελίβοιας, το έτος 2013 και οι αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις.



Σχεδιάγραμμα 4.9. Ειδικό βάρος φύλλων καστανιάς (mg ξηράς ουσίας ανά cm² επιφάνειας φύλλου) από εγκαταλειμμένα δέντρα από τα δέντρα με εμπειρική λίπανση (Μάρτυρας) και από τα δέντρα που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση (Αειφόρος Λίπ.), της περιοχής Μελίβοιας, το έτος 2013 και οι αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις.

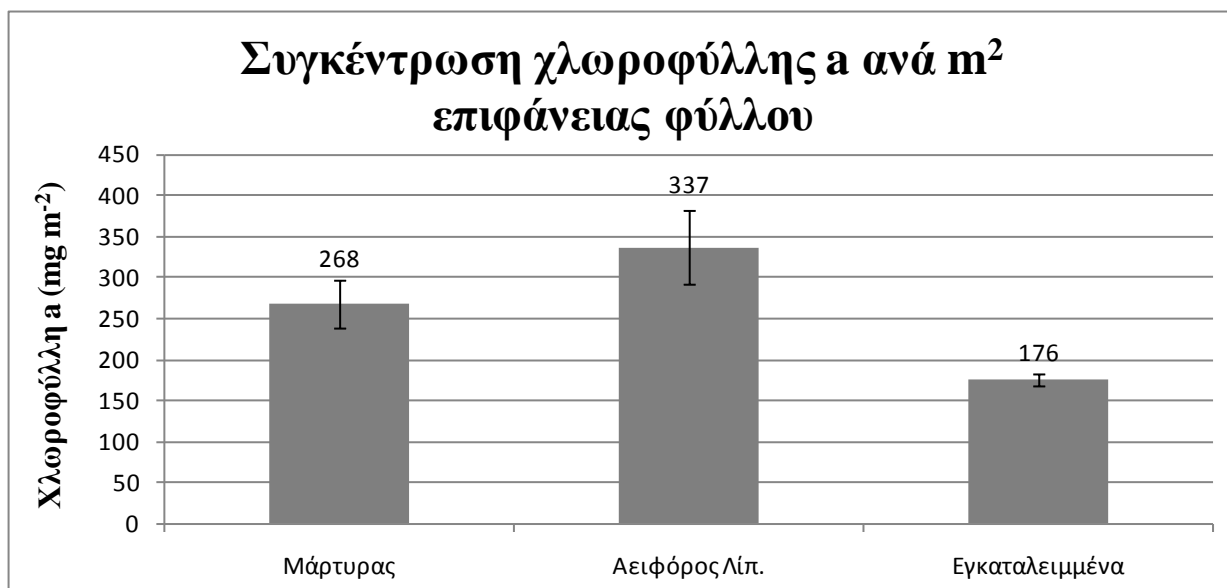


Σχεδιάγραμμα 4.10. Ειδική φυλλική επιφάνεια φύλλων (cm² επιφάνειας φύλλου ανά g ξηράς ουσίας) καστανιάς από εγκαταλειμμένα δέντρα, από τα δέντρα με εμπειρική λίπανση (Μάρτυρας) και από τα δέντρα που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση (Αειφόρος Λίπ.), στην περιοχή Μελίβοια, το έτος 2013 και οι αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις.

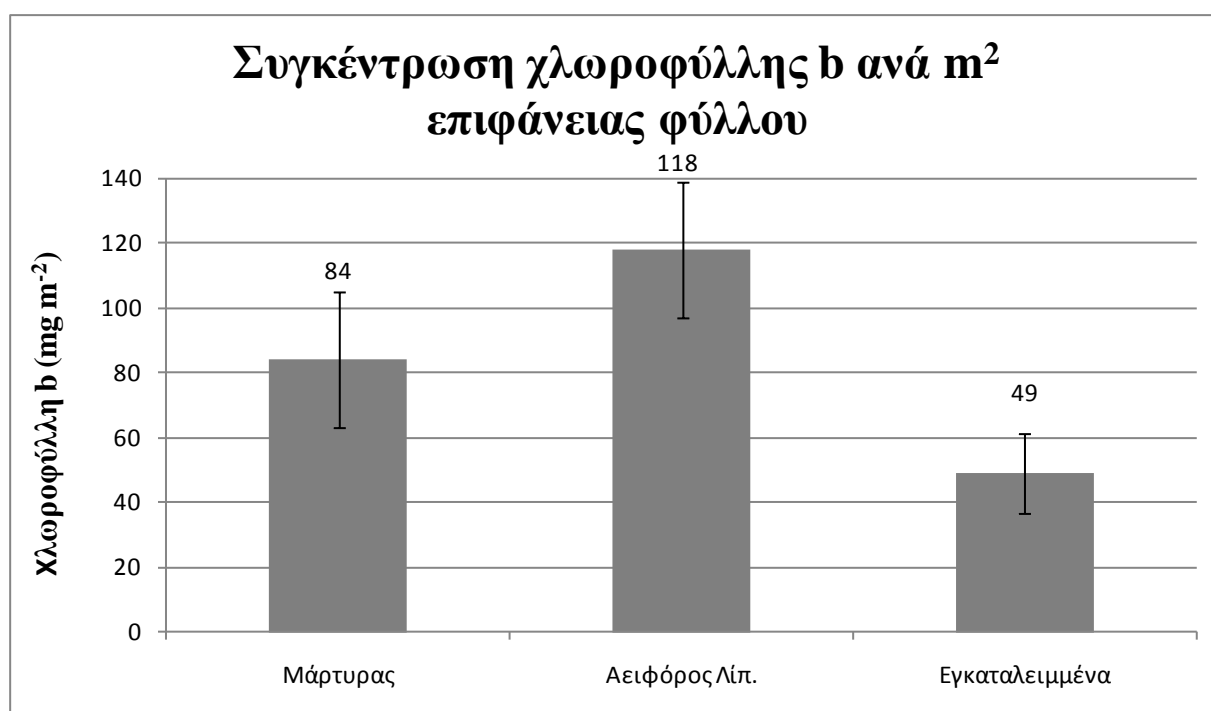
Πίνακας 4.5. Μέσοι όροι περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη a και b και ολική χλωροφύλλη, εκφρασμένη σε mg ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας φύλλου, και αναλογία χλωροφύλλης a / χλωροφύλλη b φύλλων καστανιάς, και οι αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις, των εγκαταλειμμένων δέντρων σε σύγκριση με τους αντίστοιχους μέσους όρους των φύλλων των δέντρων του μάρτυρα και των δέντρων που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση το έτος 2013.

	Χλωροφύλλη a (mg m ⁻²)	ΤΑ	Χλωροφύλλη b (mg m ⁻²)	ΤΑ	Συνολική χλωροφύλλη (mg m ⁻²)	ΤΑ	Χλωρ. a / χλωρ. b	ΤΑ
Μάρτυρας	268	29	84	21	352	46	3.3	0,4
Αειφόρος λίπανση	337	44	118	21	455	65	3	0,4
Εγκαταλειμμένα	176	7	49	12	225	19	3,6	0,7

Η συγκέντρωση χλωροφύλλης a (Πίν. 4.5, Σχεδ. 4.11), χλωροφύλλης b (Πίν. 4.5, Σχέδ. 4.12) και συνολικής χλωροφύλλης (Πίν. 4.5, Σχεδ. 4.13) στα φύλλα των εγκαταλειμμένων δέντρων ήταν σημαντικά χαμηλότερη από τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις στα φύλλα των δέντρων του μάρτυρα και του καστανεώνα με αειφόρο λίπανση.

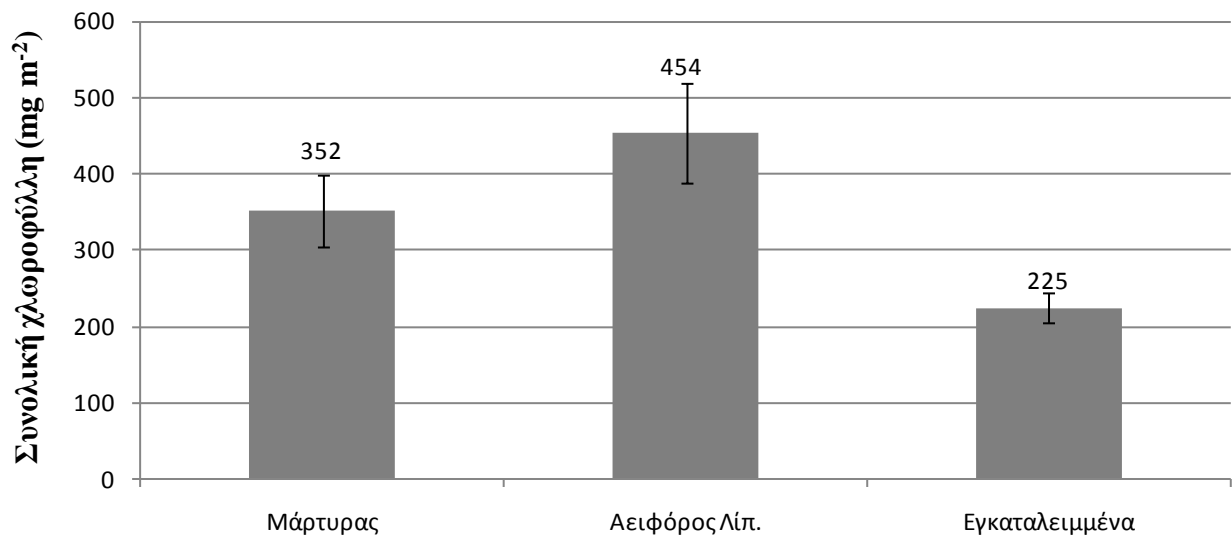


Σχεδιάγραμμα 4.11. Περιεκτικότητα χλωροφύλλης a στα φύλλα δέντρων καστανιάς της περιοχής Μελίβοιας, εκφρασμένη σε mg ανά m² επιφάνειας του φύλλου, που λιπαίνονταν εμπειρικά (Μάρτυρας), που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση (Αειφόρος Λίπ.) και στα φύλλα εγκαταλειμμένων δέντρων το έτος 2013 και οι αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις.



Σχεδιάγραμμα 4.12. Περιεκτικότητα χλωροφύλλης b στα φύλλα δέντρων καστανιάς της περιοχής Μελίβοιας, εκφρασμένη σε mg ανά m² επιφάνειας του φύλλου, που λιπαίνονταν εμπειρικά (Μάρτυρας), που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση (Αειφόρος Λίπ.) και στα φύλλα εγκαταλειμμένων δέντρων το έτος 2013 και οι αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις.

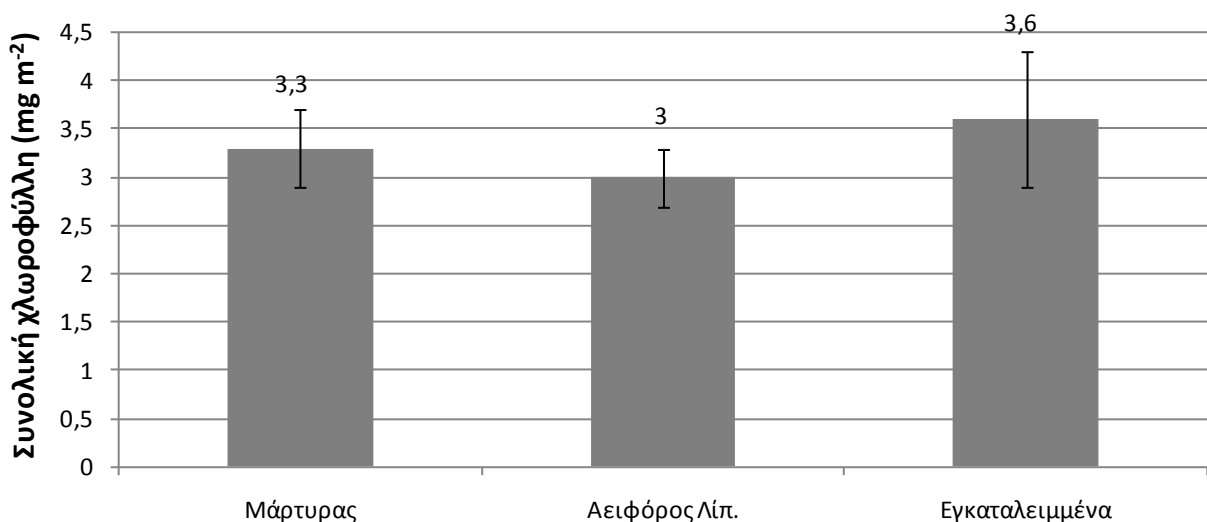
Συνολική χλωροφύλλη ανά m² επιφάνειας φύλλου



Σχεδιάγραμμα 4.13. Συγκέντρωση συνολικής χλωροφύλλης στα φύλλα δέντρων καστανιάς της περιοχής Μελίβοιας, εκφρασμένη σε mg ανά m² επιφάνειας του φύλλου, που λιπαίνονταν εμπειρικά (Μάρτυρας), που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση (Αειφόρος Λίπ.) και στα φύλλα εγκαταλειμμένων δέντρων το έτος 2013 και οι αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις..

Η σχέση χλωροφύλλης a / χλωροφύλλης b στα φύλλα των εγκαταλειμμένων δέντρων μερικά μόνο μεγαλύτερη από τις αντίστοιχες σχέσεις των δύο χλωροφυλλών στα φύλλα των δέντρων του μάρτυρα και του καστανεώνα με αειφόρο λίπανση (Πίν. 4.5, Σχεδ. 4.14)

Αναλογία χλωροφύλλης a/ χλωροφύλλη b



Σχεδιάγραμμα 4.14. Αναλογία χλωροφύλλης a / χλωροφύλλη b στα φύλλα δέντρων καστανιάς της περιοχής Μελίβοιας, εκφρασμένη σε mg ανά m² επιφάνειας του φύλλου, που λιπαίνονταν εμπειρικά (Μάρτυρας), που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση (Αειφόρος Λίπ.) και στα φύλλα εγκαταλειμμένων δέντρων το έτος 2013 και οι αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις.

4.1.5 Συγκέντρωση ανόργανων στοιχείων στα φύλλα εγκαταλειμμένων δέντρων και των καστανεώνων μάρτυρα και με αειφόρο λίπανση.

Πίνακας 4.6. Συγκεντρώσεις ανόργανων στοιχείων σε ώριμα φύλλα καστανιάς των δέντρων του καστανεώνα μάρτυρα, του καστανεώνα με αειφόρο λίπανση και από εγκαταλειμμένα δέντρα και οι αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις. Τα στοιχεία εκφράζονται ως % ή $\mu\text{g g}^{-1}$ ανά 100 g ξηρού βάρους.

Μεταχείριση	Μάρτυρας	SD	Αειφόρος λίπανση	SD	Εγκαταλειμμένα	SD
N (%)	1,91	0,18	2,41	0,201	1,77	0,024
P ($\mu\text{g g}^{-1}$)	1264	153,13	849	76	2013	299
K (%)	4222,66	699	3519	0	7741	712,05
Ca ($\mu\text{g g}^{-1}$)	20262	1317	39982	5014	30850	70,711
Mg ($\mu\text{g g}^{-1}$)	972,8	342	2133	408	3816,5	354,2
Fe ($\mu\text{g g}^{-1}$)	35,48	13,28	61,52	4,09	53,24	0
Mn ($\mu\text{g g}^{-1}$)	344,25	42,6	413,1	99,4	370,5	8,6
Zn ($\mu\text{g g}^{-1}$)	5,32	1,05	12,53	1,87	12,7	0,281
B ($\mu\text{g g}^{-1}$)	30,61	0,2	31,62	0,33	31	0,7

Τα φύλλα καστανιάς, των δέντρων όπου εφαρμόστηκε αειφόρος λίπανση και του μάρτυρα είχαν σημαντικά υψηλότερο ποσοστό συγκέντρωσης N από τα φύλλα των εγκαταλειμμένων δέντρων. (Πίν. 4.6).

Τα φύλλα των δέντρων με αειφόρο λίπανση και του μάρτυρα είχαν σημαντικά χαμηλότερη συγκέντρωση P και K από τα φύλλα των εγκαταλειμμένων δέντρων (Πίν. 4.6).

Η συγκέντρωση Ca στα φύλλα των εγκαταλειμμένων δέντρων ήταν χαμηλότερη από τη συγκέντρωση στα φύλλα των δέντρων με αειφόρο λίπανση και σημαντικά υψηλότερη από τη συγκέντρωση των φύλλων του μάρτυρα. (Πίν. 4.6).

Τα φύλλα καστανιάς των δέντρων όπου εφαρμόστηκε αειφόρος λίπανση και του καστανεώνα μάρτυρα είχαν σημαντικά χαμηλότερη συγκέντρωση Mg από τα φύλλα των εγκαταλειμμένων δέντρων (Πίν. 4.6).

Η συγκέντρωση Fe στα φύλλα των εγκαταλειμμένων δέντρων ήταν μικρότερη από συγκέντρωση των φύλλων με αειφόρο λίπανση και σημαντικά υψηλότερη από τη συγκέντρωση Fe στα φύλλα του μάρτυρα όπως φαίνεται στον πίνακα 4.6. Παρόμοια αποτελέσματα είχε και η συγκέντρωση Mn στα φύλλα.

Η συγκέντρωση Zn στα φύλλα των εγκαταλειμμένων δέντρων ήταν παρόμοια με την αντίστοιχη συγκέντρωση στα φύλλα των δέντρων με αειφόρο λίπανση και σημαντικά υψηλότερη από τα φύλλα του μάρτυρα (Πίν. 4.6). Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρούνται και στη συγκέντρωση B.

4.2 Επίδραση των διαφορετικών λιπάνσεων στην παραγωγικότητα των δέντρων καστανιάς

Το 2013 συγκομίστηκε όλη η παραγωγή των δύο καστανεώνων, με την συνολική παραγωγή του καστανεώνα μάρτυρα να ανέρχεται στα 2206 kg και παραγωγή του καστανεώνα που δέχτηκε αειφόρο λίπανση στα 1183 kg. Η μικρότερη παραγωγή των δέντρων του καστανεώνα όπου εφαρμόστηκε αειφόρος λίπανση οφείλεται στα πιο νεαρά ηλικιακά δέντρα. Βέβαια, το μικρότερο μέγεθος των δέντρων συμψηφίζεται με το μεγαλύτερο αριθμό δέντρων το στρέμμα στον καστανεώνα με αειφόρο λίπανσή, με αποτέλεσμα τα 45 συνολικά δέντρα να δίνουν παραγωγή πάνω από 1 τόνο. Για την εκτίμηση της επίδρασης της αειφόρου λίπανσης στην παραγωγικότητα των δέντρων, ήταν απαραίτητο η αφαίρεση του παράγοντα ηλικία - μέγεθος δέντρων, γι' αυτό το λόγο η παραγωγή καρπών εκφράστηκε ως την επιστημονικότερα ορθή παραγωγικότητα, ανά επιφάνεια διατομής κορμού και ανά m² επιφάνεια εδάφους που καλύπτεται από τη σκιά της κόμης.

Η παραγωγικότητα των δέντρων από τους δύο καστανεώνες το 2013 συγκρίθηκε με την παραγωγικότητα το 2011 και το 2012. Η συνολική παραγωγή των δέντρων καστανιάς που εφαρμόστηκε αειφόρος λίπανση ήταν πολύ μικρότερη και τα δύο έτη, 2011 και 2012, από τη συνολική παραγωγή καρπών των δέντρων του μάρτυρα. Το 2011 συγκομίστηκε με τις τρεις συγκομιδές το 40% των καρπών και το 2012 με τις έξι συγκομιδές το 80% των καρπών και, βάσει της πυκνότητας φύτευσης στο μάρτυρα με 10 δέντρα το στρέμμα και στον καστανεώνα με εφαρμογή αειφόρου λίπανσης 15 δέντρα το στρέμμα, η συνολική παραγωγή ήταν το 2011 περίπου 1367 κιλά στο μάρτυρα και 649 κιλά στον καστανεώνα με αειφόρο λίπανση και το 2012 περίπου 871 κιλά στο μάρτυρα και 643 κιλά στον καστανεώνα με αειφόρο λίπανση (Πίν. 4.7).

Πίνακας 4.7. Παραγωγή καρπών εκφρασμένη σε kg, των δέντρων καστανιάς του μάρτυρα και των δέντρων που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση των τριών συγκομιδών του 2011, των έξι του 2012 και της συνολικής παραγωγής του 2013.

	Έτος 2011	Έτος 2012	Έτος 2013
Μάρτυρας	1367	871	2206
Αειφόρος λίπανση	649	643	1183
Σημαντικότητα	***	**	***

, *. Σημαντική διαφορά με 1% ή 1% πιθανότητα λάθους αντίστοιχα.



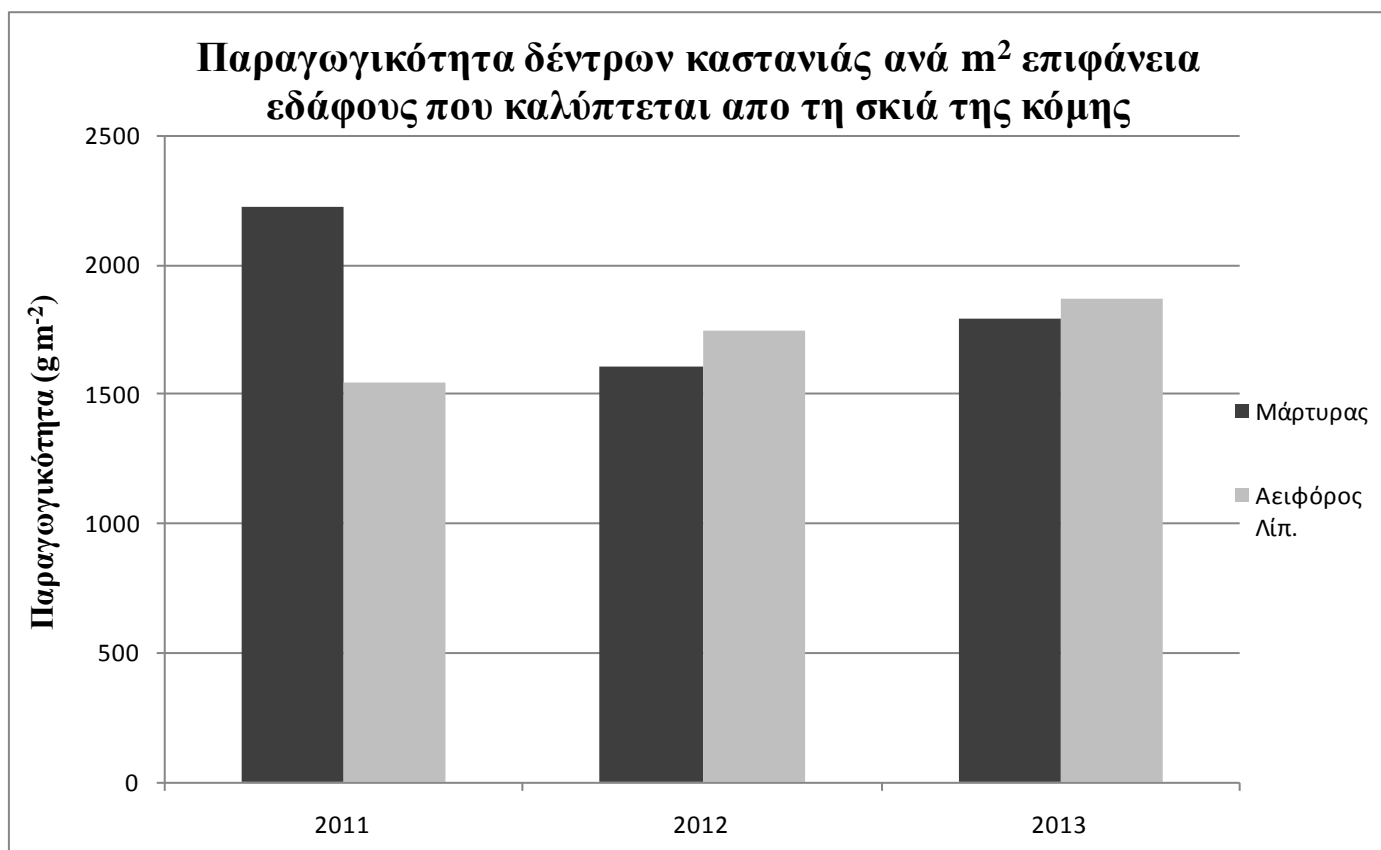
Σχεδιάγραμμα 4.15. Παραγωγή καρπών από τα δέντρα καστανιάς της περιοχής Μελίβοιας, του καστανεώνα μάρτυρα (Μάρτυρας) και του καστανεώνα με αειφόρο λίπανση (Αειφόρο Λίπ.) κατά τις τρεις συγκομιδές του 2011, τις έξι του 2012 και της συνολικής παραγωγής το 2013

Πίνακας 4.8. Παραγωγικότητα εκφρασμένη σε g ανά τετραγωνικό εκατοστό επιφάνειας διατομής κορμού (TCSA) και σε g ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας εδάφους που καλύπτεται από τη σκιά της κόμης (canopy size) των δέντρων καστανιάς του μάρτυρα και των δέντρων που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση τα έτη 2011, 2012 και 2013.

Μεταχείριση	Χρόνος	Παραγωγικότητα ανά επιφάνεια διατομής κορμού (g/cm ² TCSA)	Παραγωγικότητα ανά επιφάνεια εδάφους σκίασης κόμης (g/m ² canopy)
Μάρτυρας	2011	58,7	2228
	2012	44,0	1608
	2013	50,5	1791
Αειφόρος λίπανση	2011	54,8	1547
	2012	63,7	1746
	2013	68,9	1868
Σημαντικότητα			
Μεταχείριση		**	NS
Χρόνος		NS	NS
ΕΣΛ_{0,05}		12,4	366

NS, **. Μη σημαντική διαφορά ή σημαντική διαφορά με 1% πιθανότητα λάθους αντίστοιχα.

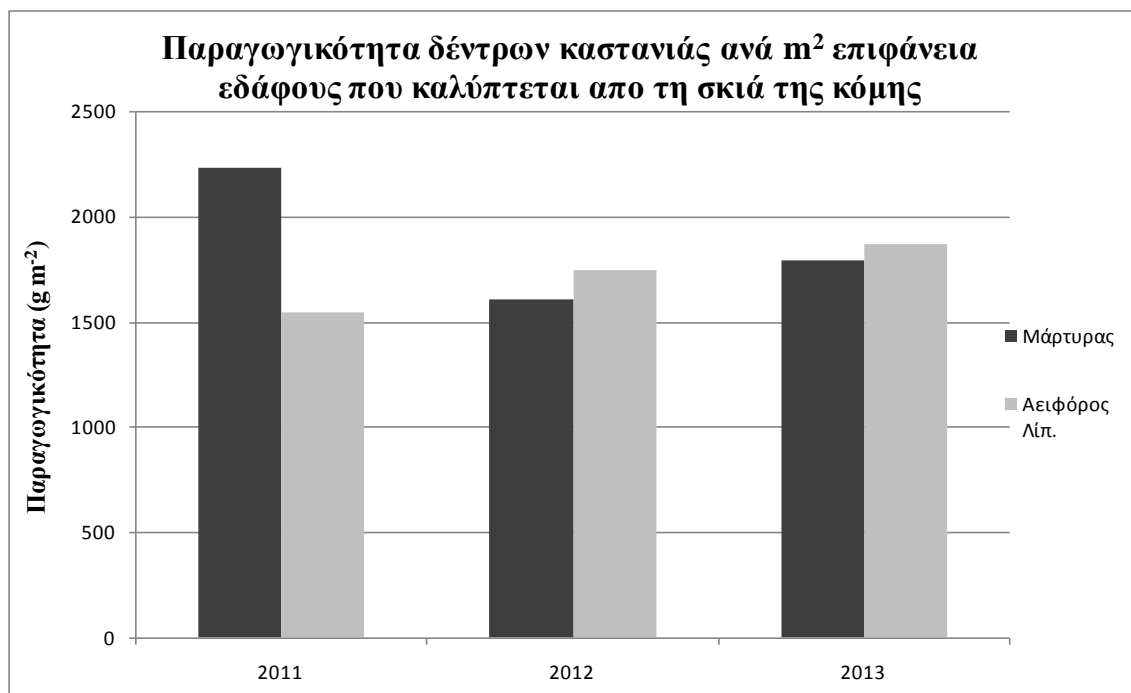
Η παραγωγικότητα, όταν εκφράστηκε σε g ανά cm² επιφάνειας διατομής κορμού, των δέντρων της καστανιάς που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση ήταν ελάχιστα χαμηλότερη το 2011, μερικά υψηλότερη το 2012 και σημαντικά υψηλότερη το 2013 από την παραγωγικότητα των δέντρων του μάρτυρα (Πίν. 4.8, Σχεδ. 4.16). Η παραγωγικότητα των δέντρων του μάρτυρα ήταν παρόμοια μεταξύ των ετών και μερικά μόνο χαμηλότερη το 2012 από το 2011. Η παραγωγικότητα των δέντρων με αειφόρο λίπανση ήταν επίσης παρόμοια μεταξύ των ετών και ελάχιστα μειωμένη το 2011 από το 2013.



Σχεδιάγραμμα 4.16. Παραγωγικότητα εκφρασμένη σε g ανά cm^2 επιφάνειας διατομής κορμού δέντρων καστανιάς της περιοχής Μελίβοιας που λιπαίνονταν εμπειρικά (Μάρτυρα) ή που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση (Αειφόρος Λίπ.) κατά τα έτη 2011, 2012 και 2013.

Όταν η παραγωγικότητα εκφράστηκε σε g ανά m^2 επιφάνειας εδάφους που σκιάζεται από την κόμη των δέντρων, η παραγωγικότητα των δέντρων που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση ήταν παρόμοια το έτη 2012 και 2013, και σημαντικά χαμηλότερη το 2011 από την παραγωγικότητα των δέντρων του μάρτυρα. (Πίν. 4.8, Σχεδ. 4.17).

Η παραγωγικότητα των δέντρων ήταν παρόμοια μεταξύ των ετών και στις δύο μεταχειρίσεις. Όμως, η παραγωγικότητα των δέντρων του μάρτυρα ήταν σημαντικά υψηλότερη το 2011, ενώ η παραγωγικότητα των δέντρων με αειφόρο λίπανση ήταν σημαντικά υψηλότερη το 2013 από την παραγωγικότητα του 2011 και 2012.



Σχεδιάγραμμα 4.17. Παραγωγικότητα εκφρασμένη σε g ανά m² σκιαζόμενης επιφάνειας εδάφους από την κόμη των δέντρων καστανιάς της περιοχής Μελίβοιας που λιπαίνονταν εμπειρικά (Μάρτυρας) ή δέχτηκαν αειφόρο λίπανση (Αειφόρος Λίπ.), τα έτη 2011, 2012 και 2013.

4.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών καστανιάς

4.3.1 Επίδραση των διαφορετικών λιπάνσεων στην ποιότητα των καρπών

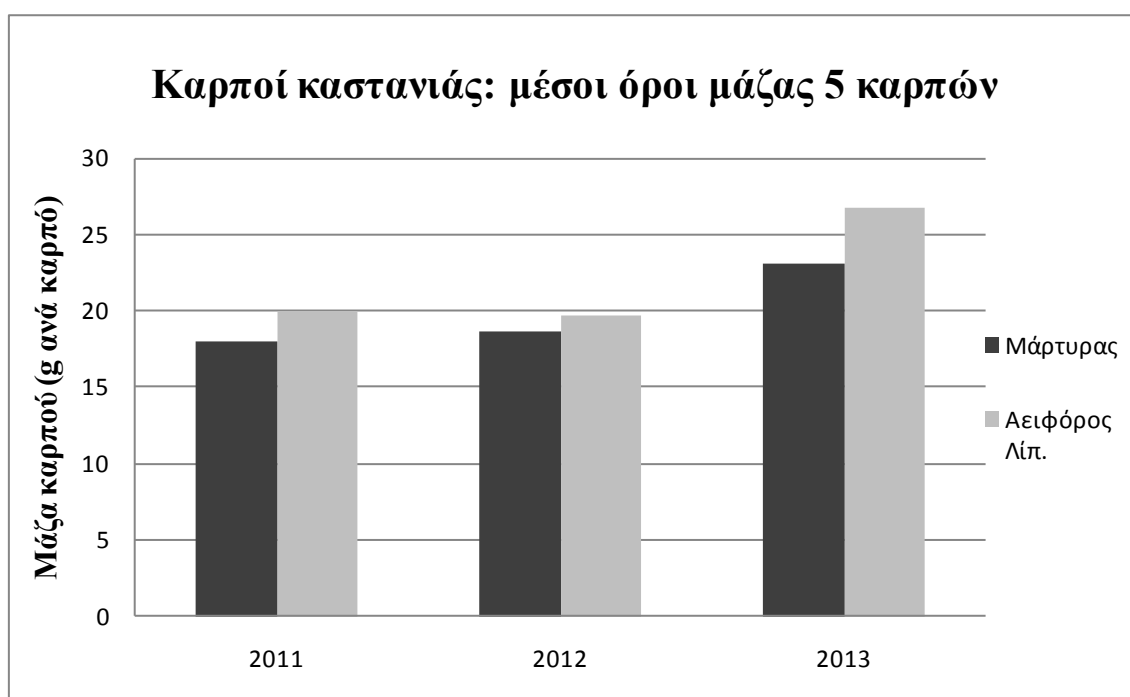
Πίνακας 4.9. Μέσοι όροι μάζας καρπού καστανιάς (σε g ανά καρπό) των δέντρων του μάρτυρα και των δέντρων με αειφόρο λίπανση το 2011, 2012 και 2013.

Μεταχείριση	Χρόνος	Μάζα καρπού από 5 καρπούς (g/καρπό)
Μάρτυρας	2011	18,0
	2012	18,6
	2013	23,1
Αειφόρος λίπανση	2011	19,9
	2012	19,8
	2013	26,8
Σημαντικότητα		
Μεταχείριση		***
Χρόνος		***
ΕΣΔ_{0,05}		2,05

***. Στατιστικά σημαντική διαφορά με 1% πιθανότητα λάθους.

Ο μέσος όρος μάζας 5 καρπών (το βάρος του καρπού) των δέντρων με αειφόρο λίπανση ήταν σημαντικά υψηλότερος από τη μάζα καρπού των δέντρων του μάρτυρα τα έτη 2011 και 2013 (Πιν. 4.9, Σχέδ. 4.18). Η μάζα καρπού το 2013 ήταν στατιστικά σημαντικά υψηλότερη από τη μάζα καρπού τα έτη 2011 και 2012 και στις δύο μεταχειρίσεις.

Οι διαφορές του 2011 εξηγούνται και από τη διαφορά στην παραγωγή καρπών, καθώς ο μάρτυρας είχε κάπως υψηλότερη παραγωγικότητα το 2011. Όταν υπάρχουν πολλοί καρποί, είναι αναμενόμενο να παραμείνουν και μικρότεροι.



Σχεδιάγραμμα 4.18. Μέσοι όροι μάζας 5 καρπών καστανιάς της περιοχής Μελίβοιας από δέντρα που εφαρμόστηκε εμπειρική λίπανση (Μάρτυρας) ή αειφόρος λίπανση (Αειφόρος Λίπ.) κατά τα έτη 2011, 2012 και 2013.

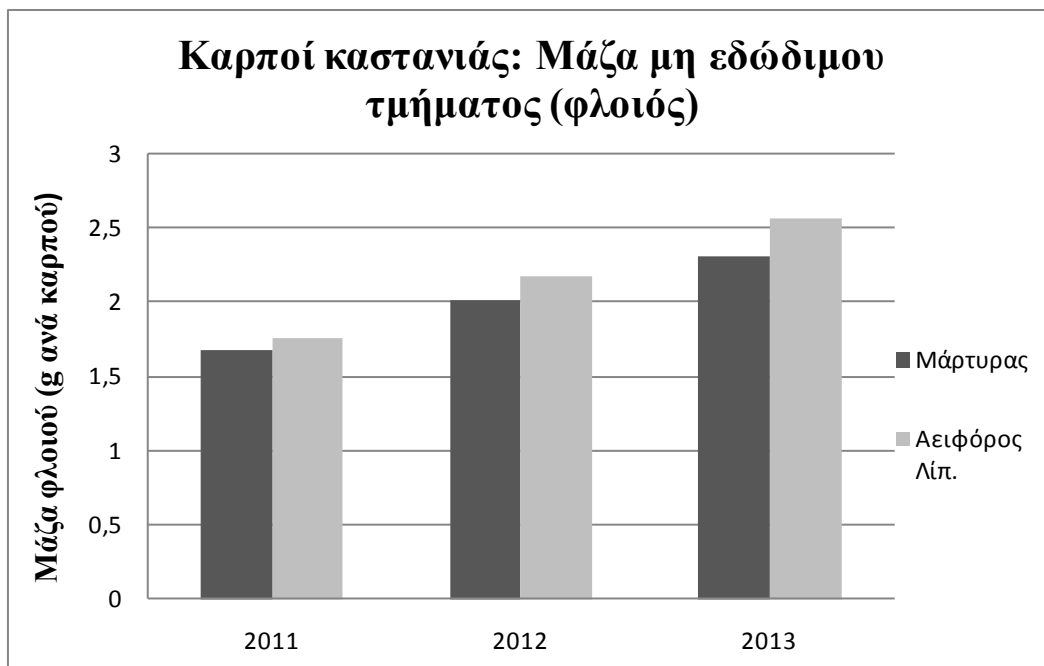
Πίνακας 4.10. Μέσοι όροι μάζας μη εδώδιμου τμήματος (περίβλημα) και εδώδιμου τμήματος καρπού καστανιάς, εκφρασμένες σε g ανά καρπό, των δέντρων του μάρτυρα και των δέντρων με αειφόρο λίπανση τα έτη 2011, 2012 και 2013.

Μεταχείριση	Χρόνος	Μάζα μη εδώδιμου μέρους καρπού (g/καρπό)	Μάζα εδώδιμου μέρους καρπού (g/καρπό)
Μάρτυρας	2011	1,67	16,3
	2012	2,02	16,6
	2013	2,31	20,4
Αειφόρος λίπανση	2011	1,76	18,1
	2012	2,18	17,6
	2013	2,57	24,1
Σημαντικότητα			
Μεταχείριση		*	***
Χρόνος		***	***
ΕΣΔ_{0,05}		0,22	1,51

*, ***. Στατιστικά σημαντική διαφορά με 1% ή 1% πιθανότητα λάθους, αντίστοιχα.

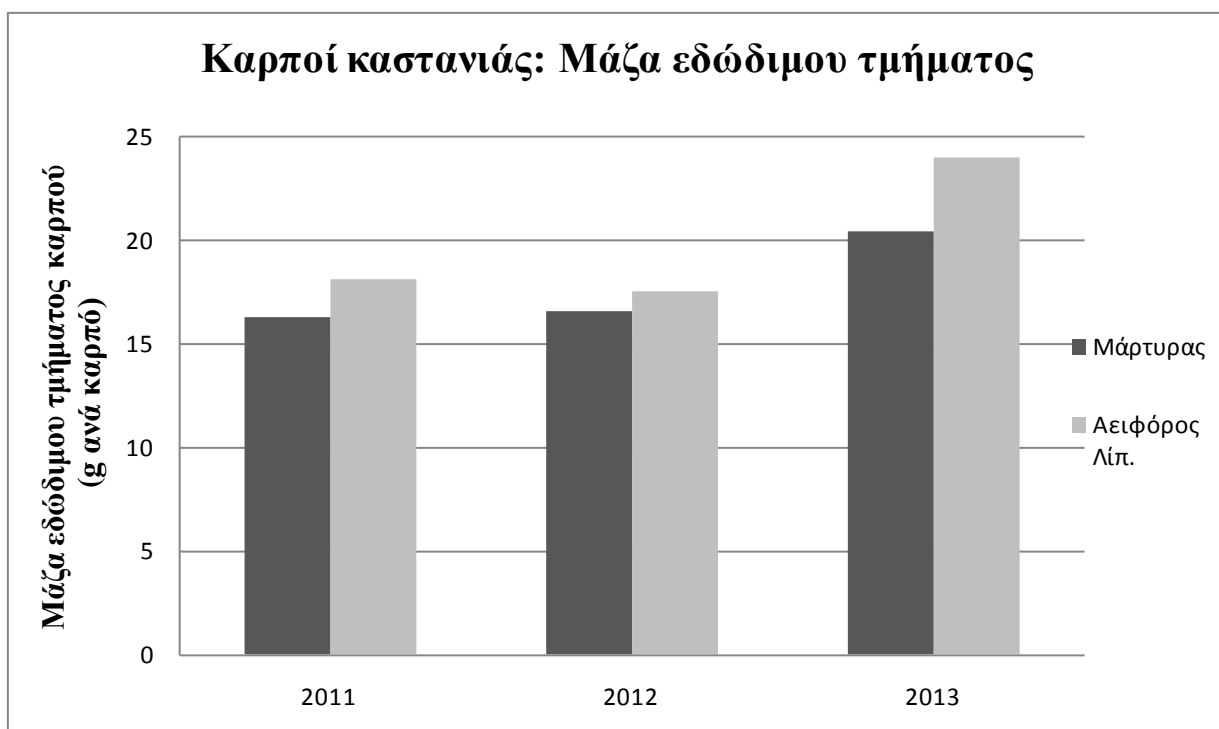
Για την καλύτερη κατανόηση της ανάπτυξης του καρπού της καστανιάς και την πιθανή επίδραση της καθυστερημένης εφαρμογής της τελευταίας δόσης του αζωτούχου λιπάσματος, διαχωρίσαμε τους καρπούς σε φλούδα (μη εδώδιμο μέρος του καρπού) και σε εδώδιμο τμήμα.

Η μάζα του μη εδώδιμου τμήματος (φλοιός) του καρπού από τα δέντρα καστανιάς που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση ήταν παρόμοια με την αντίστοιχη μάζα του μη εδώδιμου τμήματος του καρπού από τα δέντρα του μάρτυρα και τα τρία έτη του πειράματος (Πίν. 4.10, Σχεδ. 4.19). Μεταξύ των ετών η μάζα του μη εδώδιμου τμήματος αυξήθηκε στατιστικά σημαντικά από έτος σε έτος και στις δύο μεταχειρίσεις. Φαίνεται τέλος ότι το μη εδώδιμο τμήμα του καρπού του κάστανου είναι περίπου το 1/10 του συνολικού βάρους του καρπού στο νωπό καρπό.



Σχεδιάγραμμα 4.19. Μέσοι όροι μάζας μη εδώδιμου τμήματος καρπών καστανιάς της περιοχής Μελίβοιας από δέντρα που εφαρμόστηκε εμπειρική λίπανση (Μάρτυρας) ή αειφόρος λίπανση (Αειφόρος Λίπ.) κατά τα έτη 2011, 2012 και 2013.

Η μάζα του εδώδιμου (νωπού) τμήματος του καρπού από τα δέντρα που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση ήταν σημαντικά υψηλότερη το έτος 2013 και μερικά μόνο υψηλότερη το 2011 και το 2012 από το εδώδιμο μέρος του καρπού των δέντρων του μάρτυρα (Πίν. 4.10, Σχεδ.4.20). Το 2011 και 2012 η μάζα του εδώδιμου τμήματος του καρπού ήταν παρόμοια μεταξύ των ετών και σημαντικά υψηλότερη το 2013 και στις δύο μεταχειρίσεις.



Σχεδιάγραμμα 4.20. Μέσοι όροι μάζας εδώδιμου τμήματος ανά καρπό καστανιάς της περιοχής Μελίβοιας από δέντρα που λιπαίνονταν εμπειρικά (Μάρτυρας) ή σε δέντρα που εφαρμόστηκε αειφόρος λίπανση (Αειφόρος Λίπ.) κατά τα έτη 2011, 2012 και 2013.

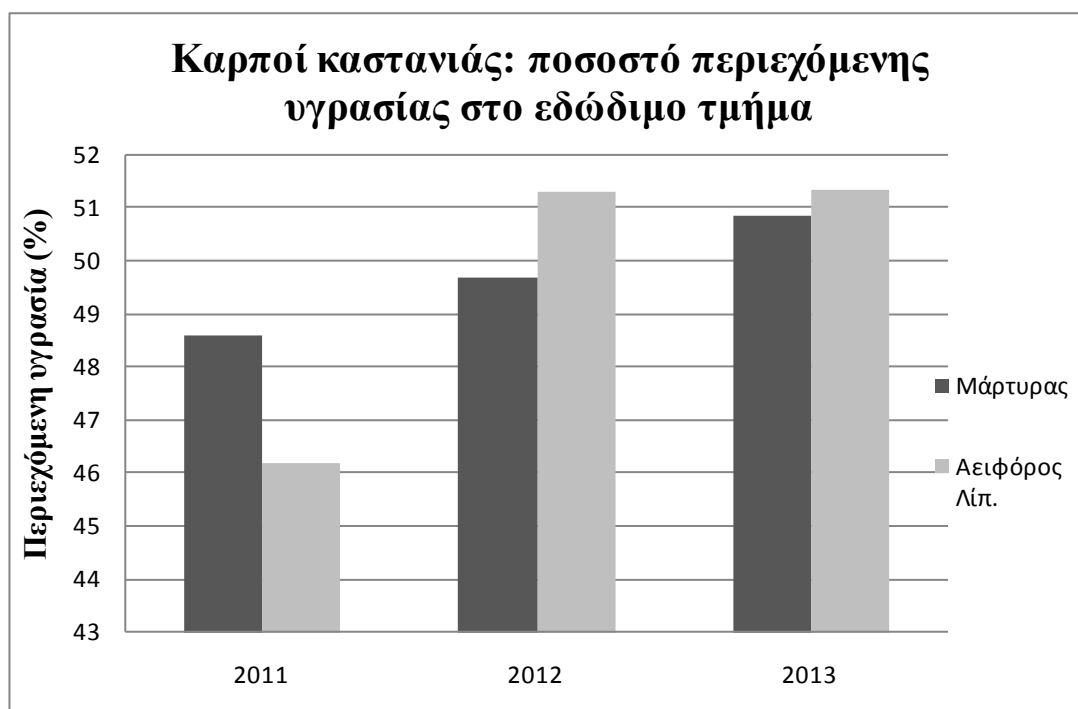
Πίνακας 4.11. Ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας (%) στο εδώδιμο τμήμα του καρπού καστανιάς από τα δέντρα του μάρτυρα και από τα δέντρα που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση τα έτη 2011, 2012 και 2013.

Μεταχείριση	Χρόνος	Περιεχόμενη υγρασία %
Μάρτυρας	2011	48,6
	2012	49,7
	2013	50,8
Αειφόρος λίπανση	2011	46,2
	2012	51,3
	2013	51,3
Σημαντικότητα		
Μεταχείριση		NS
Χρόνος		***
LSD_{0,05}		1,34

NS, ***. Μη σημαντική διαφορά ή σημαντική διαφορά με 1% πιθανότητα λάθους.

Με σκοπό να κατανοήσουμε μια πιθανή διαφορά στην ωρίμανση των καρπών, μετρήθηκε το ποσοστό της περιεχόμενης υγρασίας στο εδώδιμο τμήμα του καρπού. Οι καρποί από τα δέντρα καστανιάς που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση είχαν παρόμοιο ποσοστό υγρασίας με τους καρπούς του μάρτυρα το 2012 και το 2013. Όμως το 2011, το ποσοστό της περιεχόμενης υγρασίας των καρπών του μάρτυρα ήταν σημαντικά υψηλότερο από το ποσοστό υγρασίας στο εδώδιμο τμήμα του καρπού των δέντρων που εφαρμόστηκε αειφόρος λίπανση (Πίν. 4.11, Σχεδ. 4.21). Το 2012 και το 2013 το ποσοστό της περιεχόμενης υγρασίας στο εδώδιμο τμήμα των καρπών ήταν παρόμοιο μεταξύ των δύο ετών και σημαντικά υψηλότερο από το αντίστοιχο ποσοστό του 2011 και στις δύο μεταχειρίσεις.

Φαίνεται ότι και το ποσοστό υγρασίας του σπέρματος σχετίζεται με την παραγωγικότητα, ώστε υψηλή παραγωγικότητα να καταλήγει και σε καρπούς με υψηλότερη υγρασία. Να τονιστεί εδώ ότι οι καρποί που συλλέχθηκαν ήταν ώριμοι που είχαν πέσει στο έδαφος το πολύ μια ή δύο ημέρες πριν.



Σχεδιάγραμμα 4.21. Ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας στο εδώδιμο τμήμα καρπών από δέντρα καστανιάς της περιοχής Μελίβοιας που λιπαίνονταν εμπειρικά (Μάρτυρας) ή με αειφόρο λίπανση (Αειφόρος Λίπ.) κατά τα έτη 2011, 2012 και 2013.

4.3.2 Επίδραση των διαφορετικών λιπάνσεων στη συγκέντρωση ανόργανων στοιχείων στους καρπούς καστανιάς

Πίνακας 4.12. Συγκεντρώσεις ανόργανων στοιχείων σε καρπούς καστανιάς των δέντρων του μάρτυρα και των δέντρων με αειφόρο λίπανση.

Μεταχείριση	N (%)	P (μg g ⁻¹)	K (%)	Ca (μg g ⁻¹)	Mg (μg g ⁻¹)	Fe (μg g ⁻¹)	Mn (μg g ⁻¹)	Zn (μg g ⁻¹)	B (μg g ⁻¹)
Μάρτυρας	0,86	368	0,475	6962	683	21,3	23,0	8,91	30,2
Αειφόρος λίπανση	1,01	219	0,457	5522	846	24,8	100,3	7,49	30,2
Σημαντικότητα									
Μεταχείριση	**	*	NS	NS	NS	*	**	NS	NS

NS, *, **. Μη σημαντική διαφορά ή σημαντική διαφορά με 1% ή 1% πιθανότητα λάθους.

Το ποσοστό N (αζώτου) στους καρπούς καστανιάς των δέντρων όπου εφαρμόστηκε αειφόρος λίπανση ήταν υψηλότερο από το αντίστοιχο ποσοστό N στους καρπούς των δέντρων του μάρτυρα, ενώ η συγκέντρωση P στους καρπούς των δέντρων του μάρτυρα ήταν μερικά μόνο υψηλότερο από τη συγκέντρωση P στους καρπούς των δέντρων με αειφόρο λίπανση (Πίν. 4.12).

Οι καρποί των δέντρων με αειφόρο λίπανση είχαν χαμηλότερη συγκέντρωση P από τους καρπούς των δέντρων του μάρτυρα (Πίν. 4.10). Οι καρποί των δέντρων με αειφόρο λίπανση είχαν παρόμοια συγκέντρωση K, Mg και Ca με τους καρπούς των δέντρων του μάρτυρα (Πίν. 4.12).

Η συγκέντρωση Fe στους καρπούς των δέντρων που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση ήταν μερικά μόνο υψηλότερη από τη συγκέντρωση στους καρπούς του μάρτυρα (Πίν. 4.12). Επίσης, οι καρποί των δέντρων με την αειφόρο λίπανση είχαν αρκετά υψηλότερη συγκέντρωση Mn από τους καρπούς των δέντρων του μάρτυρα (Πίν. 4.12).

Οι συγκεντρώσεις Zn και B στους καρπούς των δύο μεταχειρίσεων ήταν παρόμοιες (Πίν. 4.12).

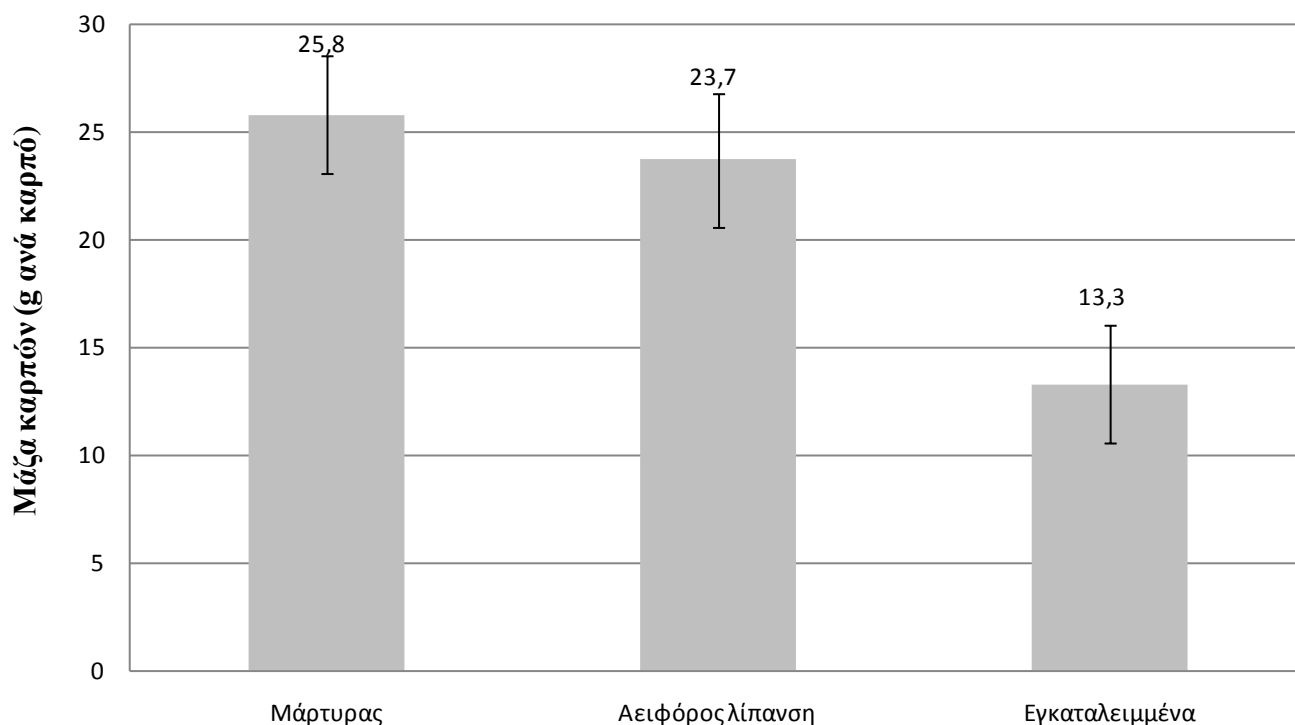
4.3.3. Ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών από εγκαταλειμμένα δέντρα καστανιάς της περιοχής Μελίβοιας Λάρισας

Πίνακας 4.13. Μέσοι όροι μάζας καρπού καστανιάς, εκφρασμένες σε g ανά καρπό, δέντρων του μάρτυρα, δέντρων με αειφόρο λίπανση και εγκαταλειμμένων δέντρων.

	Μάζα καρπού από 5 καρπούς (g/καρπό)	SD
Μάρτυρας	26,61	2,3
Αειφόρος λίπανση	27,88	3,62
Εγκαταλειμμένα	13,8	3,10

Οι μέσοι όροι μάζας 5 καρπών (το βάρος του καρπού) από τα εγκαταλειμμένα δέντρα ήταν σημαντικά μικρότεροι από τους μέσους όρους μάζας 5 καρπών των δέντρων του μάρτυρα και των δέντρων του καστανεώνα με αειφόρο λίπανση (Πίν. 4.13, Σχεδ. 4.22).

Καρποί καστανιάς: Μέσοι όροι μάζας 30 καρπών

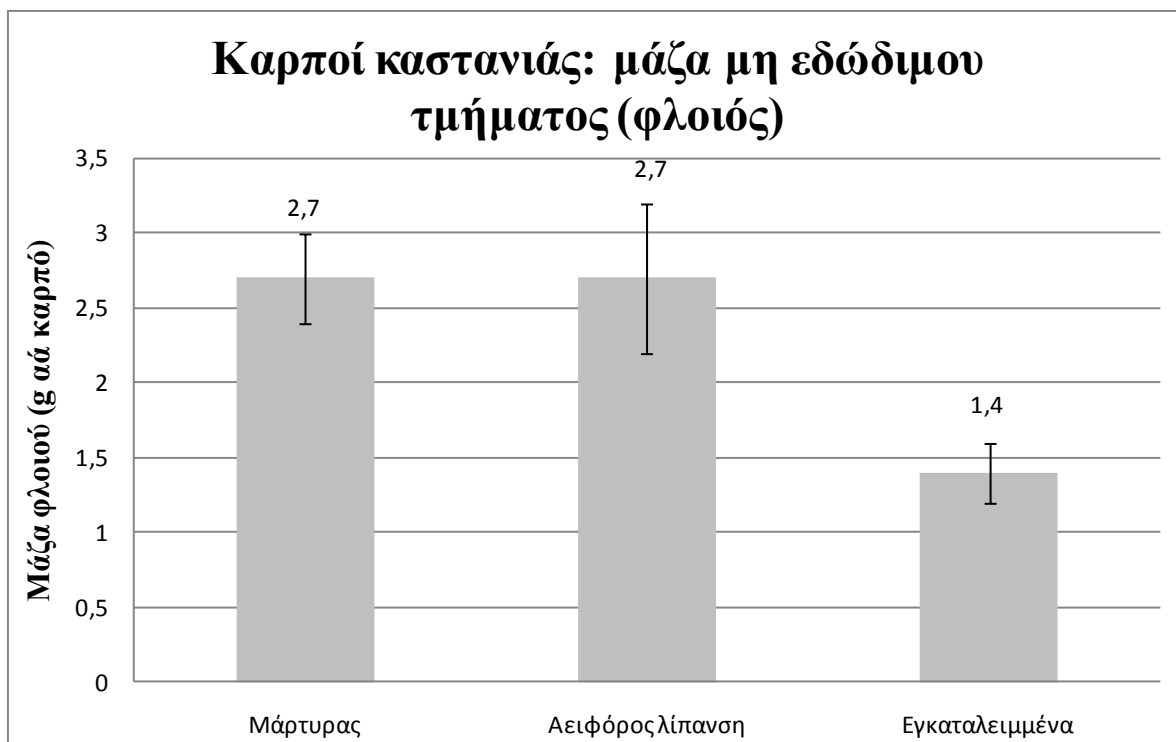


Σχεδιάγραμμα 4.22. Μέσοι όροι μάζας 30 καρπών καστανιάς της περιοχής Μελίβοιας από δέντρα που εφαρμόστηκε εμπειρική λίπανση (Μάρτυρας) ή αειφόρος λίπανση (Αειφόρος Λίπ.) και από εγκαταλειμμένα δέντρα που συγκομίστηκαν το 2013 και οι αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις.

Πίνακας 4.14. Μέσοι όροι μάζας μη εδώδιμου τμήματος (περίβλημα) και εδώδιμου τμήματος καρπού καστανιάς, εκφρασμένες σε g ανά καρπό, των δέντρων του μάρτυρα, των δέντρων με αειφόρο λίπανση και από εγκαταλειμμένα δέντρα, από συγκομιδή καρπών το 2013.

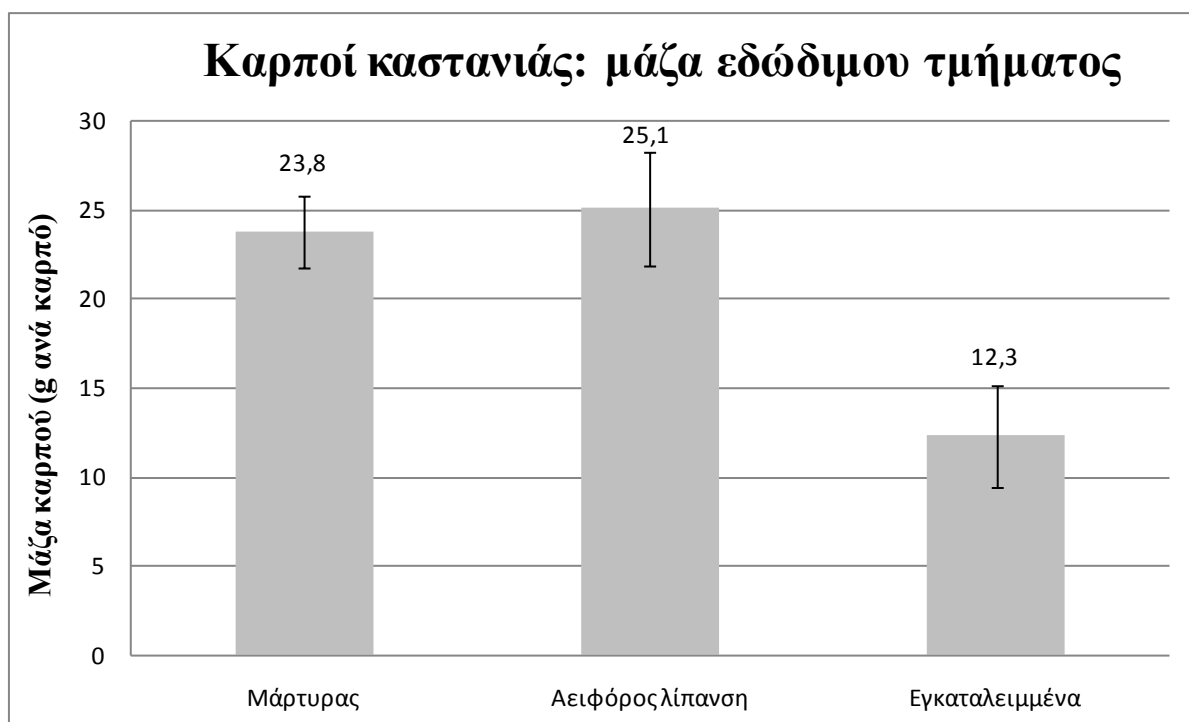
	Μάζα μη εδώδιμου τμήματος καρπού (g ανά καρπό)	SD	Μάζα εδώδιμου τμήματος καρπού (g/καρπό)	SD
Μάρτυρας	2,7	0,3	23,8	2,0
Αειφόρος λίπανση	2,7	0,5	25,1	3,2
Εγκαταλειμμένα	1,4	0,2	12,3	2,9

Η μάζα του μη εδώδιμου τμήματος των καρπών (περίβλημα) από εγκαταλειμμένα δέντρα ήταν σημαντικά χαμηλότερη από την αντίστοιχη μάζα του μη εδώδιμου τμήματος καρπών από τα δέντρα του μάρτυρα και από τα δέντρα που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση (Πίν. 4.14, Σχεδ. 4.23).



Σχεδιάγραμμα 4.23. Μέσοι όροι μάζας μη εδώδιμου τμήματος καρπών καστανιάς της περιοχής Μελίβοιας από δέντρα που εφαρμόστηκε εμπειρική λίπανση (Μάρτυρας) ή αειφόρος λίπανση (Αειφόρος Λίπ.) και από εγκαταλειμμένα δέντρα που συγκομίστηκαν το 2013 και οι αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις.

Η μάζα του εδώδιμου τμήματος των καρπών από εγκαταλειμμένα δέντρα ήταν σημαντικά χαμηλότερη από την αντίστοιχη μάζα του μη εδώδιμου τμήματος καρπών από τα δέντρα του μάρτυρα και από τα δέντρα που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση (Πίν. 4.14, Σχεδ. 4.24).

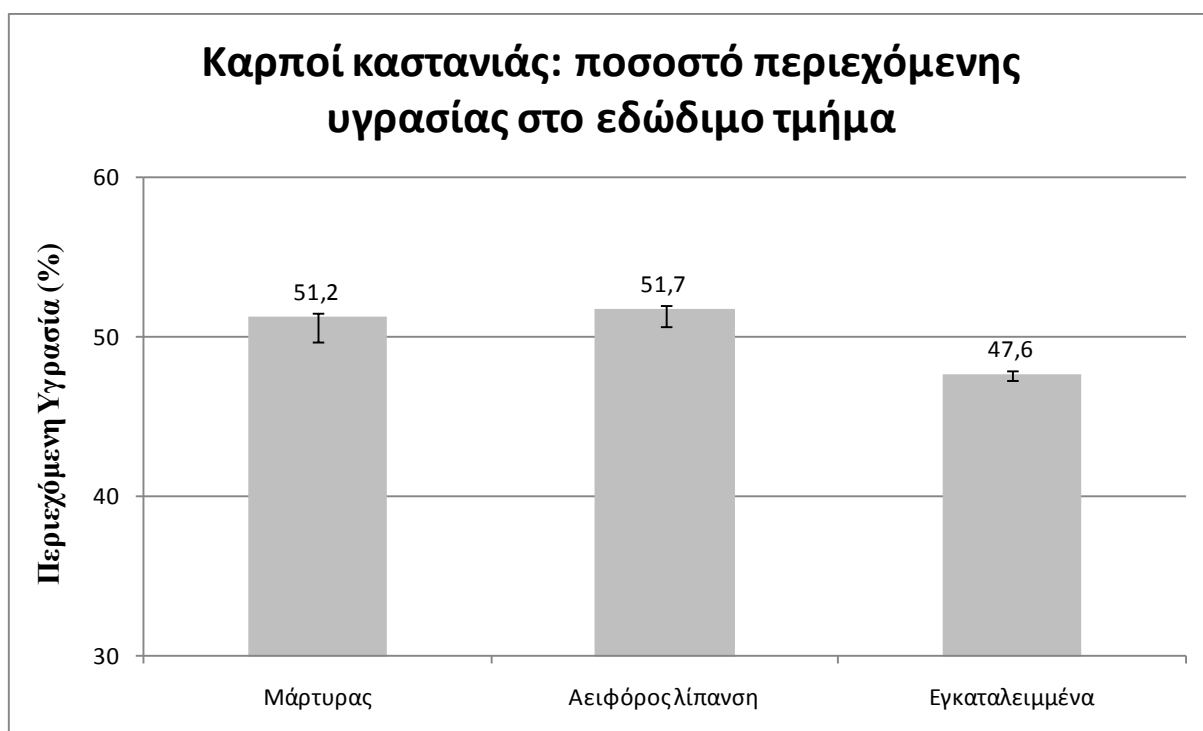


Σχεδιάγραμμα 4.24. Μέσοι όροι μάζας μη εδώδιμου τμήματος καρπών καστανιάς της περιοχής Μελίβοιας από δέντρα που εφαρμόστηκε εμπειρική λίπανση (Μάρτυρας) ή αειφόρος λίπανση (Αειφόρος Λίπ.) και από εγκαταλειμμένα δέντρα που συγκομίστηκαν το 2013 και οι αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις.

Πίνακας 4.15. Ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας (%) στο εδώδιμο τμήμα του καρπού καστανιάς από τα δέντρα του μάρτυρα, από τα δέντρα που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση και από εγκαταλειμμένα δέντρα.

	Ποσοστό Υγρασίας (%)	SD
Μάρτυρας	51,2	1,5
Αειφόρος λίπανση	51,7	1,0
Εγκαταλειμμένα	47,6	0,3

Η περιεχόμενη υγρασία στο εδώδιμο μέρος των καρπών των δέντρων του μάρτυρα και των δέντρων που λιπάνθηκαν με αειφόρο λίπανση ήταν σημαντικά υψηλότερη από την υγρασία στο εδώδιμο μέρος των καρπών των εγκαταλειμμένων δέντρων (Πίν. 4.15, Σχεδ. 4.25), προφανώς λόγω της άρδευσης των πρώτων.



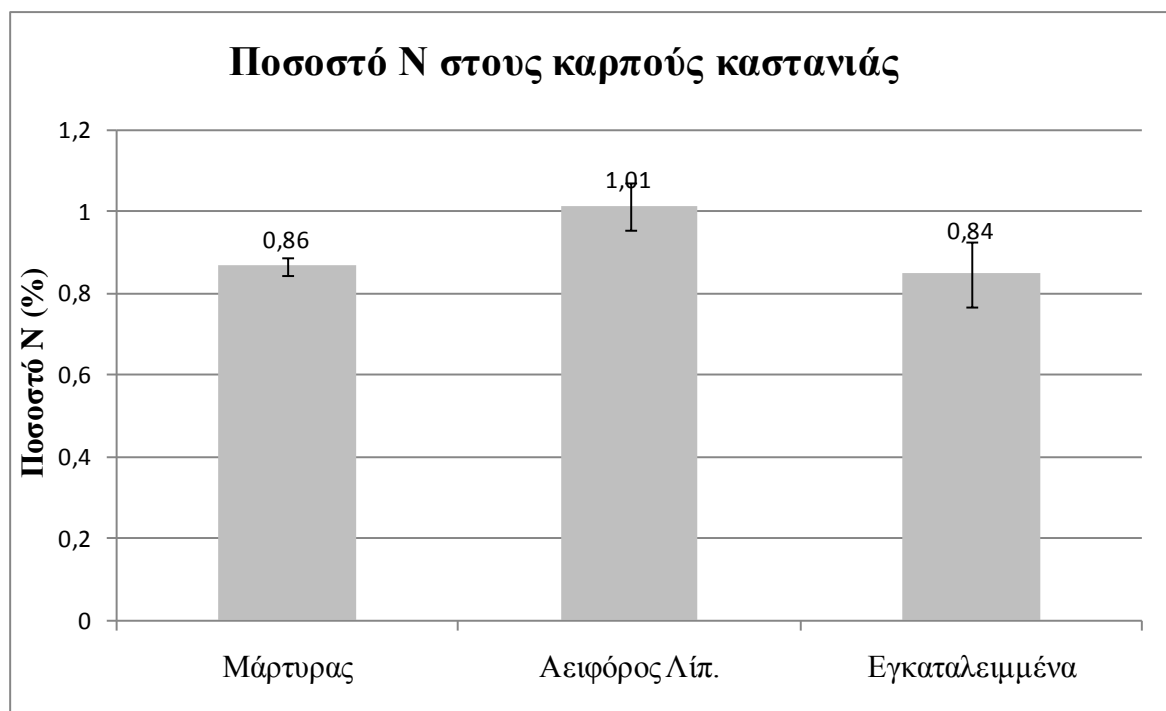
Σχεδιάγραμμα 4.25. Ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας στο εδώδιμο τμήμα καρπών καστανιάς της περιοχής Μελίβοιας από δέντρα που εφαρμόστηκε εμπειρική λίπανση (Μάρτυρας) ή αειφόρος λίπανση (Αειφόρος Λίπ.) και από εγκαταλειμμένα δέντρα, που συγκομίστηκαν το 2013 και οι αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις.

4.3.4 Συγκέντρωση ανόργανων στοιχείων στους καρπούς εγκαταλειμμένων δέντρων και των καστανιώνων μάρτυρα και με αειφόρο λίπανση

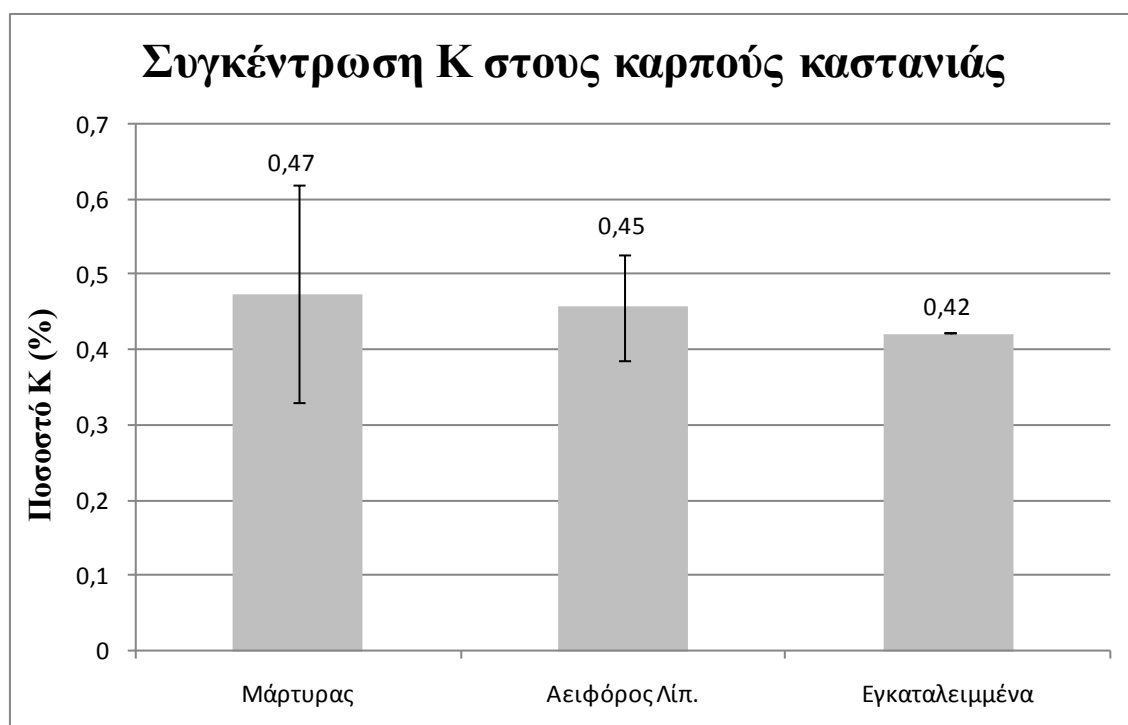
Πίνακας 4.16. Συγκεντρώσεις ανόργανων στοιχείων σε καρπούς καστανιάς των δέντρων του μάρτυρα, των δέντρων με αειφόρο λίπανση και από εγκαταλειμμένα που συγκομίστηκαν το 2013. Τα στοιχεία εκφράζονται ως % ή μg ανά 100 g ξηρού βάρους.

Μεταχείριση	Μάρτυρας	SD	Αειφόρος λίπανση	SD	Εγκαταλειμμένα	SD
N (%)	0,86	0,02	1,01	0,05	0,84	0,08
P ($\mu\text{g g}^{-1}$)	368	102,8	219	40,6	293,8	114,9
K (%)	0,47	0,14	0,45	0,07	0,42	0
Ca ($\mu\text{g g}^{-1}$)	6962	1265	5522	889	1114	242
Mg ($\mu\text{g g}^{-1}$)	683	198,4	846	185,3	247,5	83,3
Fe ($\mu\text{g g}^{-1}$)	21,29	0	24,8	2,9	21,29	5,09
Mn ($\mu\text{g g}^{-1}$)	23,0	2,8	100,25	30,1	18,9	0
Zn ($\mu\text{g g}^{-1}$)	8,91	2,5	7,49	1,9	6,7	2,3
B ($\mu\text{g g}^{-1}$)	30,2	0,32	30,1	0,28	30,14	0,04

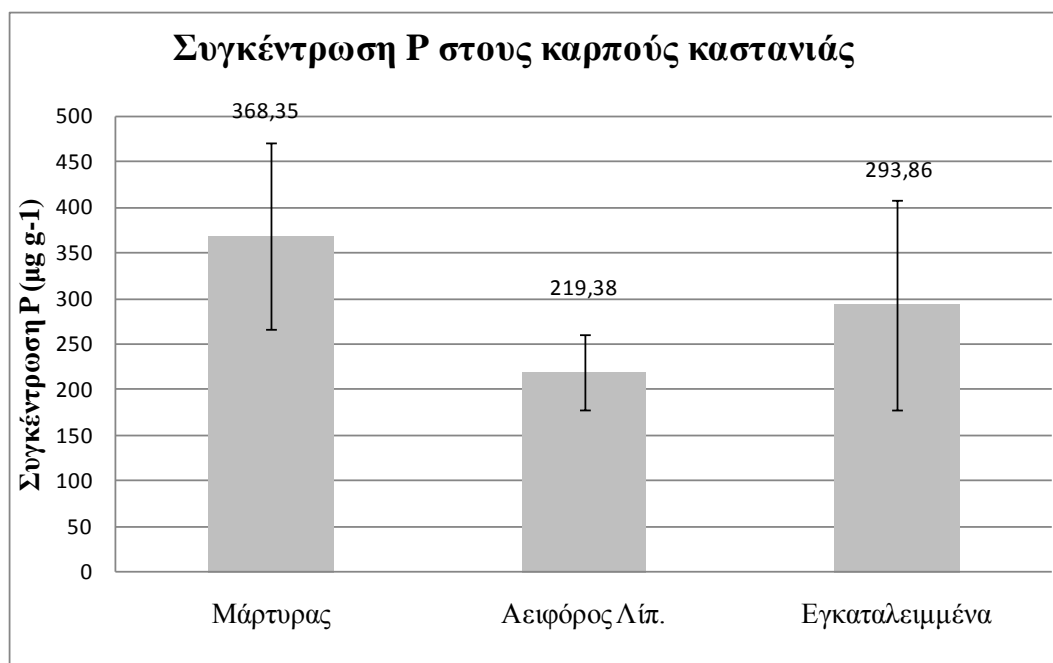
Η συγκέντρωση N στους καρπούς των δέντρων που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση ήταν σημαντικά υψηλότερη από τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις N στα φύλλα των δέντρων του μάρτυρα και των εγκαταλειμμένων δέντρων (Πίν. 4.16, Σχεδ. 4.26), ενώ το ποσοστό K (Πίν. 4.16, Σχεδ. 4.27) στους καρπούς των δέντρων που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση ήταν παρόμοιο με αυτό των καρπών του μάρτυρα και των εγκαταλειμμένων δέντρων (Πίν. 4.16). Αντίθετα, οι καρποί από τα δέντρα που δέχθηκαν αειφόρο λίπανση είχαν χαμηλότερη συγκέντρωση P (Πίν. 4.16, Σχεδ. 4.28) από το η καρπο ή το ν μάρτυρα με τη συγκέντρωση P στο η καρπο ή των εγκαταλειμμένων δέντρων να βρίσκεται ενδιάμεσα των δύο άλλων μεταχειρίσεων.



Σχεδιάγραμμα 4.26. Συγκέντρωση N, εκφρασμένη σε ppm, στους καρπούς καστανιάς από τα δέντρα του μάρτυρα, του καστανεώνα που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση και από εγκαταλειμμένα δέντρα στην περιοχή Μελίβοιας, που συγκομίστηκαν το 2013 και οι αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις.

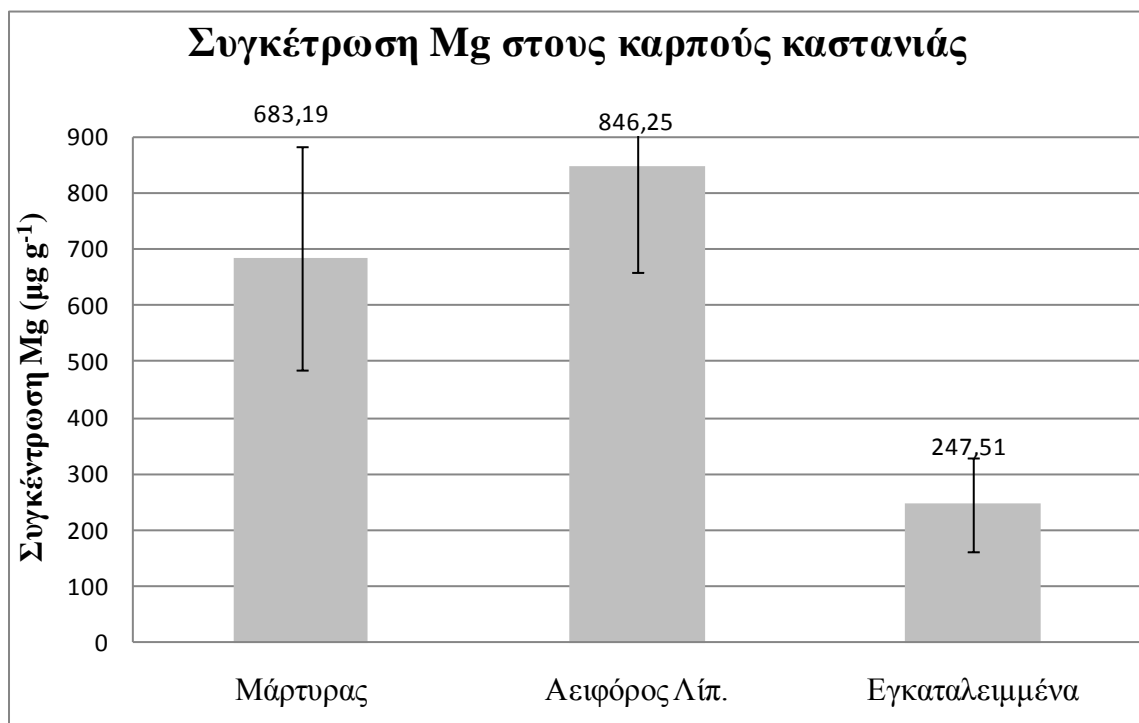


Σχεδιάγραμμα 4.27. Συγκέντρωση K εκφρασμένη ppm, σε καρπούς καστανιάς από τα δέντρα του μάρτυρα, του καστανεώνα που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση και από εγκαταλειμμένα δέντρα στην περιοχή Μελίβοιας, που συγκομίστηκαν το 2013 και οι αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις.



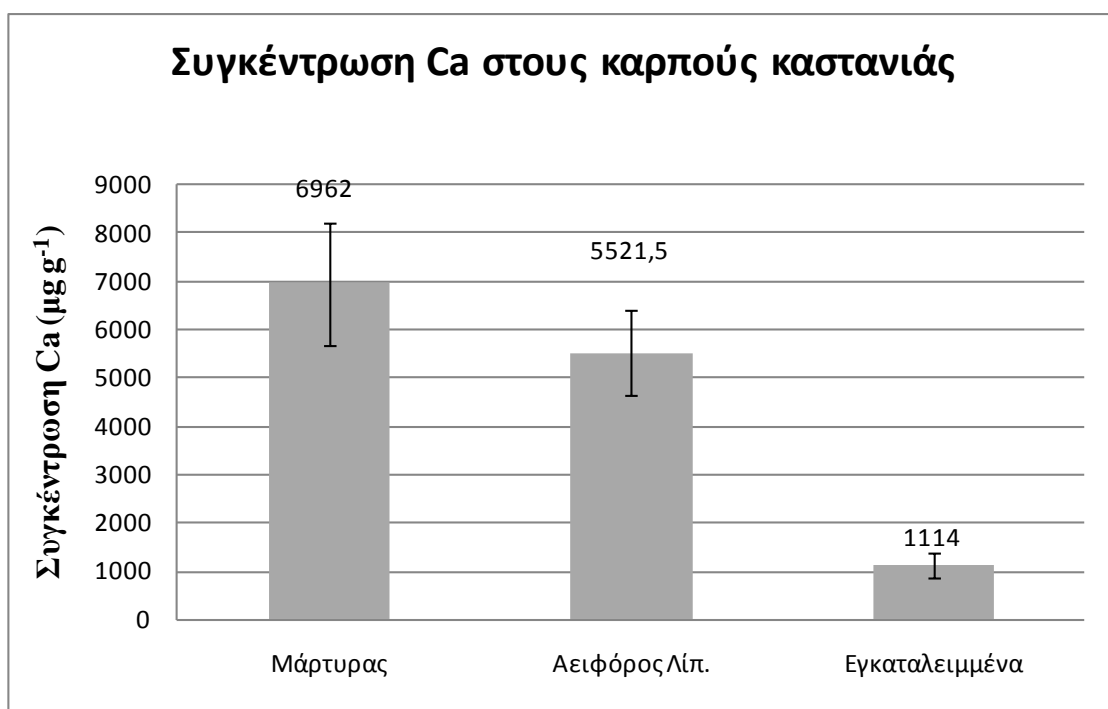
Σχεδιάγραμμα 4.28. Συγκέντρωση P, εκφρασμένη σε ppm, στους καρπούς καστανιάς από τα δέντρα του μάρτυρα, του καστανεώνα που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση και από εγκαταλειμμένα δέντρα στην περιοχή Μελίβοιας, που συγκομίστηκαν το 2013 και οι αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις.

Η συγκέντρωση Mg στους καρπούς των δέντρων που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση και των δέντρων του μάρτυρα ήταν παρόμοια μεταξύ τους και σημαντικά υψηλότερη από την αντίστοιχη συγκέντρωση Mg στους καρπούς των εγκαταλειμμένων δέντρων (Πίν. 4.16, Σχεδ. 4. 29).



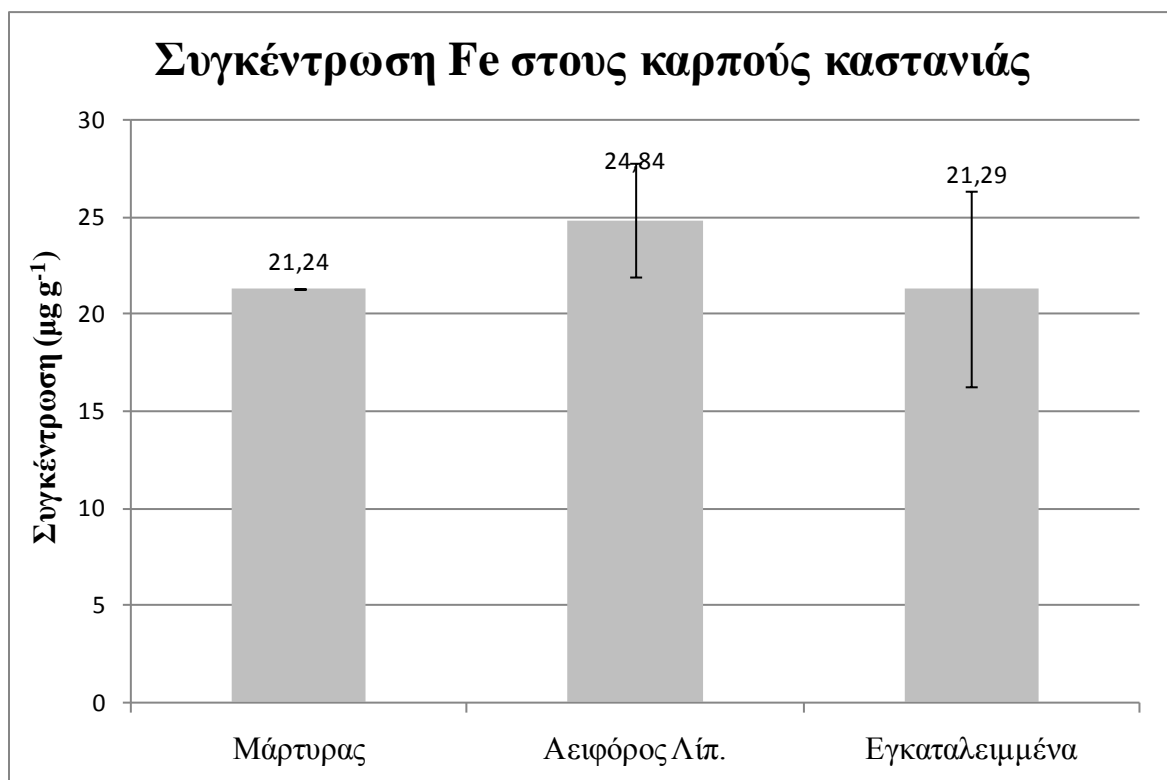
Σχεδιάγραμμα 4.29. Συγκέντρωση Mg, εκφρασμένη ppm, σε καρπούς καστανιάς από τα δέντρα του μάρτυρα, του καστανεώνα που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση και από εγκαταλειμμένα δέντρα στην περιοχή Μελίβοιας, που συγκομίστηκαν το 2013 και οι αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις.

Οι καρποί των δέντρων του μάρτυρα είχαν σημαντικά υψηλότερη συγκέντρωση Ca από την αντίστοιχη συγκέντρωση στους καρπούς των δέντρων με αειφόρο λίπανση, ενώ οι καρποί των εγκαταλειμμένων δέντρων είχαν πολύ χαμηλή συγκέντρωση Ca (Πίν. 4.16, Σχεδ. 4.30).



Σχεδιάγραμμα 4.30. Συγκέντρωση Ca, εκφρασμένη σε ppm, στους καρπούς καστανιάς από τα δέντρα του μάρτυρα, του καστανεώνα που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση και από εγκαταλειμμένα δέντρα στην περιοχή Μελίβοιας, που συγκομίστηκαν το 2013.

Η συγκέντρωση Fe στους καρπούς των δέντρων που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση ήταν μερικά μόνο υψηλότερη από τη συγκέντρωση στους καρπούς του μάρτυρα και παρόμοια με αυτή στους καρπούς των εγκαταλειμμένων δέντρων (Πίν. 4.16, Σχεδ. 4.31).



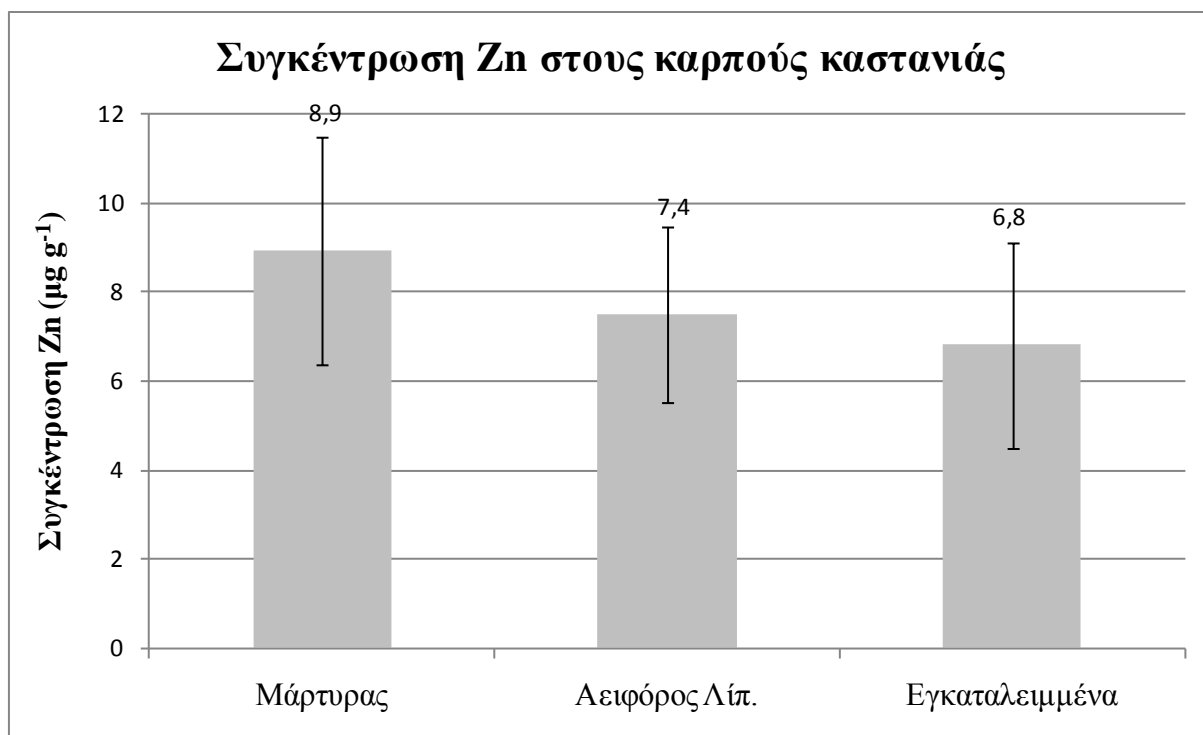
Σχεδιάγραμμα 4.31. Συγκέντρωση Fe, εκφρασμένη σε ppm, στους καρπούς καστανιάς από τα δέντρα του μάρτυρα, του καστανεώνα που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση και από εγκαταλειμμένα δέντρα στην περιοχή Μελίβοιας, που συγκομίστηκαν το 2013.

Επίσης, οι καρποί των δέντρων με την αειφόρο λίπανση είχαν αρκετά υψηλότερη συγκέντρωση Mn από τους καρπούς των δέντρων του μάρτυρα και των εγκαταλειμμένων δέντρων (Πίν. 4.16, Σχεδ. 4.32).

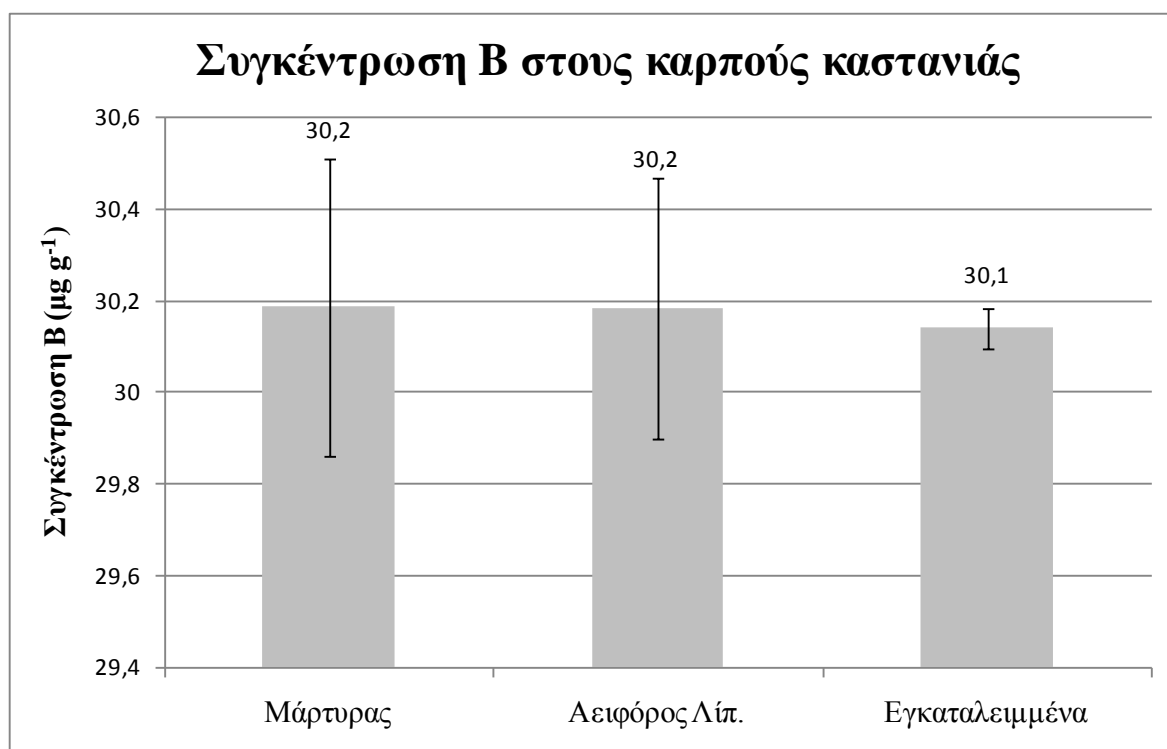


Σχεδιάγραμμα 4.32. Συγκέντρωση Mn, εκφρασμένη σε ppm, στους καρπούς καστανιάς από τα δέντρα του μάρτυρα, του καστανεώνα που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση και από εγκαταλειμμένα δέντρα στην περιοχή Μελίβοιας, που συγκομίστηκαν το 2013.

Οι συγκεντρώσεις Zn (Σχεδ. 4.33) και B (Σχεδ. 4.34) στους καρπούς των εγκαταλειμμένων δέντρων ήταν παρόμοιες με τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις στους καρπούς των δέντρων του μάρτυρα και των δέντρων που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση.



Σχεδιάγραμμα 4.33. Συγκέντρωση Zn εκφρασμένη σε ppm, στους καρπούς καστανιάς από τα δέντρα του μάρτυρα, του καστανεώνα που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση και από εγκαταλειμμένα δέντρα στην περιοχή Μελίβοιας, που συγκομίστηκαν το 2013.



Σχεδιάγραμμα 4.34. Συγκέντρωση B, εκφρασμένη σε ppm, στους καρπούς καστανιάς από τα δέντρα του μάρτυρα, του καστανεώνα που δέχτηκαν αειφόρο λίπανση και από εγκαταλειμμένα δέντρα στην περιοχή Μελίβοιας, που συγκομίστηκαν το 2013.

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα προγράμματα λίπανσης σε πλήρη παραγωγικά δέντρα, δίνουν καλύτερα και πιο εμπεριστατωμένα αποτελέσματα σε βάθος χρόνου και επί σειρά ετών πειραματισμού, τουλάχιστον τριετίας και όχι μετά από μια χρονιά πειράματος. Η παρούσα μελέτη, έχοντας ως αντικείμενο τη λίπανση της καστανιάς και συγκεκριμένα την ορθολογική πρακτική της μειώνοντας την ποσότητα λιπάσματος, ιδιαίτερα την αζωτούχο λίπανση, σε δέντρα ηλικίας πάνω από 50 ετών, σε σχέση με τη σημερινή χωρική ανεξέλεγκτη εφαρμογή λιπασμάτων, διήρκησε τρία έτη ώστε να οδηγηθούμε τελικά σε αποτελέσματα και συμπεράσματα που αφορούν την επίδραση της αειφόρου (μειωμένης) λίπανσης σε φυσιολογικά χαρακτηριστικά των φύλλων, σε ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών, στην παραγωγικότητα των δέντρων, στις εκροές των θρεπτικών στοιχείων από τους καστανεώνες με την παραγωγή καρπών αλλά και ποια είναι η εξοικονόμηση χρημάτων μετά από μειωμένη εφαρμογή λιπασμάτων.

Με την εντατικοποίηση της καλλιέργειας της καστανιάς στις ορεινές και ημιορεινές περιοχές, εφαρμόζονται ολοένα και περισσότερες καλλιεργητικές φροντίδες για την ικανοποιητική παραγωγή καρπών εμπορικού μεγέθους και για την πιο σταθερή παραγωγή κάθε χρόνο. Από τις πιο σημαντικές καλλιεργητικές φροντίδες είναι η άρδευση, η λίπανση, η διαχείριση των ζιζανίων, ενώ κλάδεμα συνήθως δεν εφαρμόζεται εξαιτίας του μεγάλου ύψους των δέντρων, και αφαιρούνται μόνο προσβεβλημένα και ξηρά κλαδιά. Όσον αφορά τη λίπανση της καλλιέργειας της καστανιάς, δεν υπάρχουν επαρκή πειραματικά δεδομένα. Ωστόσο, κάποιες προσπάθειες γίνονται στην Ελλάδα, αν και, Πειραματικά δεδομένα σχετικά με την ορθολογική λίπανση της καστανιάς δεν υπάρχουν στην Ελλάδα και τα όποια στοιχεία είναι, κατά κύριο λόγο, εμπειρικά ή από ξένη βιβλιογραφία. Έτσι τις περισσότερες φορές, η εφαρμογή της λίπανσης είναι εμπειρική παρά ορθολογική. Συγκεκριμένα, η εμπειρική λίπανση που εφαρμόστηκε στο συγκεκριμένο πείραμα, είναι η λίπανση που εφαρμόζεται κυρίως σε όλους τους καστανεώνες της περιοχής Μελίβοιας και ακολουθείται από τους παραγωγούς που συμβουλεύονται τους γεωπόνους της περιοχής. Για την εφαρμογή λιπαντικών μονάδων στους καστανεώνες οι παραγωγοί βασίζονται σε εδαφολογικές αναλύσεις, ενώ τις περισσότερες φορές δεν εφαρμόζεται ούτε και αυτή. Η ποσότητα των θρεπτικών στοιχείων που εφαρμόστηκαν στον καστανεώνα του πειράματος με εμπειρική λίπανση (μάρτυρας) το 2011, 2012 και

2013, με 10 δέντρα το στρέμμα, ήταν 13 kg N, 4 kg (2013) και 8 kg (2011, 2012) P, 4 kg (2013) και 8 kg (2011, 2012) K το στρέμμα και 0,11 kg το στρέμμα. Οι τύποι λιπασμάτων και οι ποσότητες που εφαρμόστηκαν ήταν 24 kg (2013) και 50 kg (2011, 2012) μεικτό λίπασμα (15-15-15) το στρέμμα, 20 kg (2011, 2012) και 36 kg (2013) νιτροθευική αμμωνία (26-0-0) το στρέμμα και 1 kg βόρακα το στρέμμα. Οι ποσότητες των θρεπτικών πολλές φορές υπερβαίνουν τις ανωτέρω, εξαιτίας της λανθασμένης αντίληψης των παραγωγών πως, όσο μεγαλύτερη ποσότητα θρεπτικών εφαρμοστούν στα δέντρα, τόσο μεγαλύτερη και ποιοτική παραγωγή θα λάβουν. Γενικότερα στην Ελλάδα, προτείνεται ανά στρέμμα 9-12 kg άζωτο (N), 6-9 kg φώσφορο (P) και 9-12 kg κάλιο (K) σε ώριμα και παραγωγικά δέντρα σε πυκνή φύτευση¹⁴⁶. Η ίδια λίπανση εφαρμόζεται και στην Ιταλία¹⁴⁷. Προφανώς οι ανωτέρω δύο Ελληνικές βιβλιογραφικές πηγές έχουν πάρει τα στοιχεία τους από την ίδια Ιταλική πηγή. Επίσης, στην ορθολογική λίπανση για να αποφασιστεί η ποσότητα των λιπαντικών μονάδων, κυρίως του αζώτου, που εφαρμόζεται στον αγρό λαμβάνεται επιπλέον υπ' όψη και το ποσοστό σκίασης του εδάφους από τη φυτική κόμη, που εξαρτάται από τις αποστάσεις φύτευσης των δέντρων. Όσο μικρότερες είναι οι αποστάσεις φύτευσης των δέντρων, τόσο χαμηλότερες ποσότητες αζώτου απαιτούνται ανά δέντρο. Στην Καλιφόρνια, σε ποσοστό 40% σκίασης του εδάφους από μεγάλα δέντρα, εφαρμόζονται έως 5 kg αζώτου ανά στρέμμα με παραγωγή περίπου ίση με 500 kg το στρέμμα¹⁴⁸.

Με βάση λοιπόν, το ποσοστό σκίασης του εδάφους από τη φυτική κόμη, τις ανάγκες των δέντρων για θρεπτικά στοιχεία βάσει εδαφολογικής ανάλυσης, αλλά και της παραγωγικότητας των δέντρων εφαρμόστηκε αειφόρος λίπανση στον δεύτερο πειραματικό καστανεώνα. Ο καστανεώνας με αειφόρο λίπανση είχε περίπου 40% σκίαση από την κόμη των δέντρων, με 15 δέντρα το στρέμμα και παραγωγή πάνω από μισό έως ένα τόνο καρπούς το στρέμμα. Επομένως, η ποσότητα συνολικών στοιχείων που εφαρμόστηκαν τα έτη 2011, 2012 και 2013 ήταν: 6 kg N (2013) και 8 kg N (2011, 2012), και κάθε χρόνο 5 kg K, 1,7 kg Mg και 0,165 kg B ανά στρέμμα, ενώ η συνολική ποσότητα και οι τύποι λιπασμάτων ήταν 18 kg (2012, 2013) και 24

¹⁴⁶ Ποντίκης 1996, 158.

¹⁴⁷ Δημουλάς 1986, 129.

¹⁴⁸ Vossen 2000, 13.

kg (2011) νιτρική αμμωνία (34,5-0-0) το στρέμμα, 17 kg καλιομαγνήσιο (30% K₂O, 10% MgO, 42% SO₃) το στρέμμα και 1,5 kg βόρακα το στρέμμα.

Επιπλέον, για την εφαρμογή θρεπτικών στοιχείων στους καστανεώνες είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη και οι εκροές των θρεπτικών στοιχείων. Η εντατικοποίηση της καλλιέργειας της καστανιάς έχει ως στόχο την αύξηση της παραγωγής καρπών. Όμως, η αυξημένη παραγωγή έχει και ως αποτέλεσμα την αυξημένη εκροή θρεπτικών στοιχείων από τους καστανεώνες. Από μελέτες στην Πορτογαλία προέκυψαν ότι με έναν τόνο ξηρών καρπών απομακρύνονται περίπου 9,8 kg άζωτο (N), 8,4 kg κάλιο (K), 1,5 kg φώσφορος (P), 1,1 kg ασβέστιο (Ca), 0,7 kg μαγνήσιο (Mg), 126 g μαγγάνιο (Mn), 43 g σίδηρος (Fe), 15 g ψευδάργυρος (Zn)¹⁴⁹. Με συνήθη παραγωγή 500 kg καρπών το στρέμμα και λαμβάνοντας υπόψη ότι το ποσοστό ξηράς ουσίας των καρπών είναι 50%, τότε οι παραπάνω εκροές πιθανόν να είναι από 4 στρέμματα. Αν όμως πρόκειται για εντατικούς καστανεώνες, όπως του συγκεκριμένου πειράματος, με παραγωγή έως και 1000 kg το στρέμμα, τότε οι παραπάνω εκροές ήταν από 2 στρέμματα. Επίσης, σημαντικές εκροές αποτελούν και τα φύλλα, οι κασίδες, τα κλαδάκια, όταν αυτά απομακρύνονται από τον καστανεώνα ή όταν καίγονται, και το ξύλο που αφαιρείται με το κλάδεμα. Σε έναν τόνο ξηράς ουσίας από αυτά τα βλαστικά τμήματα περιέχονται 3,6 kg N, 2,3 kg K, 0,6 kg P, 4,6 kg Ca, 0,7 kg Mg, 237 g Mn, 54 g Fe και 23 g Zn, ενώ συνολικά αποτελούν το 50% όλων των θρεπτικών που χρησιμοποιούνται από το δέντρο. Στους πειραματικούς καστανεώνες, καστανεώνα με εμπειρική λίπανση και καστανεώνα με αειφόρο λίπανση, οι οποίοι είναι εντατικοί και αρδευόμενοι, με μόνη εκροή τους καρπούς που απομακρύνονται κατά τη συγκομιδή, υπολογίστηκαν οι συνολικές εκροές με βάση την παραγωγή καρπών (σε kg) το στρέμμα, αλλά και το μέσο όρο της παραγωγής καρπών ανά δέντρο. Οι εκροές των ανόργανων στοιχείων με τη παραγωγή καρπών ανά στρέμμα του καστανεώνα με αειφόρο λίπανση ήταν: 6 kg N, 1,3 kg P, 3 kg K, 0,5 kg Mg και 178 g B, ενώ με την μέση παραγωγή καρπών ανά δέντρο: 0,6 kg N, 0,1 kg P, 0,2 kg K, 35 g Mg και 12 g B. Στον καστανεώνα μάρτυρα οι εκροές των στοιχείων ανά στρέμμα ήταν 6 kg N, 3 kg P, 6 kg K, 0,65 kg Mg και 220 g B, ενώ οι εκροές με τη μέση παραγωγή καρπών ανά δέντρο ήταν: 0,6 kg N, 0,3 kg P, 0,6 kg K, 65 g Mg και 22 g B.

¹⁴⁹ Pires-Portela 2009, 81.

Με βάση τις εκροές των στοιχείων που φεύγουν ανά στρέμμα στον καστανεώνα με αειφόρο λίπανση συμπεραίνουμε ότι, οι ανάγκες των δέντρων σε θρεπτικά στοιχεία καλύπτονται επαρκώς με τις εφαρμοζόμενες ποσότητες λιπασμάτων. Συγκεκριμένα, η αναπλήρωση του βασικότερου στοιχείου για την καστανιά, που είναι το άζωτο, εφαρμόζεται ακριβώς σε ίση ποσότητα (6 kg/στρέμμα) με την εκροή του συγκεκριμένου στοιχείου στο στρέμμα (6 kg), όπως επίσης η εφαρμογή του βορίου στο στρέμμα (0,165 kg) είναι ισοδύναμη με την εκροή του στον συγκεκριμένο καστανεώνα (0,178 kg). Για το Ν βέβαια η βιβλιογραφία δίνει αποτελεσματικότητα εφαρμογής περίπου 50% (το υπόλοιπο 50% χάνεται). Εδώ όμως η λίπανση έγινε πολύ πιο αποτελεσματικά σε κατάλληλες χρονικές περιόδους και οι λοιπές εισροές (από υετό, ανοργανοποίηση οργανικής ουσίας, κ.λπ.) προσδίδουν τουλάχιστον άλλα 5 kg το στρέμμα ετησίως¹⁵⁰. Όσον αφορά το φώσφορο, οι εκροές του στο στρέμμα είναι ελάχιστες (1,3 kg), επομένως η έλλειψη εφαρμογής του δεν είχε καμία επίδραση στη παραγωγή καρπών, αλλά πιθανόν είναι σημαντική η αναπλήρωσή του με την εφαρμογή φωσφορικών λιπασμάτων ή κοπριάς ανά μερικά έτη. Επίσης, βάσει των εκροών παρατηρείται ότι η εφαρμοζόμενη ποσότητα καλίου στο στρέμμα (5 kg K) είναι 2 kg μεγαλύτερη από την εκροή του με τη συγκομιδή (3 kg K). Η εφαρμογή καλίου στον καστανεώνα με αειφόρο λίπανση έγινε βάσει βιβλιογραφίας που αναφέρει ότι το κάλιο απαιτείται σχεδόν σε ίσες ποσότητες με το άζωτο¹⁵¹, καθώς το μέγεθος του καρπού επηρεάζεται άμεσα τόσο από την ποσότητα αζώτου, όσο και από την ποσότητα καλίου που εφαρμόζεται στα δέντρα¹⁵². Το μέγεθος του καρπού αποτελεί βασικό ποιοτικό χαρακτηριστικό για την παραγωγή και γνωρίζοντας ότι απομακρύνεται κυρίως με τους καρπούς, η εφαρμογή του έγινε σε ποσότητα περίπου ίση με αυτή του αζώτου. Σχετικά με την εκροή του μαγνησίου (0,5 kg Mg/ στρέμμα) είναι μικρότερη από την εφαρμοζόμενη ποσότητά του στο στρέμμα (1,7 kg Mg) και προφανώς δεν χρειάζεται να εφαρμόζεται ετησίως. Οι απαιτήσεις των δέντρων σε μαγνήσιο είναι σχετικά αυξημένες όταν η παραγωγικότητα των δέντρων είναι υψηλή¹⁵³ καθώς με μεγάλη παραγωγή απομακρύνεται με τους καρπούς

¹⁵⁰ Fernandez-Escobar, 2011

¹⁵¹ Vossen 2000, 13; Ποντίκης 1996, 160; Δημουλάς 1986, 130.

¹⁵² Δημουλάς 1986, 130.

σημαντική ποσότητα μαγνησίου¹⁵⁴. Συμπερασματικά, η αποτελεσματικότητα της λίπανσης που εφαρμόζεται στον καστανεώνα με αειφόρο λίπανση είναι άριστη και οι εισροές, τουλάχιστον των βασικών στοιχείων (N, P, K), είναι ικανές να καλύψουν τις απώλειες των θρεπτικών στοιχείων που απομακρύνονται από τη συγκομιδή πλην του P.

Στον καστανεώνα μάρτυρα, που εφαρμόστηκε εμπειρική λίπανση, παρατηρείται σχεδόν διπλάσια εφαρμογή όλων των στοιχείων σε σχέση με τις εκροές τους με τη συγκομιδή των καρπών. Συγκεκριμένα, με 10 δέντρα το στρέμμα οι εφαρμογές και οι αντίστοιχες εκροές των στοιχείων ήταν: εφαρμόστηκαν 13 kg N ενώ αφαιρέθηκαν μόνο 6 kg N το στρέμμα, από τα 7,5 kg P και K που εφαρμόστηκαν στο στρέμμα απομακρύνθηκαν με τη συγκομιδή καρπών μόνο 3 kg και 6 kg αντίστοιχα, με ποσότητα 1 kg βόριο το στρέμμα απομακρύνθηκαν μόνο 220 γραμμάρια, ενώ δεν έγινε προσθήκη μαγνησίου στον συγκεκριμένο καστανεώνα κατά τη λιπαντική αγωγή όμως, αφαιρέθηκαν από τον καστανεώνα 0,65 kg Mg το στρέμμα. Προφανώς οι υπόλοιπες ποσότητες των στοιχείων είτε δεσμεύτηκαν στο έδαφος ή εκπλύθηκαν. Οι μεγάλες ποσότητες θρεπτικών που εφαρμόστηκαν στον καστανεώνα μάρτυρα θα μπορούσαν να συσχετιστούν και με την αυξημένη στρεμματική παραγωγή καρπών που σημαίνει και υψηλότερες εκροές. Δηλαδή, η σωστή λίπανση γίνεται βάσει των στρεμματικών αποδόσεων, μεγάλες αποδόσεις απαιτούν και υψηλότερη ποσότητα εφαρμογής λιπασμάτων. Όμως, με βάση τις εκροές των στοιχείων από τη συγκομιδή των καρπών παρατηρείται ότι στον καστανεώνα μάρτυρα και η μισή εφαρμοζόμενη ποσότητα θρεπτικών στοιχείων θα ήταν αρκετή για την καλή ποιοτικά και ποσοτικά παραγωγή καρπών.

Επομένως, η ορθολογική λίπανση ήταν πιο αποτελεσματική στη θρέψη των δέντρων δίνοντας μεγαλύτερη και σταθερή παραγωγικότητα κάθε χρόνο (με βάση τα αποτελέσματα, Κεφάλαιο 4.2). Επίσης, η εφαρμογή θρεπτικών στοιχείων βασισμένη στην παραγωγικότητα των δέντρων και στις ανάγκες της καλλιέργειας για θρεπτικά, είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους της καλλιέργειας στον καστανεώνα με αειφόρο λίπανση κατά 50%, σε σύγκριση με το κόστος καλλιέργειας του καστανεώνα με εμπειρική λίπανση.

¹⁵³ Slovik 1997, 120.

¹⁵⁴ Portela et al. 2003, 519.

Η καστανιά εκτός από δενδροκομικό, είναι και δασοπονικό είδος και γι' αυτό το λόγο θεωρείται ότι ως αυτότροφο, μπορεί να καλύψει τις ανάγκες της σε θρεπτικά μόνο με την αποσύνθεση των υπολειμμάτων της και χωρίς την προσθήκη θρεπτικών. Συγκεκριμένα, ως φυλλοβόλο δέντρο, η αποσύνθεση των φύλλων κατά τη διάρκεια του χειμώνα έως και τις αρχές του καλοκαιριού, αποτελεί βασική πηγή θρεπτικών για την ανάπτυξη των δέντρων αλλά για την παραγωγικότητά τους¹⁵⁵. Εκτός από τα φύλλα, οι καρποί, οι κασίδες και τα κλαδιά περιέχουν θρεπτικά τα οποία επίσης επιστρέφουν στο δέντρο μετά από την αποσύνθεσή τους¹⁵⁶. Συγκεκριμένα, το ασβέστιο, το μαγνήσιο και το κάλιο δια μέσου των υπολειμμάτων επιστρέφουν κάθε χρόνο στο έδαφος σε αφομοιώσιμη μορφή σε ποσοστό 35%¹⁵⁷. Όμως, η εισροή θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος από την αποσύνθεση των οργανικών υπολειμμάτων των δέντρων της καστανιάς, δεν είναι σε αρκετές συγκεντρώσεις ώστε να παράγουν τα δέντρα εμπορεύσιμους ικανοποιητικού μεγέθους καρπούς. Αυτό αποδείχθηκε στο συγκεκριμένο πείραμα, όπου μετρήσαμε ορισμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών (μέγεθος καρπού, μάζα εδώδιμου τμήματος, μάζα φλοιού) και φύλλων (συνολική χλωροφύλλη, ξηρά ουσία και ειδικό βάρος) από δέντρα τα οποία δε δέχτηκαν καμία καλλιεργητική φροντίδα τα τελευταία 50 χρόνια. Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων προέκυψαν ότι τόσο τα χαρακτηριστικά των καρπών, όσο και τα χαρακτηριστικά των φύλλων τους ήταν σημαντικά κατώτερα σε σύγκριση με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά των δύο εντατικών καστανιώνων. Αποδεδειγμένα, λοιπόν, σε εντατικούς καστανιώνες, εάν η μόνη εκροή είναι οι καρποί, είναι σημαντική τουλάχιστον η αναπλήρωση των θρεπτικών στοιχείων που απομακρύνονται με τους καρπούς κατά τη συγκομιδή. Διαφορετικά, λαμβάνονται υπόψη και οι εκροές από τα φύλλα και τις κασίδες, όταν αυτά καίγονται και δεν κομποστοποιούνται. Σε καμία περίπτωση, χωρίς αναπλήρωση θρεπτικών στοιχείων δεν είναι ποιοτικά και ποσοτικά καλή η παραγωγή.

Όπως ήδη αναφέρθηκε, το μέγεθος του καρπού αποτελεί το βασικότερο χαρακτηριστικό για την εμπορία του. Από τα στοιχεία της ποιότητας καρπού παρατηρήθηκε ότι η μάζα των καρπών των δέντρων του μάρτυρα ήταν μικρότερη και

¹⁵⁵ Ignasio 2004, 59.

¹⁵⁶ Zimmermann et al. 2002, 299.

¹⁵⁷ Zimmermann et al. 2002, 300.

τα τρία έτη του πειράματος από τη μάζα των καρπών των δέντρων του καστανεώνα με αειφόρο λίπανση, ενώ το ποσοστό της περιεχόμενης υγρασίας του εδώδιμου μέρους των καρπών του μάρτυρα ήταν σημαντικά μεγαλύτερο το 2011 και παρόμοιο το 2012 και 2013 με τους καρπούς των δέντρων του καστανεώνα με αειφόρο λίπανση. Επομένως, το 2011 στο μάρτυρα είχαμε μικρότερους καρπούς με μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε υγρασία που, πιθανόν, να οφείλεται στην οψίμιση της ανάπτυξης των καρπών, είτε λόγω της υπερβολικής αζωτούχου λίπανσης που εφαρμόστηκε, με αποτέλεσμα την αύξηση της βλαστικής ανάπτυξης και τη μείωση του ποσοστού ξηράς ουσίας που συσσωρεύτηκε στους καρπούς είτε, πιο πιθανά, στην υψηλή παραγωγικότητα που είχε σαν αποτέλεσμα το μικρότερο μέγεθος καρπού, τη μικρότερη συσσώρευση ξηράς ουσίας και την καθυστέρηση ωρίμανσης. Με το κλάδεμα, όμως, που εφαρμόστηκε μετά τη συγκομιδή καρπών το 2012 στα δέντρα του καστανεώνα μάρτυρα, αυξήθηκε το μέγεθος των καρπών το 2013 συγκριτικά με τα έτη 2011 και 2012. Επομένως, με το κλάδεμα ανανέωσης φωτίστηκαν καλύτερα οι καρποφόρες περιοχές των εναπομεινάντων κλάδων μέσα στην κόμη των δέντρων και λιγότεψαν οι καρποφόρες περιοχές, τα οποία μαζί την επόμενη χρονιά έδωσαν καλύτερη ποιοτική παραγωγή καρπών¹⁵⁸. Η μάζα ανά καρπό των δέντρων του καστανεώνα με αειφόρο λίπανση ήταν σημαντικά υψηλότερη και τα τρία έτη του πειράματος από τη μάζα καρπών των δέντρων του μάρτυρα. Επίσης η παραγωγικότητα των δέντρων του καστανεώνα με αειφόρο λίπανση το 2013 ήταν μεγαλύτερη από το 2011 και το 2012. Συνεπάγεται, λοιπόν, ότι η μειωμένη λίπανση στον καστανεώνα με αειφόρο λίπανση δε φαίνεται να επηρέασε αρνητικά την παραγωγικότητα των δέντρων, αλλά βελτίωσε μερικά το μέγεθος του καρπού, το πιο σημαντικό εμπορικό χαρακτηριστικό των καρπών της καστανιάς,

Η τμηματική λίπανση, κυρίως αζώτου, που εφαρμόστηκε και στους δυο καστανεώνες πιθανόν να βοήθησε και στην υψηλή και ποιοτική παραγωγή καρπών. Η εφαρμογή του αζώτου είναι ιδιαίτερα σημαντική, αφού η καστανιά αντιδρά ιδιαίτερα στην αζωτούχο λίπανση δίνοντας έντονη βλάστηση, υψηλό ποσοστό τέλειων θηλυκών ανθέων, υψηλή καρπόδεση και καλή καρποφορία και τελική ανάπτυξη των καρπών έως και το Σεπτέμβριο. Συγκεκριμένα, η αζωτούχος λίπανση, βάσει της βιβλιογραφίας, εφαρμόζεται σε τρεις ισόποσες δόσεις ώστε να επαρκεί για τις

¹⁵⁸ Βαχαμίδης κ.ά. 2013, 65; Pereira et al. 2004, 105; Δημουλάς 1986, 137.

ανάγκες του φυτού κάθε περίοδο και να περιορίζονται οι απώλειες λόγω έκπλυσης. Η πρώτη εφαρμογή γίνεται στα τέλη Μαρτίου με αρχές Απριλίου, για να ευνοηθεί βλάστηση και η εξέλιξη των ανθικών καταβολών, η δεύτερη στα τέλη Μαΐου, για καλή άνθιση, γονιμοποίηση, καρπόδεση και διαφοροποίηση των ανθικών καταβολών ενώ η τρίτη εφαρμογή γίνεται μέσα με τέλη Αυγούστου για την τελική ανάπτυξη των καρπών και των αποθήκευση αζώτου την επόμενη χρονιά¹⁵⁹.

Επιπλέον, η τμηματική αλλά και πιο ορθολογική εφαρμογή της αζωτούχου λίπανσης φαίνεται ότι ευνόησε εκτός από την ποιότητα των καρπών και χαρακτηριστικά των φύλλων των δέντρων του καστανεώνα με αειφόρο λίπανση. Από τις μετρήσεις των φύλλων, λοιπόν, παρατηρήθηκε ότι και τις τρεις χρονιές, 2011, 2012 και 2013, τα φύλλα από τον καστανεώνα με αειφόρο λίπανση έγιναν πιο μεστά, είχαν, δηλαδή, υψηλότερο ποσοστό ξηράς ουσίας, υψηλότερο ειδικό βάρος και υψηλότερη συνολική χλωροφύλλη ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου από τα φύλλα του μάρτυρα. Η ξηρά ουσία των φύλλων σχετίζεται με την πυκνότητα βλάστησης. Όπου υπάρχει μεγάλη πυκνότητα βλάστησης και χαμηλή διαθέσιμη ηλιοφάνεια, ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης μειώνεται και κατά συνέπεια και η ξηρή ουσία του φύλλου¹⁶⁰. Ο καστανεώνας μάρτυρας έχει δέντρα μεγαλύτερου μεγέθους, αλλά παρά την εφαρμογή κλαδέματος (και επομένως τη βελτίωση του φωτισμού της κόμης) η βλάστηση δεν ήταν ικανή να δημιουργήσει φύλλα με την ίδια παραγωγικότητα όπως τα φύλλα από τα δέντρα του καστανεώνα με αειφόρο λίπανση. Το κλάδεμα που εφαρμόστηκε το 2012 στα δέντρα του μάρτυρα είχε, μερικώς μόνο, θετική επίδραση στο ποσοστό ξηράς ουσίας, καθώς το ποσοστό ξηράς ουσίας των φύλλων του μάρτυρα ήταν υψηλότερο το 2013 σε σχέση με τα προηγούμενα έτη, αλλά δεν έφτασε την ξηρά ουσία των φύλλων του καστανεώνα με ορθολογική λίπανση. Επιπλέον, άλλος παράγοντας πιθανόν να είναι η υπερβολική αζωτούχος λίπανση που δέχτηκε ο καστανεώνας μάρτυρας (ανισόροπη λίπανση), προκαλώντας υπερβολική βλαστική ανάπτυξη, αύξηση της σκίασης του αγρού, χαμηλή διαθέσιμη ηλιοφάνεια στα φύλλα και λίγους υδατάνθρακες διαθέσιμους για τους καρπούς.

Το ποσοστό ξηράς ουσίας των φύλλων τόσο του μάρτυρα όσο και του καστανεώνα με ορθολογική λίπανση, τα έτη 2013 και 2011, ήταν πιο υψηλό από το

¹⁵⁹ Δημουλάς 1986, 123 και 130.

¹⁶⁰ Hall 1993, 39.

ποσοστό ξηράς ουσίας το 2012 και στους δύο καστανεώνες. Η μείωση της ξηράς ουσίας το 2012, ίσως οφείλεται στη υψηλότερη καταπόνηση από έλλειψη νερού καθώς, λόγω των έντονα ξηροθερμικών συνθηκών το καλοκαίρι του 2012, τα δέντρα πιθανόν να καταπονήθηκαν σημαντικά παρά την άρδευση, που δεν ήταν ικανή να καλύψει τις ανάγκες των φυτών της καστανιάς. Επίσης, η συνολική χλωροφύλλη των φύλλων και στους δύο καστανεώνες το έτος 2013 είχε την χαμηλότερη τιμή από τα έτη 2011 και 2012. Αυτό πρέπει να συνδυαστεί με την υψηλότερη παραγωγικότητα καρπών του 2013 σε σχέση με το 2011 και 2012, οπότε τα δέντρα είχαν μεγαλύτερη ανάγκη υδατανθράκων να συσσωρευτούν στους καρπούς. Δηλαδή, το 2013 πιθανόν τα φύλλα να προσπάθησαν να καλύψουν τις ανάγκες των καρπών σε βάρος της ανάπτυξης τους, καθώς οι καρποί είχαν υψηλότερη μάζα το 2013 σε σχέση με το 2011 και το 2012 παρά την υψηλότερη παραγωγικότητα.

Το ειδικό βάρος των φύλλων στον καστανεώνα με αειφόρο λίπανση ήταν μεγαλύτερο από το ειδικό βάρος των φύλλων του μάρτυρα και τα τρία έτη του πειράματος. Το ειδικό βάρος σχετίζεται με το ηλιακό φως που δέχονται τα φύλλα και το ρυθμό φωτοσύνθεσης τους. Όταν τα φύλλα αναπτύσσονται σε υψηλή ακτινοβολία, τότε έχουν μεγαλύτερο ειδικό βάρος¹⁶¹. Η πυκνή κόμη των δέντρων του μάρτυρα είτε λόγω μεγέθους των δέντρων είτε λόγω της έντονης βλάστησης από την ανισόρροπη υπερβολική αζωτούχο λίπανση επηρέασε αρνητικά το ειδικό βάρος των φύλλων. Όμως, το ειδικό βάρος των δέντρων του μάρτυρα αυξήθηκε σημαντικά το 2013 από το 2012 με το κλάδεμα που εφαρμόστηκε. Δηλαδή, μέσω του κλαδέματος, η διέλευση του φωτός μεταξύ των κλάδων και των καρποφόρων οφθαλμών έγινε πιο εύκολη, αποτελώντας βασικό παράγοντα αύξησης του ειδικού βάρους των φύλλων.

Το ειδικό βάρος των φύλλων, επίσης, συσχετίζεται θετικά με το ποσοστό φωτοσύνθεσης ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου¹⁶². Η συνολική συγκέντρωση της χλωροφύλλης ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου ήταν υψηλότερη στα φύλλα των δέντρων του καστανεώνα με αειφόρο λίπανση και τα τρία έτη από την αντίστοιχη συνολική συγκέντρωση χλωροφύλλης στα φύλλα των δέντρων του μάρτυρα. Η αναλογία της χλωροφύλλης *a* προς την χλωροφύλλη *b* στα φύλλα του καστανεώνα με αειφόρο λίπανση ήταν μεγαλύτερη το 2011 και μικρότερη το 2012 και 2013 από τα

¹⁶¹ Hallik et al. 2012, 88-89.

¹⁶² Hall 1993, 40.

φύλλα του μάρτυρα. Όπως ήδη έχει αναφερθεί, τα δέντρα του μάρτυρα είναι μεγαλύτερα, με μεγαλύτερη βλαστική ανάπτυξη και, προφανώς, με μεγαλύτερο ποσοστό σκίασης από τα δέντρα του καστανεώνα με αειφόρο λίπανση. Όταν τα φύλλα αναπτύσσονται σε λιγότερο φως έχουν σχετική αφθονία σε χλωροφύλλη b και, συνεπώς, μικρότερη αναλογία σε χλωροφύλλη a / χλωροφύλλη b¹⁶³, ενώ η αναλογία χλωροφύλλης a προς b είναι μεγαλύτερη όταν τα φυτά αναπτύσσονται σε αρκετό φως¹⁶⁴. Επομένως, η σκίαση των δέντρων του μάρτυρα δείχνει να έχει όντως μειώσει μερικά την αναλογία χλωροφύλλης a / χλωροφύλλη b το έτος 2011. Τα επόμενα όμως χρόνια δεν υποστηρίζουν την άποψη αυτή καθώς πριν (2012) ή μετά (2013) το κλάδεμα, τα φύλλα του μάρτυρα δεν είχαν διαφορετική σχέση χλωροφύλλης a / χλωροφύλλη b ή μικρότερη από τα δέντρα με ορθολογική λίπανση. Συμπερασματικά, λοιπόν, τα φύλλα του μάρτυρα δεν επηρεάστηκαν μόνο από τη σκίαση, αλλά προφανώς και από την ανισόρροπη αζωτούχο λίπανση.

Επίσης, οι συγκεντρώσεις των ανόργανων στοιχείων στα φύλλα αποτελούν βασικό κριτήριο για τη θρεπτική κατάσταση των δέντρων. Ένα πρόγραμμα λίπανσης, εκτός από την εδαφολογική ανάλυση στηρίζεται και στα αποτελέσματα της φυλλοδιαγνωστικής. Οι εφαρμογές των λιπαντικών μονάδων σε καστανεώνες βασίζονται κυρίως σε εδαφολογικές αναλύσεις και όχι σε πρότυπα φυλλοδιαγνωστικής, καθώς δεν υπάρχουν δεδομένα για τα άριστα επίπεδα θρεπτικών στα φύλλα καστανιάς. Επομένως με τη συγκέντρωση των ανόργανων στοιχείων που προσδιορίστηκαν στα φύλλα στο συγκεκριμένο πείραμα δεν είναι δυνατόν να συμπεράνουμε την επάρκεια ή την τροφοπενία στοιχείων. Όμως, με τη συγκέντρωση ανόργανων στοιχείων στα φύλλα και στους καρπούς μπορούμε να συμπεράνουμε την επίδραση που έχουν στο μέγεθος των καρπών. Συγκεκριμένα, για την παραγωγή ικανοποιητικού μεγέθους καρπών το άζωτο θα πρέπει να βρίσκεται σε ποσοστό 1,14-1,33% στους καρπούς και 1,98-2,34% στα φύλλα¹⁶⁵. Το ποσοστό αζώτου στα φύλλα τόσο του καστανεώνα με αειφόρο λίπανση (2,4%) ήταν μεγαλύτερο από το ποσοστό

¹⁶³ <http://plantsinaction.science.uq.edu.au/edition1/?q=content/1-2-2-chlorophyll-absorption-and-photosynthetic-action-spectra>

¹⁶⁴ Hallik et al. 2012, 88-89.

¹⁶⁵ Δημουλάς 1986, 130.

του μάρτυρα (2,23%), αλλά μέσα στα παραπάνω όρια, ενώ στους καρπούς και των δύο καστανεώνων το ποσοστό αζώτου ήταν ίσο με 1%. Επομένως, για την παραγωγή μεγάλου μεγέθους καρπών είναι σημαντική η συγκέντρωση N στα φύλλα. Το υψηλότερο ποσοστό N στα φύλλα του καστανεώνα με αειφόρο λίπανση πιθανόν να σχετίζεται και με το μεγαλύτερο μέγεθος καρπών που είχε ο συγκεκριμένος καστανεώνας σε σύγκριση με το μέγεθος των καρπών του μάρτυρα.

Συμπερασματικά, οι περιορισμένες ποσότητες λιπασμάτων που δέχτηκε ο καστανεώνας με αειφόρο λίπανση δεν επηρέασε αρνητικά την παραγωγικότητα των δέντρων, το μέγεθος και το εδώδιμο μέρος των καρπών. Αντιθέτως, η τμηματική λίπανση και οι ποσότητες λιπαντικών στοιχείων σύμφωνα με τις ανάγκες της καλλιέργειας είχαν ως αποτέλεσμα την αποτελεσματικότερη πρόσληψη θρεπτικών, χωρίς απώλειες μειώνοντας, επίσης, και το κόστος παραγωγής. Περιοριστικός παράγοντας στην παραγωγικότητα ενός καστανεώνα προφανώς είναι η μεγαλύτερη κάλυψη του εδάφους του καστανεώνα από την κόμη των δέντρων, ενώ η αραιή κόμη βλάστηση βοηθά στον καλό φωτισμό της, ώστε να παράγονται ικανοποιητικής ποσότητας και ποιότητας καρποί κάθε χρονιά.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με την αειφόρο λίπανση πετύχαμε να μειώσουμε την εφαρμογή αζωτούχου λίπανσης σε ποσοστό 50% τροποποιώντας την εποχή εφαρμογής του αζώτου και τον τύπο του λιπάσματος. Η επίδραση της αειφόρου λίπανσης έπρεπε να μελετηθεί πως επηρέασε τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά των φύλλων, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών και την παραγωγικότητα των δέντρων. Τα δέντρα του καστανεώνα με αειφόρο λίπανση είχαν φύλλα με υψηλότερη ξηρά ουσία και υψηλότερη συγκέντρωση χλωροφύλλης σε σχέση με τη εμπειρική λίπανση, δηλαδή τα φύλλα διατηρήθηκαν σε καλή κατάσταση παρά τη μείωση της εφαρμοζόμενης λίπανσης. Τα δέντρα στον καστανεώνα με την εμπειρική λίπανση ήταν αρκετά μεγαλύτερα, αλλά η παραγωγικότητα των δέντρων ήταν παρόμοια και δεν επηρεάστηκε ουσιαστικά από την υψηλή ποσότητα ιδιαίτερα του Ν της λίπανσης. Το μέγεθος καρπού δεν επηρεάστηκε αρνητικά από την ορθολογική λίπανση, αλλά αντίθετα φάνηκε ότι η ορθολογική λίπανση είχε σαν αποτέλεσμα την καλύτερη ανάπτυξη του καρπού και την μεγαλύτερη μάζα ανά καρπό (μέγεθος) και του εδώδιμου τμήματος αυτού. Επίσης, το κλάδεμα που εφαρμόστηκε στα δέντρα του καστανεώνα μάρτυρα είχε θετική επίδραση στο μέγεθος του καρπού, όμως η υπερβολική ανισόρροπη αζωτούχος λίπανση πιθανόν προκάλεσε περαιτέρω σκίαση ώστε να μην βελτιωθεί η παραγωγικότητα σε σχέση με την αειφόρο λίπανση το 2013. Η ορθολογική και τμηματική λίπανση με σωστούς τύπους λιπασμάτων αύξησε την αποτελεσματικότητα της πρόσληψης των θρεπτικών, μειώνοντας τις απώλειες τους και συνεπώς το κόστος παραγωγής, διατηρώντας υψηλή την παραγωγικότητα καρπών και την ποιότητα αυτών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική

Αλεξιάδης Κ., 1976. Προσδιορισμός του CaCO_3 δια του ασβεστομέτρου. Φυσική και χημική ανάλυση του εδάφους.

Βασιλακάκης, Μ., 2004. Γενική και Ειδική Δενδροκομία, Εκδόσεις Γαρταγάνης, Θεσσαλονίκη, pp 555-567.

Δημουλάς, Ι., 1986. Η Καστανιά, Εκδόσεις Αγροτική Τράπεζα Ελλάδος, Αθήνα.

Διαμαντής, Σ. και Περλέρου, Χ. 2011. Το γνωστό μας κάστανο με τις άγνωστες μοναδικές του ιδιότητες. Γεωργία-Κτηνοτροφία, Τεύχος 1. Εκδόσεις ΑΓΡΟΤΥΠΟΣ Α.Ε., Αθήνα.

Δροσόπουλος, Ι.Β., 1992. Η Ανόργανη Διατροφή των Φυτών. Έκδοση Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Δροσόπουλος, Ι.Β., 1998. Φυσιολογία Φυτών ΙΙ. Έκδοση Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Θεριός, Ι.Κ. 1996. Ανόργανη θρέψη και λιπάσματα. Εκδόσεις Γ. Δεδούση, Θεσσαλονίκη.

Μήτσιος, Ι., 2004. Διαθεσιμότητα των θρεπτικών του εδάφους. Εκδόσεις Lymel, Αθήνα.

Μήτσιος, Ι., 2004. Γονιμότητα Εδαφών. Θρεπτικά Στοιχεία Φυτών (μακροθρεπτικά, μικροθρεπτικά) και Βαρέα Μέταλλα. Μέθοδοι και εφαρμογές. Εκδόσεις Lymel, Αθήνα.

Μπούρμπος, Β.Α. και Ε.Α. Μπαρμποπούλου, 2004. Οι κυριότερες ασθένειες της Καστανιάς στην Κρήτη, Πρακτικά ημερίδας για την καστανιά, ΕΘΙΑΓΕ, Αθήνα 2004, σελ. 84-98.

Νάνος, Γ., 2013. Συγκομιδή και μετασυλλεκτική μεταχείριση ξηρών καρπών-Κάστανα. Γεωργία- Κτηνοτοφία, Τεύχος 10. Εκδόσεις Αγρότυπος Α.Ε., Αθήνα.

Περλέρου, Χ., 2004. Η ασθένεια του έλκους της καστανιάς και η αντιμετώπισή της με βιολογική καταπολέμηση. Πρακτικά ημερίδας για την καστανιά, ΕΘΙΑΓΕ, Αθήνα, σελ. 99-109.

- Ποντίκης, Κ., 1996. Ειδική Δενδροκομία: Ακρόδρυα, Πυρηνόκαρπα- Λοιπά καρποφόρα, τόμ. 2. Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα-Πειραιάς.
- Σφακιώτακης, Ε.Μ., 1987. Μαθήματα Γενικής Δενδροκομίας. Εκδόσεις Π. Ζήτη και ΣΙΑ Ο.Ε., Θεσσαλονίκη.
- Τσαπικούνης, Φ.Α., 1995. Θρέψη- λίπανση φυτών. Τόμος Α', Εκδόσεις Βάρδα, Πάτρα.
- Τσαπικούνης, Φ.Α., 1995. Θρέψη- λίπανση φυτών. Τόμος Γ', Εκδόσεις Βάρδα, Πάτρα.
- Χουλιάρης, Ν., 2002. Μαθήματα εφαρμοσμένης εδαφολογίας. Εκδ. ΙΩΝ, Αθήνα.

Ξένη

- Athanasiadis, N. 1975. Zur postglazialen vegetation sent wicklung von Litochore Katerinis und Pertouli Tricalon (Griechenland). Flora. 164:99-132.
- Borges, O., Goncales, B., Carvalho, J.L.S., Correia, P. and Silva, A.P. 2008. Nutritional quality of chestnuts (*Castanea sativa* Mill.) cultivars from Portugal. Food Chemistry.106:976-984.
- Bottema, S. and Woldring, H. 1990. Anthropogenic indicators in the pollen record of the Eastern Mediterranean.p.231-265. In: S. Bottema, G. Entjes-Nieborg and W. van Zeist (eds.) Man's role in the shaping of the Eastern Mediterranean Landscape. Balkema, Rotterdam.
- Bounous, G. 2002. Inventory of chestnuts research, germplasm and references. FAO coprorate document repository AD235/E, pp 186.
- Bounous, G. and Beccaro, G. 2002. Chestnut culture. Direction for establishing new orchards. FAO-CIHEAM-Nucis-Newsletter. 11:30-34.
- Bremner, J.M. and Muvaney, C.S. 1982. Nitrogen-total. In: Page, A.L., Miller, R.H., and Keeney, D.R. (eds) Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties, 2nd Edition. American Society of Agronomy, Inc., Soil Science Society of America, Inc., Madison, pp 595-624.

Canadian Fertilizer Institute (n.d.). Fertilizers and environmental stewardship.
Retrieved February 2014 from
www.cfi.ca/facts_issues/fertilizers_and_environmental_stewardship.asp.

Day, P.R. 1965. Particle fractionation and particle size analysis. In: C.A. Black et al (eds) *Methods of soils analysis, part I*. Agronomn American Society Of Agronomy. Madison. WIS, pp 545 - 568.

Duke, J.A. 2001. *Handbook of nuts*. CRC Press, USA, pp 343.

Fernandez-Escobar, R. 2011. Use and abuse of nitrogen in olive fertilization. *Acta Hort.* 888:249-257

Ferreira-Cardoso, J.V., Fontainhas-Fernades, A.A. and Torres-Pereira, J.M.G. 2002. Nutritive value and technological characteristics of *Castanea sativa* Mill. Fruits – comparative study of some northeastern Portugal cultivars. *Proceedings of International Congresso on Chestnuts*. Spoleto, Italy, pp 445-449.

Glenn, D.M. and Welker, W.V. 1989. Cultural practices for enhanced growth of young peach trees. *Am J Altern Agr* 4:8-11.

Griffith, W.K. and L.S. Murphy. 1991. The development of crop production systems using best management practices. Potash & Phosphate Institute (PPI), Norcross, USA.

Hall, D.O., 1993. *Photosynthesis and production in a changing world: field and laboratory manual*. Chapman and Hall, London pp. 39-40.

Hardenburg R.E., A.E. Watada and C.Y. Wang., 1986. *The Commercial Storage of Fruits , Vegetables, and Florist and Nursery Stocks*. U.S.D.A. Agr. Handbook 66.

Hartman, E.W. 2002. Omega-3 fatty acids to augment cancer therapy. *J. of Nutrition* 132: 35088-35128.

Hogue, E.J. and Neilsen, G.H. 1987. Orchards floor vegetation management. *Hort. Review* 9:337-430.

Ignasio, S.R. 2004. Ecological factors in forest ecosystem: Litter matter decomposition and nutrient release. Πρακτικά ημερίδας για την καστανιά, ΕΘΙΑΓΕ, Αθήνα, pp. 58-69.

Jones, J.B. and Case, V.W., 1990. Soil testing and plant analysis. Chapter 15. Soil Science Society of America. 3rd edition. SSSA.

Laroche, A., Freyssac, V., Rahmani, A., Verger, J.P. and Morvan, H. 1997. Growth and mineral content of young chestnuts trees under controlled conditions of nutrition. *Annales des Science Forestiers*, Paris 54: 681-693.

Linhares, I., Martins, A., Borges, O., Guedes, C. and V. Sousa, 2005. Effect of irrigation and soil management practices on fruit production and quality in chestnuts orchards of northern Portugal. *Acta Hort.* 693:701-706.

Lipecki, J. and Berbec, S. 1997. Soil management in perennial crops: stands and hop gardens. *Soil Till Res* 43:169-184.

Marcelino, V. Torres, N. Portela, E. and Martins, A. 2000. Soil physical properties and the occurrence of chestnuts ink disease: a micromorphological study. *Eco Mediterranea* 26:129-135.

Martins, L.M., Oliveira, M.T. and Abreu, C.G. 1999. Soils and climatic characteristics of chestnuts stands that differ on the presence of ink disease. *Acta Hort.* 494:447-449.

McKay, J.W. 1942. Self-sterility in the Chinese chestnut. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science.* 41:156-160.

Miller, J.J. and Curtin, D. 2006. Soil Sampling and Methods of Analysis. 2nd edition. Chapter 15. Electrical Conductivity and Soluble Ions. Canadian Society of Soil Science.

Mulvaney, R.L. 1996. Methods of soil analysis. Part 3. Chemical Methods. Chapter 38, Nitrogen – Inorganic forms. Soil Science Society of America. Inc. Madison, pp 1123 - 1184.

Page, A.L., Miller, R.H. and D.R., Keeney, 1982. Methods of soil analysis Part 2. American Society Of Agronomy., Inc., Madison wis, pp 160 - 161, 413 - 414, 416 - 418.

Pereira-Lorenzo, S. and Fernadez-Lopez, J. 1995. Chestnuts in Spain: an old culture with future. *FAO-CIHEAM-Nucis-Newsletter* 4:12-15.

Pereira-Lorenzo, S. and Ramos- Carber, A. M. 2004. Chestnuts, an ancient crop with future. p. 105-161. In: R. Dris and S.M. Jain (eds.), *Production practices and quality assessment of food crops: Preharvest practice*. Kluwer academic publishers, Netherlands.

Pereira-Lorenzo, S., Ramos- Carber, A. M., Diaz-Hernandez, M.B., Ciordia-Ara, M. and Rios-Mesa, D. 2005. Chemical composition of chestnuts cultivars from Spain. *Sci. Hort.* 107:306-314.

Pires, A.L. and Portela, E. 2003. Assessment of nutrient outputs in chestnut groves: Fruit and pruned biomass. *Acta Hort.* 844:451-456.

Portela, E. Aranha, J. Martins, A. and Pires, A.L. 1999. Soil factors, farmer's practices and chestnuts ink disease: some interactions. *Acta Hort.* 494:433-441.

PPI. 1989. Conventional and low-input agriculture. Economic and environmental evaluation, comparisons and considerations. A White Paper Report. Potash & Phosphate Institute (PPI), Norcross, USA.

Slovik, S. 1997. Tree physiology. In: Huttel, R.F., and Schaaf, W.(eds.) *Magnesium Deficiency in Forest Ecosystems*. Kluwer Academic Publishers, London, pp 101-124.

Taiz, L. and Zeiger, E. 2012. *Plants physiology*. Utopia, Sunderland, Massachusetts. USDA Agriculture Handbook. 1994. Nos. 8-12. Washington, D.C.

Vasconcelos, M.C.B.M., Nunes, F., Viguera, C.G., Bennet, R.N., Rosa, E.A.S. and Ferreira-Cardoso, J.V. 2010. Industrial processing effects on chestnuts fruits (*Castanea sativa*). Minerals, free sugars, carotenoids and antioxidant vitamins. *International Journal of Food science and technology* 45:496-505.

Vossen, P. 2000. Chestnuts culture in California. UCDANR, UC Davis. pp 12-13

Walkley, A. and Black, I.A. 1934. An examination of the Degjarett method for determination of soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 37: 29-38.

Wintermans J.F. and Mots, A. (1965). Spectrophotometric characteristics of chlorophyll and their pheophytins in ethanol. Biochim. Biophys. Acta 109: 448-453.

Wright, R.C. 1940. Investigations on the storage of nuts. U.S.D.A. Tech. Bull. pp770

Zimmermann, S. Braun, S. Conedera, M. and Blaser, P. 2002. Macronutrients inputs by litterfall as opposed to atmospheric deposition into two contrasting chestnuts forest stands in southern Switzerland. Forest Ecology and Management. 161:289-302

Διαδίκτυο

www.aode.gr/articles/194-productivity.

www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm?seq_no_115=171341.

www.axortagos.gr/kastana-ena-xeimoniatiko-snak-polla-ofeli.html.

www.chestnuts.msu.edu/horticultural_care/fertilizing
[.www.efizissi.blogspot.gr/2011_10_01_archive.html](http://www.efizissi.blogspot.gr/2011_10_01_archive.html).

www.empirechestnut.com.

www.greengardens.gr/index.php/production/karpofora/akrodrya/20-kastania-castanea-sativa.

www.infoil.gr/en/quality-criteria-olive/2011-04-08-09-10-48/115?tmpl=component.

www.kiwi-tsechelidis.com/el/info.htm.

www.nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/1113/1/Nimertis_Liapi.pdf.

www.sarkpont.hu/webset32.cgi?Sarkpont@@EN@@13@@GOOGLEBOT.

www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-89132011000100016.

www.washingtonchestnut.com/pollination.html.

Φωτογραφίες δέντρων από τον καστανεώνα με αιφόρο λίπανση



Εικόνα 4. Δέντρο νούμερο 1.



Εικόνα 5. Δέντρο νούμερο 2.



Εικόνα 6. Δέντρο νούμερο 3



Εικόνα 7. Δέντρο νούμερο 4



Εικόνα 8. Δέντρο 5.



Εικόνα 9. Δέντρο 6.

Φωτογραφίες δέντρων από τον καστανεώνα μάρτυρα



Εικόνα 10. Καστανεώνας μάρτυρας με τα πειραματικά δέντρα 1, 2, 3 και 4.



Εικόνα 11. Καστανεώνας μάρτυρας. Δέντρο 5.



Εικόνα 12. Καστανεώνας μάρτυρας. Δέντρο 6.

Καστανεώνας εγκαταλειμμένος



Εικόνα 13. Δέντρο από τον εγκαταλειμμένο καστανεώνα



Εικόνα 14. Εγκαταλειμμένος καστανεώνας