

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Σχολή Γεωπονικών Επιστημών

Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

Αειφόρος Αγροτική Παραγωγή και Διαχείριση Περιβάλλοντος

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ ΦΥΤΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ



Επίδραση άρδευσης και αζωτούχου λίπανσης στην αύξηση και παραγωγικότητα
του δενδρολίβανου (*Rosmarinus officinalis* L.) σε ξηρή δρόγη

Κωνσταντίνος Μαρτίνος

Βόλος 2017

Επίδραση άρδευσης και αζωτούχου λίπανσης στην αύξηση και παραγωγικότητα
του δενδρολίβανου (*Rosmarinus officinalis* L.) σε ξηρή δρόγη

Κωνσταντίνος Μαρτίνος

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

Νικόλαος Δαναλάτος (Επιβλέπων), Καθηγητής Γεωργίας - Οικολογίας Φυτών Μεγάλης Καλλιέργειας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος

Μαρία Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη (Μέλος), Καθηγήτρια Αρδεύσεων - Στραγγίσεων, Υδραυλικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος

Ανθούλα Δημήρκου (Μέλος), Καθηγήτρια Εδαφολογίας με έμφαση στη Χημεία εδάφους, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος

Copyright © Κωνσταντίνος Μαρτίνος, 2016.

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 δεν δηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα.

Πρόλογος

Για την εκπόνηση της συγκεκριμένης μεταπτυχιακής διατριβής θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή Γεωργίας - Οικολογίας Φυτών Μεγάλης Καλλιέργειας και επιβλέποντα της διατριβής κ. Νικόλαο Δαναλάτο ο οποίος με την πολύτιμη καθοδήγηση του κατέστησε αυτό το εγχείρημα δυνατό. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω την Δρ. Σκουφογιάννη Ελπινίκη, μέλος ΕΔΙΠ, η οποία υποστήριξε τις γνωστικές ανάγκες της διατριβής με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της τριμελούς μου επιτροπής, την Καθηγήτρια Εδαφολογίας κα Ανθούλα Δημήρκου και την Καθηγήτρια Αρδεύσεων – Στραγγίσεων και Υδραυλικής κα Μαρία Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη για την συμμετοχή και καθοδήγηση τους. Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω και στον μεταπτυχιακό φοιτητή Γεώργιο Τζανή, ο οποίος υπήρξε συνοδοιπόρος σε όλα τα στάδια της συγγραφής της παρούσας εργασίας. Παράλληλα θα ήθελα να ευχαριστήσω την σύντροφο μου, Έλενα, για την στήριξη της κατά τα τελικά στάδια της συγγραφής. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τη μητέρα μου η οποία με υποστήριξε από την αρχή μέχρι το τέλος σε αυτό το εγχείρημα.

Περίληψη

Το δενδρολίβανο (*Rosmarinus officinalis* L.) είναι ένα αειθαλές φυτό, ενδημικό της περιοχής της Μεσογείου. Έχει καθιερωθεί ως ένα σημαντικό φυτό καθώς το αιθέριο έλαιό του χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανία αρωμάτων και την ιατρική ενώ έχει αναφερθεί ότι έχει διάφορες φαρμακευτικές ιδιότητες. Το πρώτο έτος μιας καλλιέργειας δενδρολίβανου εξετάστηκε ως προς την ανάπτυξη και την παραγωγικότητα της στην κεντρική Ελλάδα ενώ διερευνήθηκε το πώς επηρεάζεται από την άρδευση και την αζωτούχο λίπανση. Για το σκοπό αυτό, τον Απρίλιο του 2015, χειμερινά μοσχεύματα μίας τοπικής ποικιλίας δενδρολίβανου μεταμοσχεύθηκαν σε ένα πειραματικό αγρό ο οποίος είχε εγκατασταθεί στη Νέα Αγχίαλο Μαγνησίας, στην κεντρική Ελλάδα. Το πειραματικό σχέδιο ήταν ένα πολυπαραγοντικό πειραματικό σχέδιο split plot με τρία επίπεδα στάγδην άρδευσης (0, 50, και 100% της εξατμισοδιαπνοής) που αποτελούσαν τα κύρια πειραματικά τεμάχια (main plots), και τρία επίπεδα αζώτου (0, 2,5, 5, kg N / στρέμμα) που συνθέταν τα υποτεμάχια (sub plots) σε τρεις επαναλήψεις (blocks). Η ανάπτυξη και η τελική παραγωγή της καλλιέργειας μετρήθηκε σε τρεις καταστρεπτικές κοπές κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού του 2015. Τα αποτελέσματα έδειξαν την θετική επίδραση τόσο της άρδευσης όσο και της αζωτούχου λίπανσης στην τελική απόδοση ήδη από το πρώτο έτος εγκατάστασης της καλλιέργειας.

Λέξεις-κλειδιά: δενδρολίβανο, άρδευση, άζωτο, λίπανση, εξατμισοδιαπνοή, Κεντρική Ελλάδα

Summary

Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) is an evergreen plant endemic and typical of the Mediterranean region. Rosemary has long been considered an important plant for its essential oil used vastly in the perfume and medicine industry. The plant has been reported to possess several medicinal properties. The first-year of a rosemary crop growth and productivity as affected by irrigation and N fertilization was investigated under field conditions in central Greece. In April 2015, winter cuttings of a native rosemary cultivar were transplanted to an experimental field installed in Nea Aghialos, Magnesia, central Greece. The experimental design was a 2³ factorial split plot design with three drip irrigation levels (0, 50, and 100% of potential evapotranspiration) comprising the main plots, and three nitrogen dressings (0, 50, 100, kg N ha⁻¹) comprising the subplots in four replications (blocks). The growth and final productivity of the crop was measured in three destructive samplings during the summer 2015. The results demonstrated the significant effects of both irrigation and nitrogen fertilization on rosemary productivity and final yield already in the first year of crop establishment.

Keywords: rosemary, irrigation, nitrogen, fertilization, evaporation, Central Greece

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

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

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή.....	1
1.1.	Αρωματικά φυτά.....	1
1.2.	Ιστορικά στοιχεία.....	1
1.3.	Συστηματική κατάταξη.....	2
1.4.	Ποικιλίες του <i>Rosmarinus officinalis</i>	3
1.5.	Περιγραφή του δενδρολίβανου.....	4
1.6.	Καλλιέργεια του δενδρολίβανου.....	5
1.6.1	Κλιματικές απαιτήσεις.....	5
1.6.2	Προετοιμασία αγρού.....	6
1.6.3	Φύτευση.....	6
1.6.4	Άρδευση.....	6
1.6.5	Λίπανση.....	7
1.6.6	Αντιμετώπιση ζιζανίων.....	8
1.6.7	Συγκομιδή.....	10
1.6.8	Επεξεργασία φυτικού υλικού.....	10
1.6.9	Αποδόσεις.....	11
1.7.	Οικονομικά στοιχεία.....	11
1.8	Χρήση του δενδρολίβανου στη βιομηχανία τροφίμων.....	12
1.8.1	Ταξινομική, μορφολογική και ενδοκυτταρική κατανομή του καρνοσικού οξέος.....	14
1.8.2	Το καρνοσικό οξύ ως αντιοξειδωτικό συστατικό.....	17
1.8.3	Το καρνοσικό οξύ στις βιομηχανίες τροφίμων, φαρμάκων και καλλυντικών.....	17
1.9	Σκοπός της εργασίας.....	19
2.	Υλικά και μέθοδοι.....	21
2.1.	Επιλογή πειραματικού αγρού – Μετεωρολογικά δεδομένα.....	21
2.2.	Πειραματικό σχέδιο.....	21
	Προετοιμασία αγρού και εγκατάσταση των φυτών.....	23
	Λίπανση.....	26
	Αντιμετώπιση ζιζανίων.....	27

Δειγματοληψία – μετρήσεις – ανάλυση αποτελεσμάτων.....	27
3 Αποτελέσματα και συζήτηση.....	29
3.1 Κλιματικές συνθήκες.....	29
3.1.1 Μετεωρολογικά στοιχεία.....	29
3.2. Στατιστική ανάλυση.....	31
3.2.1 Ύψος φυτών.....	32
3.2.2 Λόγος συνολικής ξηρής δρόγης προς συνολικό ξηρό βάρος.....	33
3.2.3 Λόγος συνολικού χλωρού βάρους προς συνολικό ξηρό βάρος.....	35
3.2.4 Παραγωγή χλωρής δρόγης.....	37
3.2.5 Παραγωγή χλωρών βλαστών.....	39
3.2.6 Παραγωγή συνολικού χλωρού βάρους.....	41
3.2.7 Παραγωγή ξηρών βλαστών.....	42
3.2.8 Παραγωγή ξηρής δρόγης.....	44
3.2.9 Ειδική φυλλική επιφάνεια και δείκτης φυλλικής επιφάνειας.....	46
3.2.10 Συνολικό ξηρό βάρος.....	48
4 Συμπεράσματα.....	51
5 Βιβλιογραφία.....	52
Παράρτημα	

1 Εισαγωγή

1.1. Αρωματικά φυτά

Το φυτικό βασίλειο υπολογίζεται ότι αποτελείται από 350.000 διαφορετικά είδη από τα οποία τα 17.500 χαρακτηρίζονται ως αρωματικά και τα 60.000 είδη ως φαρμακευτικά φυτά (Swift, 1997). Όσον αφορά στην χώρα μας, η χλωρίδα υπολογίζεται περίπου στα 6308 είδη ανώτερων φυτών από τα οποία τα 500-600 θεωρούνται ως αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά (Δόρδας, 2012; Φοίτος κ.α.; 2009, Παπαναγιώτου, κ.α. 2001, Phitos et al, 1995, Strid and Tan, 1992, 1997). Το δενδρολίβανο (*Rosmarinus officinalis*) ανήκει στην οικογένεια των Χειλανθών (Lamiaceae), στην οποία περιλαμβάνονται περίπου 3.500 είδη ευρύτατης εξάπλωσης. Στην οικογένεια αυτή ανήκουν τα σπουδαιότερα φυτικά είδη αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών. Για το λόγο αυτό γίνεται μια συνοπτική αναφορά στα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά.

Υπάρχουν στοιχεία που αφορούν στη χρήση των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών που χρονολογούνται στο 5000 π.Χ. ενώ η χρήση φαίνεται πως είχε σκοπό την προσθήκη γεύσης και αρώματος σε τρόφιμα αλλά και την ίαση λόγω των φαρμακευτικών τους ιδιοτήτων (Li 2006; Chang 2000; Piccaglia et al 1993). Η χρήση των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών στις μέρες μας και σύμφωνα με τον WHO (World Health Organization) σχεδόν το 80% του παγκόσμιου πληθυσμού, ειδικά στις αναπτυσσόμενες χώρες, βασίζεται ακόμα και σήμερα στα συγκεκριμένα φυτά για τις φαρμακευτικές τους ιδιότητες και την περίθαλψη πολλών παθήσεων (Collin, 2006; Gurib-Fakim, 2006). Πολλά αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά όπως το δενδρολίβανο, η ρίγανη, το φασκόμηλο, το θυμάρι και η μέντα, προέρχονται από την περιοχή της Μεσογείου και συναντώνται είτε διάσπαρτα στο φυσικό τους περιβάλλον είτε σε καθεστώς καλλιέργειας (Kadri et al, 2011 Botsoglou et al, 2009; Ocak et al, 2008; Bampidis et al, 2005).

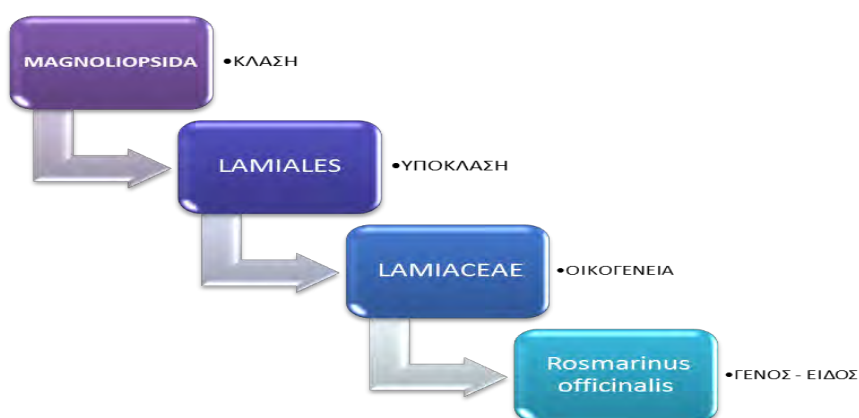
1.2. Ιστορικά στοιχεία

Σύμφωνα με ένα μύθο των αρχαίων Ελλήνων, κάποτε ζούσε ένας νέος ο οποίος ονομαζόταν Λίβανος και ήταν αφιερωμένος στους θεούς αλλά κάποιοι ασεβείς τον σκότωσαν. Η Γη η οποία τιμά τους θεούς κατάφερε να μεταβάλει την φύση του νέου και από άνθρωπο τον μετέτρεψε σε φυτό το οποίο μυρίζει και ευφραίνει με την μυρωδιά του τους θεούς. Για αυτό το λόγο, συχνά

στον αρχαίο ελληνικό κόσμο το χρησιμοποιούσαν ως θυμίαμα. Για να τιμήσουν τους θεούς οι άνθρωποι έκαιγαν συχνά δεντρολίβανο στους βωμούς των αρχαίων θεών καθώς πίστευαν ότι η μυρωδιά του έφερνε στους θεούς τις παρακλήσεις των ανθρώπων. Επίσης το δενδρολίβανο αντιπροσώπευε το σύμβολο της πίστης σε γάμους και σε κηδείες (Αλιμπέρτης, 2010). Στην αρχαία Αίγυπτο θεωρούσαν ότι αρωμάτιζε τον κόσμο των νεκρών, για αυτό το λόγο το έβαζαν στους τάφους των Φαραώ για να μεταφέρει μυρωδιές στην χώρα των ψυχών (Βρανάκη & Κολώνη, 2008). Στην Ελλάδα, αναφέρεται από τον Διοσκουρίδη, τον Θεόφραστο και τον Οβίδιο, ως το φυτό της σκέψης. Στη λατινική γλώσσα η ονομασία του ήταν *Rosmarinus* και θεωρείται ότι αποτελεί σύνθετη λέξη ή οποία προέρχεται από το *ros* που αποδίδεται στα ελληνικά ως δρόσος και από την λέξη *marinus*, δηλαδή θάλασσα. Η ονομασία αυτή αποδίδεται στον Πλίνιο και προέρχεται από το γεγονός ότι το φυτό αναπτύσσεται δίπλα στην θάλασσα (Βογιατζή, 2004). Παρόλα αυτά υπάρχει και η εκδοχή της ελληνικής προέλευσης του ονόματος σύμφωνα με την οποία η λέξη προέρχεται από τον συνδυασμό των λέξεων «ρους» (θάμνος) και «μύρων». Οι παραμεσόγειες χώρες αποτελούν τον χώρο προέλευσης του δενδρολίβανου. Στην Ελλάδα απαντάται ως αυτοφυές σε πετρώδεις τύπους εδαφών (ηπειρωτική Ελλάδα, Πελοπόννησος, νησιά, κλπ).

1.3. Συστηματική κατάταξη

Το δενδρολίβανο, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.1, ανήκει στην Κλάση Magnoliopsida, υποκλάση Lamiales, οικογένεια Lamiaceae ή Labiatae (Χειλανθή), στο γένος *Rosmarinus* και είδος *officinalis*.



Εικόνα 1.1. Συστηματική κατάταξη του δενδρολίβανου

Στη συγκεκριμένη οικογένεια ανήκουν ποώδη ή ημι-θαμνώδη φυτά των ξηρών και θερμών περιοχών της Γής και βοτανολογικά χαρακτηρίζονται από:

1. Τετράγωνο βλαστό.
2. Τα φύλλα είναι αντίθετα ανά ζεύγος και σταυροειδώς τοποθετημένα.
3. Άνθη ζυγόμορφα με χαρακτηριστική δίχειλη στεφάνη και το χαρακτηριστικό αυτό τους προσδίδει το όνομα Χειλανθή.
4. Ξηρό καρπό ο οποίος διασπάται σε τέσσερα μονόσπερμα καρπίδια που ονομάζονται κάρυα.
5. Αρωματική οσμή.

Επίσης, χαρακτηρίζονται από προσαρμοστικότητα τόσο ως προς τον τρόπο επικοινωνίας τους όσο και ως προς τα μέσα διασποράς των καρπιδίων τους. Η οικογένεια Lamiaceae περιλαμβάνει περίπου 3500 είδη ευρύτατης γεωγραφικής εξάπλωσης, χρήσιμα και πολύτιμα ως αρωματικά, φαρμακευτικά, μελισσοτροφικά αλλά και καλλωπιστικά φυτά (Σαρλής, 1999). Κατά τον Σαρλή (1999), για την οικογένεια Lamiaceae ισχύει ο παρακάτω ανθικός τύπος:

ΑΝΘΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ: $K_{(5)}\Sigma_{(5)}A_2$ ή $2+2\Gamma_{(2)}$ όπου:

K: Κάλυκας A: Αρσενικό μέρος του άνθους (Στήμονες)

Σ: Σέπαλα Γ: Γυναικείο μέρος του άνθους (Ύπερος)

Άρα, τα άνθη των φυτών της συγκεκριμένης οικογένειας αποτελούνται από 5 κάλυκες και σέπαλα και από 2 στήμονες και ύπερους. Στην Ελλάδα απαντάται σχεδόν σε όλες τις διαπλάσεις - βλαστήσεις και αντιπροσωπεύεται από 320 taxa. Επιπλέον, οι περιοχές στις οποίες παρατηρείται ο μεγαλύτερος αριθμός taxa είναι η Πελοπόννησος, η Μακεδονία και η Στερεά Ελλάδα. Διακρίνονται κυρίως τρία είδη δενδρολίβανου. (Κατσιώτης & Χατζοπούλου, 2010)

1. *Rosmarinus officinalis*, ενδημικό της Μεσογείου και παρουσιάζει μεγάλη ποικιλότητα.
2. *Rosmarinus eriocalyx* το οποίο εντοπίζεται στην Νοτιοανατολική πλευρά της Ιβηρικής χερσονήσου και στην Βόρειο Αφρική.
3. *Rosmarinus tomentosus* που αποτελεί επίσης ενδημικό είδος της Νοτίου Ισπανίας.

1.4. Ποικιλίες του *Rosmarinus officinalis*

Βοτανικά έχουν καταγραφεί οι παρακάτω ποικιλίες ενώ συνεχώς δημιουργούνται καινούργιες με επιθυμητά χαρακτηριστικά καθώς το φυτό παρουσιάζει μεγάλη βιομηχανική σημασία (Γιαχακοπούλου, 2007):

1. *Rosmarinus officinalis* var. *Albiflorus*. Έχει λευκά άνθη και βελονοειδή σκουροπράσινα φύλλα.
2. *Rosmarinus officinalis* var. *angustissimus* “*Corsican Blue*”. Τα φύλλα του είναι βελονοειδή και σκουροπράσινα με μπλέ άνθη ενώ είναι πιο πυκνό από το συνηθισμένο δενδρολίβανο.
3. *Rosmarinus officinalis* “*Aureus*”. Τα φύλλα του είναι λεπτά, βελονοειδή, με χαρακτηριστικές χρυσαφένιες “πινελιές”. Τα άνθη του είναι γαλάζια αν και σπάνια ανθίζει.
4. *Rosmarinus officinalis* var. *angustissimus* “*Benenden Blue*”. Τα φύλλα είναι λεπτές βελόνες ενώ τα άνθη του σκούρα μπλε.
5. *Rosmarinus officinalis* “*Miss jessopp’s Upright*”. Όρθια δομή που το κάνει κατάλληλο για φράκτες με φύλλα πράσινου χρώματος και άνθη γαλάζια.
6. *Rosmarinus officinalis* “*Primley Blue*”. Φουντωτή ποικιλία με βελονοειδή, σκουροπράσινα φύλλα με μπλε άνθη.
7. *Rosmarinus officinalis* *Prostratus Group*. Κατάλληλο για ανάπτυξη σε τοίχο με γαλάζια άνθη και βελονοειδή, σκουροπράσινα φύλλα.
8. *Rosmarinus officinalis* “*Severn Sea*”. Τα φύλλα είναι βελονοειδή, σκουροπράσινα ενώ τα άνθη είναι μπλε χρώματος.
9. *Rosmarinus officinalis* “*Sissinghurst Blue*”. Είναι όρθια και πολύ φουντωτή ποικιλία με ανοιχτόχρωμα μπλε άνθη και βελονοειδή, σκουροπράσινα φύλλα.
10. *Rosmarinus officinalis* “*SudburyBlue*”. Μπορεί να φτάσει σε ύψος ένα μέτρο με φύλλα βελονοειδή και άνθη μπλε χρώματος (Γιαχακοπούλου, 2010).

1.5. Περιγραφή του δενδρολίβανου

Το δενδρολίβανο είναι ένα αειθαλές θαμνώδες φυτό, το οποίο μπορεί να φτάσει ακόμα και τα 2 μέτρα ύψος. Ο κορμός του είναι ξυλώδης και διακλαδίζεται από την βάση του, ενώ τα φύλλα του είναι βελονοειδή και ευθύγραμμα. Η ταξιανθία του είναι σταχυοειδής με άνθη χρώματος συνήθως μπλε. Τα άνθη φύονται από την μασχάλη των φύλλων, ενώ ο καρπός είναι τετραχαίνιο, μικρός λείος με καφετί χρώμα (Δόρδας, 2012). Τα φύλλα του είναι δερματώδη, γραμμοειδή, άμισχα, χρώματος σταχτοπράσινου και τα άνθη ασπρογάλαζα ενωμένα όλα μαζί στις μασχάλες των φύλλων. Περιέχει αδενικές και μη αδενικές τρίχες τόσο στην πάνω όσο και στην κάτω επιφάνεια όπου στην κάτω επιφάνεια οι μη αδενικές τρίχες είναι κοντές και κατσαρές και σχηματίζουν πυκνό χνούδι. Η συνολική χλωροφύλλη του φυτού που περιέχεται

στα φύλλα είναι 0,5325 mg/g νωπού βάρους. (Παπαδοπούλου, 2012). Η κύρια ανθοφορία του φυτού στην Ελλάδα γίνεται νωρίς την άνοιξη, τους μήνες Απρίλιο με Μάιο και η δεύτερη ανθοφορία το φθινόπωρο, τους μήνες Οκτώβριο – Νοέμβριο (Μαλούπα κ.α., 2013). Οι περίοδοι ανθοφορίας καθορίζουν και τις περιόδους συγκομιδής.

1.6. Καλλιέργεια του δενδρολίβανου

1.6.1 Κλιματικές απαιτήσεις

Γενικά το δενδρολίβανο είναι φυτό το οποίο αναπτύσσεται σε περιοχές όπου επικρατεί ήπιο θερμό και ψυχρό κλίμα. Το καταλληλότερο κλίμα για την ανάπτυξη του είναι αυτό των περιοχών με έντονη ηλιοφάνεια όπως συμβαίνει στις περισσότερες περιοχές της χώρας μας. Μπορεί να καλλιεργηθεί σε πεδινές περιοχές με υψόμετρο μέχρι 600 μέτρων (Δόρδας 2012). Είναι φυτό ανθεκτικό τόσο στις χαμηλές θερμοκρασίες όσο και στις υψηλές. (Παπαδοπούλου, 2012). Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται στις χαμηλές θερμοκρασίες και στους χειμερινούς παγετούς, οι οποίοι επιδρούν καθοριστικά στην ανάπτυξη του φυτού. (Κατσιώτης & Χατζοπούλου, 2010).

1.6.2 Εδαφικές απαιτήσεις

Το δενδρολίβανο μπορεί να καλλιεργηθεί τόσο σε όξινα όσο και σε αλκαλικά εδάφη με τιμή pH να κυμαίνεται από 4,5 έως 8,5 (Δόρδας 2012). Η τιμή του εδαφικού pH επιδρά στην σύσταση του αιθέριου ελαίου, και πιο συγκεκριμένα όταν το δενδρολίβανο καλλιεργείται σε αλκαλικά εδάφη το αιθέριο έλαιο αναδεικνύεται πιο καμφορούχο. Σε περιοχές οι οποίες είναι άγονες και άνυδρες και σε εδάφη αμμώδη και χαλικώδη τα φυτά έχουν έντονο άρωμα, αφού σε αυτές τις περιοχές προσαρμόζονται καλύτερα εξαιτίας της δομής των φύλλων. Σε εδάφη τα οποία είναι εύφορα το φυτό είναι πιο εύρωστο αλλά λιγότερο αρωματικό (Κατσιώτης και Χατζοπούλου, 2010). Σύμφωνα με το Γεωτεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος (ΓΕΩΤ.Ε.Ε.) σε ενημερωτικό του έντυπο με τίτλο «Τα αρωματικά φυτά στον Ελλαδικό χώρο», το δενδρολίβανο αναπτύσσεται κανονικά σε μη ασβεστούχα εδάφη, με τιμή pH κοντά στο 5.5, ενώ η καλλιέργεια ευνοείται περισσότερο σε ασβεστούχα εδάφη με pH γύρω στο 7 (ΓΕΩΤΕΕ, 2016). Το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (2016) προτείνει για την καλλιέργεια δενδρολίβανου για καλλωπιστικούς σκοπούς να τοποθετείται σε εδάφη καλά στραγγισμένα και σε φωτεινές θέσεις.

1.6.3 Προετοιμασία αγρού

Η προετοιμασία των αγροτεμαχίων για την καλλιέργεια των Αρωματικών και Φαρμακευτικών φυτών στα περισσότερα είδη είναι η ίδια (Μαλούπα κ.α., 2013). Με το όργωμα επιδιώκεται το σπάσιμο των τυχόν αδιαπέραστων από το νερό βαθύτερων στρωμάτων του εδάφους, η καταπολέμηση πολυετών και ετήσιων ζιζανίων, η καταστροφή υπολειμμάτων που υπήρχαν από την προηγούμενη καλλιέργεια, καθώς και η ισοπέδωση της επιφανείας (Μαλούπα κ.α., 2013). Στην περίπτωση του δενδρολίβανου κατά τους Κατσιώτη και Χατζοπούλου (2010) η καλλιέργεια απαιτεί πολύ καλή προετοιμασία του αγρού, όργωμα, έτσι ώστε να μπορέσει το φυτό, ως πολυετές, να ριζώσει καλά αφού οι ρίζες του είναι εκτεταμένες και αναπτύσσονται σε βάθος. Στη συνέχεια, ακολουθούν εργασίες όπως η ισοπέδωση του αγρού με καλλιεργητή και το ψιλοχωμάτισμα του εδάφους με φρέζα ώστε το έδαφος να έχει λεπτή και συμπαγή δομή (Μαλούπα κ.α., 2013).

1.6.4 Φύτευση

Όπως αναφέρθηκε, ο πολλαπλασιασμός του δενδρολίβανου πραγματοποιείται κυρίως με μοσχεύματα. Συγκεκριμένα, όταν τα μοσχεύματα αναπτυχθούν σε ύψος περίπου 15 εκ. τότε είναι έτοιμα για μεταφύτευση στον αγρό. Η μεταφύτευση των μοσχευμάτων γίνεται είτε το φθινόπωρο ή την άνοιξη μετά τον κίνδυνο των ανοιξιάτικων παγετών.

1.6.5 Άρδευση

Το υδατικό στρες και η γενικότερη έλλειψη νερού αποτελούν έναν από τους πιο δεσμευτικούς παράγοντες που περιορίζουν την ανάπτυξη και την παραγωγικότητα πολλών καλλιεργειών σε παγκόσμιο επίπεδο (Singh & Goswamy, 2000). Η άρδευση αποτελεί σημαντική εισροή για την ανάπτυξη του δενδρολίβανου (Singh & Goswamy, 2000). Η παρατήρηση και αναγνώριση των σταδίων ανάπτυξης του φυτού και της συγκεκριμένης ποικιλίας στις εκάστοτε τοπικές κλιματολογικές και εδαφολογικές συνθήκες είναι η βάση στην οποία μπορεί να στηριχθεί ένα πρόγραμμα αρδεύσεων με σκοπό την αυξημένη παραγωγικότητα και την σωστή χρήση των υδατικών πόρων (Puttanna *et al*, 2010; Mahal & Sidhu, 2006). Ο Κουτσός (2006) αναφέρει πως η καλλιέργεια επιβιώνει και ως ξηρική καθώς παρουσιάζει αντοχή στην ξηρασία ενώ οι Κατσιώτης και Χατζοπούλου (2010) αναφέρουν πως είναι αναγκαία η άρδευση μετά την φύτευση και επικουρική η άρδευση επαναληπτικά σε περιόδους ξηρασίας. Έχουν πραγματοποιηθεί κάποιες μελέτες που αφορούν σε καλλιεργητικές πρακτικές του

δενδρολίβανου αλλά οι αγρονομικές και φυσιολογικές αντιδράσεις του φυτού σε διαφορετικά επίπεδα άρδευσης δεν έχουν καταγραφεί επαρκώς (Nicola's *et al.*, 2008). Πειράματα αγρού στην Αίγυπτο έδειξαν πως η άρδευση ανά 14 ημέρες αύξησε σημαντικά την παραγωγή ξηρής δρόγης και αιθέριου ελαίου σε σχέση με τον μη αρδευόμενο μάρτυρα (Kandee, 2001) ενώ στην ίδια χώρα κατά τη διάρκεια πολλαπλών κοπών σε πείραμα αγρού φάνηκε πως η έκθεση φυτών δενδρολίβανου σε υδατικό στρες οδήγησε σε μείωση πολλών παραμέτρων ανάπτυξης των φυτών (Leithy *et al.*, 2006). Η έρευνα των Farooqi και Sreeramulu στην Ινδία (2001) ισχυρίστηκε πως σε καλλιέργεια δενδρολίβανου η άρδευση ανά 7 ημέρες ήταν επαρκής για ικανοποιητικές παραγωγές. Τέλος, φαίνεται πως η πρακτική της υδρολίπανσης με υδατοδιαλυτά λιπάσματα αύξησαν σημαντικά τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας στην ίδια χώρα (Vasundhara *et al.*, 2002).

1.6.6 Λίπανση

Ο πιο ορθός τρόπος για τις ανάγκες λίπανσης των καλλιεργούμενων φυτών είναι η εδαφολογική εξέταση όπου από την ανάλυση του εδάφους θα ελεγχθούν τόσο οι ελλείψεις όσο και οι περισσεύσεις των ανόργανων θρεπτικών στοιχείων. Μέσω της εδαφολογικής εξέτασης μπορεί να αξιολογηθεί η θρεπτική κατάσταση του εδάφους, η σύσταση του και οι τυχόν επεμβάσεις που κρίνονται αναγκαίες. Πιο συγκεκριμένα, το δενδρολίβανο, ανταποκρίνεται καλά σε προσθήκη αζώτου όταν η λίπανση πραγματοποιείται μετά τη συγκομιδή, ώστε να βοηθηθεί η επανεκκίνηση της ανάπτυξης του φυτού κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Η λίπανση σε συμβατικές καλλιέργειες δενδρολίβανου αρχίζει το χειμώνα, ενσωματώνοντας μικτό λίπασμα 10 μονάδων Αζώτου – Φωσφόρου – Καλίου ενώ οι Μαλούπα κ.α. (2013) υποστηρίζουν ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί βασική λίπανση 50 kg/στρ. σύστασης 11(N)-15(P)-15(K). Οι Κατσιώτης και Χατζοπούλου (2013) προτείνουν η λίπανση να γίνεται κατά την προετοιμασία του αγρού με τη χρήση κοπριάς εάν το έδαφος είναι ανεπαρκές σε οργανική ύλη και πριν την μεταφύτευση να ενσωματώνονται 6 με 8 κιλά αζώτου ανά στρέμμα. Για τα επόμενα χρόνια που θα παραμείνει η καλλιέργεια στον αγρό προτείνονται 6 με 8 κιλά N και P₂O₅ καθώς και 8 με 10 κιλά K₂O. Επίσης, οι Singh and Ramesh (2000), Singh (2004) απέδειξαν ότι το δενδρολίβανο ανταποκρίνεται στην αζωτούχο λίπανση η οποία οδηγεί σε αυξημένη παραγωγή δρόγης. Οι Leithy *et al.* (2006) έδειξαν ότι το ποσοστό των θρεπτικών στοιχείων του αζώτου του φωσφόρου και του καλίου στο δενδρολίβανο επηρεάζονται από τον τύπο του εδάφους, το σύστημα άρδευσης κ.α. Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά στη συγκέντρωση του αζώτου, αυξήθηκε κατά 12,7% όταν εφαρμόστηκε άρδευση κάθε δύο εβδομάδες σε αργιλώδη εδάφη και όταν εφαρμόστηκε άρδευση κάθε μια εβδομάδα σε αμμώδη

εδάφη. Σε μια πιο πρόσφατη και πιο γενική έρευνα, οι Seyede Roghaye Hosseini and Sobhanallah (2015) έδειξαν ότι στο δενδρολίβανο τόσο τα οργανικά όσο και τα χημικά λιπάσματα σε διάφορα επίπεδα αύξησαν σημαντικά τα παραγωγικά χαρακτηριστικά του φυτού καθώς και την περιεκτικότητά του σε αιθέριο έλαιο. Κατά τον Δόρδα (2012) για συμβατική καλλιέργεια προτείνονται 10 μονάδες αζώτου. Η λίπανση αρχίζει από το χειμώνα, σε μία ή περισσότερες δόσεις, με την πρώτη δόση να εφαρμόζεται κατά το τέλος Ιανουαρίου έως τέλος Φεβρουαρίου. Το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων προτείνει πιο συγκεκριμένα για παραγωγή καλλωπιστικού δενδρολίβανου να πραγματοποιούνται 2-3 λιπάνσεις στο διάστημα της έντονης ανάπτυξης των φυτών η οποία είναι από το Μάιο μέχρι το Σεπτέμβριο (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2016). Ενώ οι Abdelaziz *et. al* (2007), απέδειξαν ότι η εφαρμογή κομπόστ στο έδαφος σε συνδυασμό με εμβάπτιση του φυτού με διάφορους μικροοργανισμούς, κυρίως βακτήρια (*Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megaterium*), πριν την φύτευση είχε καλύτερα αποτελέσματα στην ανάπτυξη του φυτού συγκριτικά με την εφαρμογή μικτού N-P-K λιπάσματος. Οι Singh και Guleria (2012), στην Ινδία σε συνθήκες αγρού, με την εφαρμογή σύνθετου λιπάσματος (N-P-K) σε ποσότητες 20 kg στρ⁻¹ N - 5 kg στρ⁻¹ P, 5kg στρ⁻¹ K, το δενδρολίβανο είχε το μεγαλύτερο βάρος (186,5 gr), την μέγιστη απόδοση (900 kg στρ⁻¹). Τέλος, καταλήγουν ότι η εφαρμογή 0,8 τόνων οργανικού χούμου ανά στρέμμα προερχόμενου από την αποδόμηση υλικών από γαιοσκώληκες σε συνδυασμό με λίπασμα NPK (15:2, 5:2,5 kg στρ⁻¹) παρατηρήθηκε μέγιστη απόδοση σε χλωρή δρόγη και αιθέριο έλαιο σε ημι-άνυδρες τροπικές συνθήκες της Ινδίας. Στην Σαρδηνία της Ιταλίας, σε πειράματα αγρού, αποδείχθηκε πως 8 kg στρ⁻¹ N αύξησαν σημαντικά τη χλωρή δρόγη του δενδρολίβανου (Milia *et al.*, 1996). Σε πιο πρόσφατη έρευνα, οι Tawfeeq *et al* (2015) απέδειξαν ότι η εφαρμογή οργανικού λιπάσματος αποτελούμενου από φύκια υπερείχε στατιστικά σημαντικά σε σχέση με την ανόργανη λίπανση στο δενδρολίβανο. Πιο συγκεκριμένα, η ανόργανη λίπανση που εφαρμόστηκε μέσω του εδάφους είχε την καλύτερη επίδραση στην αύξηση της βιομάζας του δενδρολίβανου, ενώ η απόδοση σε αιθέριο έλαιο αυξήθηκε σε μικρό ποσοστό με την οργανική λίπανση σε σχέση με την ανόργανη.

1.6.7 Αντιμετώπιση ζιζανίων

Η αντιμετώπιση των ζιζανίων αποτελεί τη βασική φροντίδα προστασίας του φυτού. Τα ζιζάνια ανταγωνίζονται τα φυτά σε θρεπτικά και νερό οπότε χρειάζεται να αντιμετωπίζονται όσο πιο αποτελεσματικά γίνεται. Για το δενδρολίβανο τα ζιζάνια αποτελούν πρόβλημα τον πρώτο και το δεύτερο χρόνο της καλλιεργητικής περιόδου. Μετά το δεύτερο χρόνο το φυτό αναπτύσσει

μεγάλο όγκο και φυλλική επιφάνεια και μπορεί να αντιμετωπίσει τα ζιζάνια. Η αντιμετώπιση τους μπορεί να γίνει με έναν από τους παρακάτω τρόπους:

i) Καλή προετοιμασία του εδάφους

Πριν την φύτευση του δενδρολίβανου χρειάζεται ένα βαθύ όργωμα ώστε να έρθουν στην επιφάνεια οι σπόροι των ζιζανίων και μετά ακολουθεί ένα φρεζάρισμα πριν την εγκατάσταση της καλλιέργειας.

ii) Καλλιεργητικά μέτρα

Περιλαμβάνουν την αμειψισπορά, την καλή προετοιμασία του αγρού με το όργωμα και την ορθή χρήση του νερού και του λιπάσματος. Κατά τον Δόρδα (2012), για την άρδευση να πραγματοποιούνται 3 ποτίσματα κατά την καλλιεργητική περίοδο και για την λίπανση να ενσωματώνονται 10 μονάδες αζώτου- φωσφόρου- καλίου. Επιπλέον, το σκάλισμα αν και αποτελεί παλιά μέθοδο καταπολέμησης, προτείνεται για την αντιμετώπιση των ζιζανίων (Δόρδας, 2012).

iii) Κάλυψη του εδάφους

Κατά τον Ελευθεροχωρινό (2008), η κάλυψη του εδάφους αποσκοπεί κυρίως στην μείωση των απωλειών της υγρασίας και στην άνοδο της θερμοκρασίας του εδάφους με σκοπό την πρόωμη ανάπτυξη των καλλιεργούμενων φυτών. Αποτελεί μέθοδο κατά την οποία το έδαφος καλύπτεται με πριονίδι, άχυρο, φυτικά υπολείμματα ή φύλλα πολυαιθυλενίου. Ενώ για την περίπτωση του δενδρολίβανου κατά τους Hoeberechts *et al* (2004), η κάλυψη με φυτικά υπολείμματα ή φύλλο πολυαιθυλενίου αποτελεί την καλύτερη μέθοδο αντιμετώπισης των ζιζανίων.

iv) Βιολογική μέθοδος

Γίνεται με τη χρήση οργανισμών ή φυτών με αλληλοπαθητική δράση με σκοπό την καταπολέμηση των ζιζανίων (Ελευθεροχωρινός, 2008).

v) Χημική μέθοδος

Γίνεται με την χρήση δραστικών ουσιών που περιέχονται στα γεωργικά φυτοφάρμακα και πιο συγκεκριμένα για την καλλιέργεια του δενδρολίβανου μόνο μια δραστική ουσία έχει έγκριση από το Υπουργείο Γεωργικής Ανάπτυξης και Τροφίμων το Linuron. Σύμφωνα με την ετικέτα του σκευάσματος είναι ένα προφυτρωτικό και μεταφυτρωτικό ζιζανιοκτόνο για την καταπολέμηση τόσο μονοετών πλατύφυλλων όσο και αγωστωδών ζιζανίων. Η δραστική του

ουσία δρα τόσο μέσω του φυλλώματος όσο και της ρίζας των ζιζανίων, ενώ η υπολειμματική του δράση στο έδαφος υπολογίζεται σε 3 με 6 μήνες. Από βιοχημικής άποψης, το ζιζανιοκτόνο δρα στο Φωτοσύστημα II της φωτοσυνθετικής μονάδας.

1.6.8 Συγκομιδή

Η περίοδος συγκομιδής καθορίζεται από το επιθυμητό προϊόν που θα συγκομισθεί. Επειδή η καλλιέργεια είναι πολυετής, η συγκομιδή γίνεται από το δεύτερο έτος της εγκατάστασης της καλλιέργειας ενώ το φυτό μπαίνει στην πλήρη παραγωγή κατά το τρίτο έτος. Η καταλληλότερη περίοδος για συγκομιδή δρόγης είναι όταν τα φυτά βρίσκονται στο στάδιο της έναρξης της ανθοφορίας γιατί τότε η περιεκτικότητα των φύλλων σε αιθέριο έλαιο είναι υψηλότερη. Στην Ελλάδα, μπορούν να πραγματοποιηθούν δύο με τρεις συγκομιδές ανά έτος με την πρώτη να γίνεται περίπου τον Μάιο, η δεύτερη τέλος Ιουλίου και η τρίτη αρχές Οκτωβρίου. Για παραγωγή αιθερίου ελαίου, η συγκομιδή γίνεται στη φάση της πλήρους ανθοφορίας και ο λόγος είναι η υψηλή περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο κατά την περίοδο αυτή (Μαλούπα κ.α. 2013). Επιπλέον, κατά τον Παπαδόπουλου (2012), η αναλογία ξηρό προς χλωρό βάρος είναι μεγαλύτερη κατά τους χειμερινούς μήνες ιδιαίτερα το Δεκέμβριο- Ιανουάριο.

1.6.9 Επεξεργασία φυτικού υλικού

Από το δενδρολίβανο λαμβάνουμε χλωρή, ξηρή δρόγη καθώς και αιθέριο έλαιο.

i) Παραγωγή χλωρής δρόγης:

Η συγκομιδή στην συγκεκριμένη περίπτωση πρέπει να γίνεται όταν τα φυτά βρίσκονται στην νέα φάση αναβλάστησης δηλαδή όταν οι βλαστοί είναι μικροί και πράσινοι οπότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην μαγειρική.

ii) Παραγωγή ξηρής δρόγης

Η καλλιέργεια συγκομίζεται πριν την έναρξη της ανθοφορίας και ο λόγος είναι η δημιουργία προϊόντας το οποίο θα περιέχει μόνο αποξηραμένα φύλλα και όχι άνθη. Το διεθνές πρότυπο ISO 11164:1995 περιγράφει τις ποιοτικές απαιτήσεις τις οποίες πρέπει να έχει ένα αποξηραμένο προϊόν δενδρολίβανου. Μετά τη συγκομιδή και εάν το προϊόν δεν προορίζεται για χλωρή δρόγη, είναι αναγκαίο να ξηρανθεί. Η ξήρανση στην περίπτωση όπου δεν υπάρχει

κεντρική μονάδα ξήρανσης πρέπει να πραγματοποιείται σε θερμοκρασία γύρω στους 30°C με 40°C , σε καλά αεριζόμενους χώρους, σε σκιερό χώρο. Στην περίπτωση κατά την οποία η ξήρανση γίνεται σε ξηραντήριο τότε η θερμοκρασία θα πρέπει να είναι από 40°C έως 50°C. Μετά την ξήρανση, η αποθήκευση του φυτικού υλικού πρέπει να γίνεται μακριά από το φως και την υγρασία (Κατσιώτης & Χατζοπούλου 2010; Παπαδοπούλου 2012).

1.6.10 Αποδόσεις

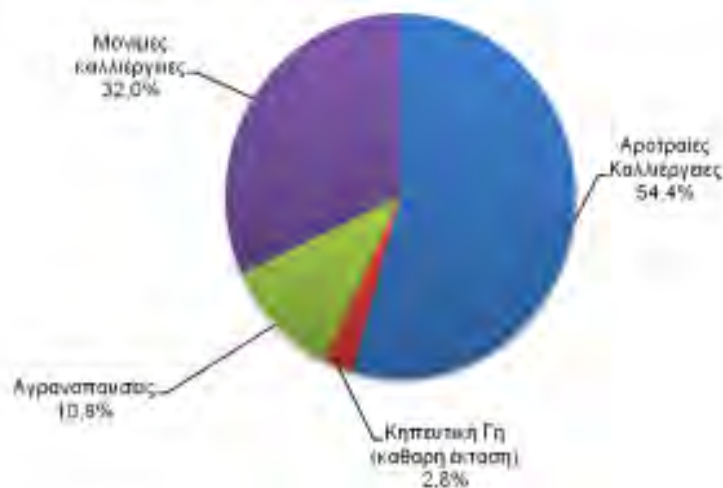
Κατά τους Κατσιώτη και Χατζοπούλου (2010), οι αποδόσεις δεν είναι σταθερές και επηρεάζονται από παράγοντες όπως είναι η ποικιλία, η περιοχή, η περίοδος συγκομιδής, το στάδιο ανάπτυξης των φυτών. Η παραγωγή χλωρού δενδρολίβανου είναι της τάξης των 800 έως 1000 κιλά ανά στρέμμα. Κατά τη Μαλούπα (2013), το δενδρολίβανο σε νωπό βάρος μπορεί να φτάσει τα 900 κιλά ανά στρέμμα ενώ 1 κιλό ξηρού βάρους του φυτού αντιστοιχεί σε 3 κιλά χλωρού βάρους και η ετήσια στρεμματική απόδοση κυμαίνεται από 250 με 350 κιλά ξηρής δρόγης

(Πηγή:http://www.agronews.gr/files/1/PDF/entheta_pdf/Smarts_Crops_06_14.pdf). Η φυτεία μπορεί να έχει οικονομική ζωή 15-20 χρόνια (Μαλούπα, 2013).

1.7. Οικονομικά στοιχεία

Αρχικά, περίπου 4000 με 6000 φυτικά υλικά θεωρείται ότι έχουν εμπορική σημασία, ενώ στην αγορά της Ευρώπης χρησιμοποιούνται δυο χιλιάδες είδη αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών. (Κατσιώτης & Χατζοπούλου, 2010). Όσον αφορά στο παγκόσμιο εμπόριο η συνολική τους αξία ανέρχεται στα 20 δις δολάρια. Κυρίαρχο ρόλο τόσο στην παραγωγή όσο και στην εξαγωγή προϊόντων από αρωματικά φυτά παίζουν η Κίνα, η Ινδία, η Βραζιλία (Δόρδας, 2012). Η Ευρώπη, καταλαμβάνει το 38% της παγκόσμιας αγοράς, με την Γερμανία να κυριαρχεί με ποσοστό 42% της Ευρωπαϊκής αγοράς. Η αμέσως επόμενη χώρα είναι η Γαλλία, μετά η Ιταλία και τέλος η Αγγλία. Η Ελλάδα παρά τις δυνατότητες τις οποίες έχει, καταλαμβάνει την 11^η θέση συγκριτικά με το σύνολο των 16 Ευρωπαϊκών χωρών.

Αρχικά, οι καλλιεργούμενες εκτάσεις της Ελλάδας ανέρχονται στα 40 εκ. στρέμματα από τα οποία οι αροτραίες καλλιέργειες καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο μερίδιο με ποσοστό 54,4%. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν και τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά. Στη συνέχεια ακολουθούν οι μόνιμες καλλιέργειες (32%), αγρανάπαυση (10,8%) και η κηπευτική γη (2,8%) (Γράφημα 1.1).



Γράφημα 1.1. Ποσοστιαία κατανομή (%) της καλλιεργούμενης γεωργικής γης στην Ελλάδα κατά κατηγορίες για το 2013 (ΕΛΣΤΑΤ, 2016).

Από τις αροτραίες καλλιέργειας μόνο το 0,05% καταλαμβάνουν τα αρωματικά φυτά. Συγκεκριμένα, η καλλιεργούμενη έκταση στην Ευρώπη ανέρχεται στις 20 χιλιάδες στρέμματα και η Ελλάδα κατατάσσεται στην 11^η θέση συγκριτικά με τις 16 Ευρωπαϊκές χώρες όσον αφορά στην παραγωγή αρωματικών φυτών. Ενθαρρυντικό είναι το γεγονός ότι η συγκεκριμένη κατάσταση φαίνεται να παρουσιάζει αυξητική τάση αν αναλογιστεί κανείς ότι καλλιεργούνται πάνω από 112 φυτικά είδη από τα οποία τα 68 χαρακτηρίζονται ως μελισσοτροφικά (Μαλούπα κ.α., 2013). Πιο συγκεκριμένα, οι γεωργικές εκμεταλλεύσεις των αρωματικών φυτών στο σύνολο της χώρας το 2007 ανέρχονταν σε 1.753 και οι καλλιεργούμενες εκτάσεις σε 20.854,8 στρ. ενώ το έτος 2005 ήταν 1.410 και 15.489,8 στρ. αντίστοιχα. (ΕΛΣΤΑΤ, 2005, 2007). Στην περιφέρεια της Θεσσαλίας, η καλλιέργεια των αρωματικών φυτών ανέρχεται σε 1.618 στρέμματα καταλαμβάνοντας την 11^η θέση από τα καλλιεργούμενα φυτά της περιφέρειας (ΙΕΤΕΘ & ΕΚΕΤΑ, 2013). Τα σημαντικότερα καλλιεργούμενα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά στην Ελλάδα, είναι η ρίγανη με έκταση 8000 στρ., ο κρόκος με 7500 στρ. (Δόρδας, 2012) ενώ ακολουθούν τσάι του βουνού, δίκταμος, μάραθος, γλυκάνισος.

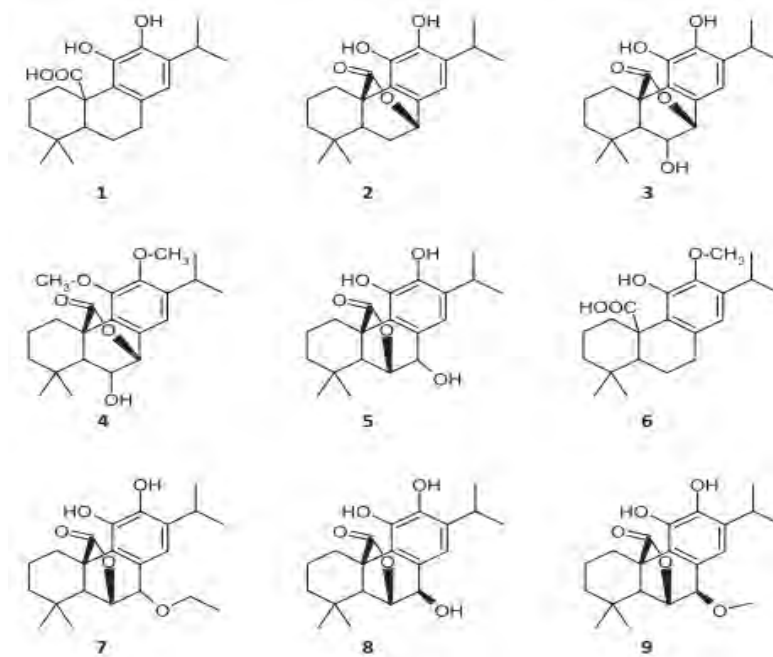
1.8 Χρήση του δενδρολίβανου στη βιομηχανία τροφίμων

Τα εκχυλίσματα δενδρολίβανου χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία τροφίμων πάνω από 20 χρόνια. Τα πρώτα εκχυλίσματα χρησιμοποιούνται με τη μορφή αποστάγματος το οποίο προστίθεται κυρίως σε γλυκά με την πρόφαση της προσθήκης γεύσης αλλά με πραγματικό σκοπό την συντήρηση των προϊόντων. Σήμερα στη βιομηχανία τροφίμων χρησιμοποιείται

ευρέως το καρνοσικό οξύ. Βασική πηγή καρνοσικού οξέος έχει αποδειχθεί πως είναι οι φυτικοί ιστοί του δενδρολίβανου.

Το καρνοσικό οξύ ανακαλύφθηκε πρωτίστως από την έρευνα του Linde που αφορούσε στο φασκόμηλο (*Salvia officinalis* L.) (Linde, 1964). Αργότερα οι Wenkert *et al* (1965) συνάντησαν το καρνοσικό οξύ σε αρκετά μεγαλύτερες συγκεντρώσεις (3% περιεκτικότητα κατά βάρος σε αεροξηραμένα φύλλα) στο δενδρολίβανο. Έκτοτε αναπτύχθηκαν διάφορες ποικιλίες με μεγάλη συγκέντρωση καρνοσικού οξέος (4-10% περιεκτικότητα κατά βάρος σε αεροξηραμένα φύλλα) όπως οι: VAU3, Daregal, Farinole, 4 English, Severn Seas, Miss Jessops Upright, 1 English, και Lighthorne (Wellwood & Cole, 2004). Το ίδιο μόριο του καρνοσικού οξέος έχει βρεθεί και σε άλλα είδη του γένους *Salvia* αλλά και σε άλλα γένη της οικογένειας των Lamiaceae (Luis, 1991).

Το καρνοσικό οξύ είναι ένα φαινολικό διτερπένιο με την εξής φόρμουλα: $C_{20}H_{28}O_4$. Ανήκει σε μια ευρύτερη κλάση που περικλείει πάνω από 50.000 δευτερογενείς μεταβολίτες φυτών οι οποίοι ονομάζονται τερπένια (Hill & Connolly, 2013). Καθώς το καρνοσικό οξύ αποτελεί μια φαινολική ομάδα πολλές φορές κατηγοριοποιείται στις πολυφαινόλες. Παρ' όλα αυτά η κατανομή στα κύτταρα, η βιοσυνθετική του διαδρομή αλλά και οι διαλυτικές του ιδιότητες το διαφοροποιούν από την πλειονότητα των πολυφαινολικών κλάσεων και προσομοιώνει τις ιδιότητες των τερπενίων όπως οι τοκοφερόλες και τα καροτενοειδή.



Εικόνα 1.2. Χημικές δομές του καρνοσικού οξέος και άλλων παρεμφερών φαινολικών διτερπενίων: **1** καρνοσικό οξύ; **2** καρνοσόλη; **3** isorosmanol; **4** 11,12-di-O-methylisorosmanol; **5** rosmanol; **6** 12-O-methylcarnosic acid; **7** rosmanol-9-ethyl ether; **8** epirosmanol; **9** 7-methyl-epirosmanol.

Η περιεκτικότητα του καρνοσικού οξέος σε φυτικούς ιστούς φαίνεται πως δεν επηρεάζεται μόνο από το γενετικό προφίλ του φυτού αλλά και από τις συνθήκες ανάπτυξης υπό τις οποίες το φυτό μεγαλώνει (Tounekti & Munné-Bosch, 2012).

Πρόσφατα οι Tounekti και Munné-Bosch (2012) ερεύνησαν τη βιολογία των φαινολικών διτερπενίων και εστίασαν σε φυσιολογικούς, αντι για γενετικούς, παράγοντες που επηρεάζουν την περιεκτικότητα του καρνοσικού οξέος στο δενδρολίβανο και το φασκόμηλο με σκοπό την αύξηση των επιπέδων αυτών στα φυτά αλλά και στα φυτικά τους προϊόντα. Η έρευνα τους είχε τα παρακάτω συμπεράσματα

- Φυτά δενδρολίβανου που εκτέθηκαν σε αυξημένα επίπεδα ακτινοβολίας UV-παρουσίασαν μεγαλύτερες περιεκτικότητες καρνοσικού οξέος σε σχέση με τον μάρτυρα.
- Η υδατική και θερμοκρασιακή καταπόνηση, η αλατότητα και η έντονη ακτινοβολία φάνηκε πως επηρεάζουν αρνητικά τις συγκεντρώσεις του καρνοσικού οξέος.
- Όταν όμως στα φυτά οι παραπάνω καταπονήσεις ήταν παρούσες αλλά υπήρξε συμπληρωματική ενίσχυση των φυτών (με μικρές ποσότητες λιπασμάτων) τα επίπεδα του καρνοσικού οξέος ήταν μεγαλύτερα από τα φυτά που δεν δέχτηκαν καταπονήσεις και ενίσχυση.

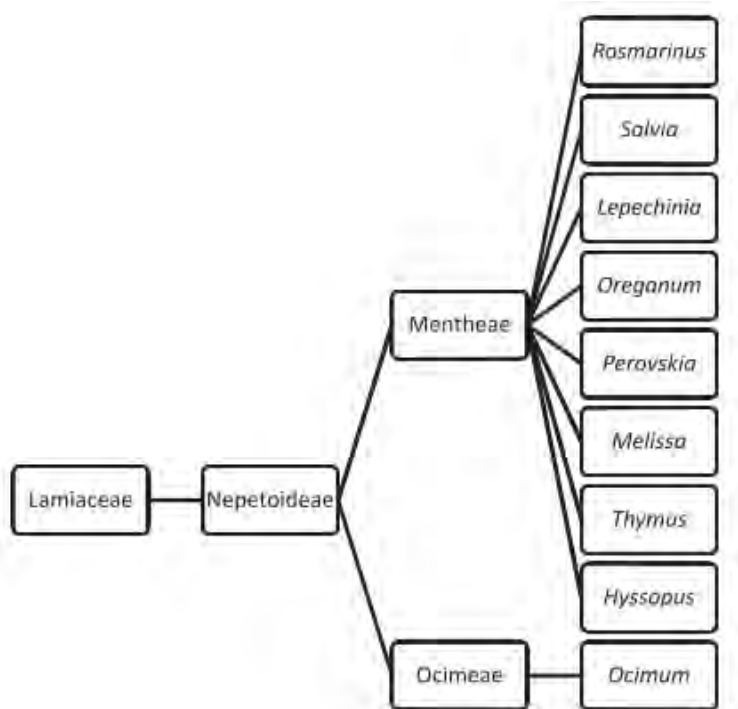
1.8.1 Ταξινομική, μορφολογική και ενδοκυτταρική κατανομή του καρνοσικού οξέος.

i) Ταξινομική κατανομή

Μέχρι σήμερα το καρνοσικό οξύ έχει ανιχνευθεί σε συγκεκριμένα είδη και όλα τους ανήκουν στην οικογένεια Lamiaceae (χειλανθή) (Achour et al., 2012; Hossain et al., 2010; Luis and Johnson, 2005; Bruno et al., 1991; Djarmati et al., 1991; Luis, 1991; Brieskorn and Dumling, 1969) (Εικ. 1.3). Μέχρι σήμερα έχει βρεθεί καρνοσικό οξύ σε μόλις 5 από τα 70 γένη Menthae τα οποία είναι τα εξής: *Salvia* (Brieskorn & Dumling, 1969), *Rosmarinus* (Luis & Johnson, 2005), *Lepechinia* (Bruno et al., 1991), *Oreganum* (Hossain et al., 2010) και *Thymus* (Achour et al., 2012) ενώ ίσως είναι παρών στον Ύσσωπο (Djarmati et al., 1991) και στο *Ocimum* (Jayasinghe et al., 2003). Το δενδρολίβανο (*Rosmarinus officinalis* L.) θεωρείται προς στιγμήν πως κατέχει τα πρωτεία σε συγκεντρώσεις καρνοσικού οξέος ενώ ακολουθούν διάφορα είδη του γένους *Salvia*. Η παραλλακτικότητα της περιεκτικότητας του καρνοσικού οξέος μεταξύ γενών αλλά και ειδών είναι μεγάλη. Ενδεικτικά στο γένος *Salvia* 50 από τα 63 είδη που εξετάστηκαν περιείχαν περιεκτικότητες καρνοσικού οξέος με εύρος από 0.1 έως 21.8 mg g⁻¹ ξηρού βάρους (Abreu et al., 2008). Στο δενδρολίβανο η ίδια περιεκτικότητα κυμάνθηκε από 3 έως 50 mg g⁻¹ ξηρού βάρους (Richheimer et al., 1996; Schwarz & Ternes, 1992; Wenkert et

al., 1965) και επηρεάστηκε από παράγοντες όπως ποικιλία, στάδιο ανάπτυξης και περιβαλλοντικές συνθήκες (Munné-Bosch & Alegre, 2000).

Το καρνοσικό οξύ έχει ανιχνευθεί σε μόνο μία οικογένεια φυτών, σε μόλις μία υποοικογένεια (Nepetoideae) των χειλανθών, σε δύο (Mentheae, Ocimeae) από τα 66 φύλα και τέλος σε 9 από τα 220 γένη (Εικ. 1.3). Συνεπώς ένα πολύ μικρό ποσοστό (4%) των χειλανθών φέρουν καρνοσικό οξύ και αυτό είναι κατά πάσα πιθανότητα αποτέλεσμα μιας πολύ συγκεκριμένης εξελικτικής διαδρομής αλλά και έλλειψης έρευνας καθώς πολλά είδη δεν έχουν ακόμα εξεταστεί ως προς την ύπαρξη της συγκεκριμένης ουσίας. Ένα ενδιαφέρον σημείο αποτελεί το γεγονός πως, ενώ το καρνοσικό οξύ φαίνεται να συναντάται μόνο στα χειλανθή, ανήκει στην ίδια ομάδα διτερπενίων μαζί με το αβιετικό οξύ, τα οποία έχει νωρίτερα εμφανισθεί στην εξελικτική ιστορία και συναντάται σε κάποια είδη ρετσινιού στα γυμνόσπερμα (Otto *et al.*, 2002). Η χαρακτηριστική διαφορά του καρνοσικού οξέος είναι οι δύο υδροξυλικές ομάδες που βρίσκονται στις όρθιες θέσεις C11 και C12, κάτι το οποίο συμβάλει σημαντικά στις αντιοξειδωτικές του ιδιότητες (Εικ. 1.2).



Εικόνα 1.3. Το καρνοσικό οξύ συναντάται αποκλειστικά στο φυτικό βασίλειο στην οικογένεια Lamiaceae.

ii) Μορφολογική κατανομή

Το καρνοσικό οξύ δεν κατανέμεται ομοιόμορφα στα μέρη των φυτών και βρίσκεται σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στο υπέργειο μέρος τους. Στο δενδρολίβανο βρίσκεται περισσότερο σε ιστούς που φωτοσυνθέτουν: τα φύλλα, σέπαλα και πέταλα έχουν περιεκτικότητα 10-15 mg, 5-10 mg και <2 mg ανά g χλωρού βάρους αντίστοιχα (del Bano *et al.*, 2003; Luis & Johnson, 2005).

Τα επίπεδα του καρνοσικού οξέος, όπως προαναφέρθηκε, εξαρτώνται από το στάδιο ανάπτυξης των φυτών.

- Η έρευνα των del Bano *et al.* το 2003 στο δενδρολίβανο έδειξε πως εντός 15 ημερών ανάπτυξης του φυτού το ποσοστό του καρνοσικού οξέος αυξήθηκε κατά τρεις φορές στα φύλλα φυτών τριών μηνών και στη συνέχεια μειώθηκε σχεδόν στα αρχικά επίπεδα τα οποία παρέμειναν σταθερά για μήνες.
- Όσον αφορά στο φασκόμηλο, οι Abreu *et al.* το 2008 απέδειξαν πως τα επίπεδα του καρνοσικού οξέος αυξήθηκαν αναλογικά με τον γηρασμό των φυτών.

Τέλος, οι περιβαλλοντικές συνθήκες και η διαθεσιμότητα θρεπτικών έχουν μεγάλη επίδραση στις συγκεντρώσεις καρνοσικού οξέος.

- Κατά τους Luis & Johnson (2005), οι συγκεντρώσεις καρνοσικού οξέος μειώθηκαν όταν οι θερμοκρασίες αυξήθηκαν και οι βροχοπτώσεις μειώθηκαν, παράλληλα με την πτώση του RWC (Relative Water Content) στα φυτά (Munné-Bosch & Alegre, 2003; Munné-Bosch & Alegre, 2000).
- Σε έρευνα των Tounekti *et al.* (2010,2011), η αυξημένη αλατότητα που προκλήθηκε από υψηλά επίπεδα Na^+ μείωσε την ποσότητα του καρνοσικού οξέος στα φύλλα του φασκόμηλου ενώ η προσθήκη K^+ και Ca^{2+} οδήγησε στην αύξηση του.

iii) Ενδοκυτταρική κατανομή

Σε ενδοκυτταρικό επίπεδο, απομονωμένα τριχοειδή φύλλων δενδρολίβανου φάνηκε πως περιέχουν περισσότερο καρνοσικό οξύ από τον υπόλοιπο ιστό των φύλλων (Brückner *et al.*, 2014). Συγγραφείς αναφέρουν ότι ενώ τόσο το καρνοσικό οξύ και η καρνοσόλη συσσωρεύεται στο εσωτερικό των φύλλων, τα τριχοειδή περιέχουν κυρίως καρνοσικό οξύ. Μετά την απομάκρυνση των τριχοειδών, το υπόλοιπο υλικό των φύλλων περιείχαν 40% περισσότερη καρνοσόλη από ότι καρνοσικό οξύ. Από την άλλη πλευρά, τα τριχοειδή που αφαιρέθηκαν περιείχαν κυρίως καρνοσικό οξύ και σχετικά χαμηλές ποσότητες καρνοσόλης. Δυστυχώς, οι συγγραφείς δεν αναφέρουν τις ποσότητες του καρνοσικού οξέος και καρνοσόλης ανά βάρος

τριχοειδών , ή ανά βάρος φύλλου (χωρίς τριχοειδή) . Τα δεδομένα αυτά θα μας διαφωτίζαν σχετικά με τη συμβολή των τριχοειδών στα επίπεδα του καρνοσικού οξέος στο συνολικό υλικό των φύλλων . Ωστόσο , οι συγγραφείς αναφέρουν ότι το καρνοσικό οξύ ήταν περισσότερο από ό, τι η καρνοσόλη σε νεαρά αλλά και μη νεαρά φύλλα δενδρολίβανου και πως στην ποικιλία Alderney μειώθηκε η ποσότητα αυτή κατά 40% με την πάροδο του χρόνου.

Καθώς η καρνοσόλη είναι σχετικά πιο άφθονη στα φύλλα χωρίς τριχοειδή και το καρνοσικό οξύ είναι πιο άφθονο στα φύλλα με τριχοειδή , τα συνολικά ευρήματα δείχνουν ότι σημαντικό μέρος του καρνοσικού οξέος στα φύλλα του δενδρολίβανου θα εντοπίζεται στο τριχοειδή. Ωστόσο , αυτό το συμπέρασμα δεν έχει τεκμηριωθεί καθώς όπως προαναφέρθηκε τα δεδομένα δεν έχουν παρουσιαστεί κατά βάρος.

1.8.2 Το καρνοσικό οξύ ως αντιοξειδωτικό συστατικό

Η αναγνώριση του καρνοσικού οξέος ως το κύριο αντιοξειδωτικό συστατικό του εκχυλίσματος του δενδρολίβανου αποτέλεσε κομβικό σημείο στην πορεία της αναγνωρισμένης –πλέον- χρήσης των εκχυλισμάτων δενδρολίβανου ως συντηρητικό τροφών. Το καρνοσικό οξύ και η καρνοσόλη εκπροσωπούν το 90% των αντιοξειδωτικών ιδιοτήτων του αιθέριου ελαίου του δενδρολίβανου (Aguoma *et al.*, 1992). Οι Richhelmer *et al.* (1999) υποθέτουν πως η αντιοξειδωτική ικανότητα του καρνοσικού οξέος ακολουθεί έναν μηχανισμό παρόμοιο με αυτόν της α-τοκοφερόλης και πως αυτό εξηγείται από την παρουσία των υδροξυλίων στις θέσεις C11 και C12. Σε συνθήκες οξείδωσης το καρνοσικό οξύ και η α-τοκοφερόλη παρουσιάζουν διαφορετικές αντιοξειδωτικές ιδιότητες οι οποίες εξαρτώνται από την σύνθεση λιπιδίων και ακόμη περισσότερο από το είδος των συνθηκών οξείδωσης (Horia *et al.*, 1996; Huang *et al.*, 1996). Σε υψηλότερες θερμοκρασίες (60 °C) η α-τοκοφερόλη δεν είναι τόσο αποτελεσματική στο να εμποδίζει την οξείδωση των λιπιδίων όσο το καρνοσικό οξύ (Huang *et al.*, 1996). Στις ίδιες όμως θερμοκρασίες το καρνοσικό οξύ καταναλώνεται πολύ πιο γρήγορα απ' ότι η α-τοκοφερόλη, κάτι το οποίο δείχνει πως τα προϊόντα οξείδωσης του καρνοσικού οξέος είναι αυτά που συνεισφέρουν στην μεγαλύτερη αντιοξειδωτική απόκριση.

1.8.3 Το καρνοσικό οξύ στις βιομηχανίες τροφίμων, φαρμάκων και καλλυντικών.

Τα εκχυλίσματα δενδρολίβανου χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία τροφίμων πάνω από 20 χρόνια. Τα πρώτα εκχυλίσματα χρησιμοποιούνται με τη μορφή αποστάγματος το οποίο προστίθεται κυρίως σε γλυκά με την πρόφαση της προσθήκης γεύσης αλλά με πραγματικό σκοπό την συντήρηση των προϊόντων. Η αναγνώριση του καρνοσικού οξέος ως το κύριο

αντιοξειδωτικό συστατικό του εκχυλίσματος του δενδρολίβανου αποτέλεσε κομβικό σημείο στην πορεία της αναγνωρισμένης –πλέον- χρήσης των εκχυλισμάτων δενδρολίβανου ως συντηρητικό τροφών.

Τα αποσμησμένα εκχυλίσματα δενδρολίβανου με πιστοποιημένα επίπεδα καρνοσικού οξέος βρίσκονται πλέον ,από το 1990 και μετά, σε συνεχή και οργανωμένη παραγωγή. Μετά από παρακλήσεις της βιομηχανίας τροφίμων, το 2010, τα εκχυλίσματα δενδρολίβανου αναγνωρίστηκαν επίσημα από την Ευρωπαϊκή Ένωση ως πρόσθετα τροφίμων και τους δόθηκε ο κωδικός αριθμός E392 (Commission Directives 2010/67/EU και 2010/69/EU που αντικαταστάθηκαν το 2013 από τους Ευρωπαϊκούς Κανονισμούς 231/2012 και 1333/2008). Σύμφωνα με τα παραπάνω πρωτόκολλα, τα εκχυλίσματα δενδρολίβανου που προορίζονται για χρήση αντιοξειδωτικού τροφίμων θα πρέπει να παράγονται είτε μέσω εκχύλισης με διαλύτη (αιθανόλη, ακετόνη ή αιθανόλη και μετέπειτα εξάνιο) είτε μέσω εκχύλισης με υπερκρίσιμο διοξείδιο του άνθρακα (σε ρευστή μορφή). Σύμφωνα με τον κανονισμό μόνο τα αποσμησμένα εκχυλίσματα δενδρολίβανου που περιέχουν καρνοσικό οξύ και καρνοσόλη μπορούν να θεωρηθούν πρόσθετα τροφίμων. Οι ανώτατες δόσεις του E392 εκφράζονται σε επίπεδα καρνοσικού οξέος και καρνοσόλης. Οι τομείς εφαρμογής είναι τα μείγματα τροφίμων, συμπεριλαμβάνοντας έλαια, ζωικά λίπη, αρτύσιμα προϊόντα, ψάρια και φυσικά κρέας. Τέλος το πρωτόκολλο περιλαμβάνει ένα ακόμα κριτήριο:

$$\frac{\text{Σύνολο } \% \frac{W}{W} \text{ καρνοσικού οξέος και καρνοσόλης}}{\text{Σύνολο } \% \frac{W}{W} \text{ βασικών πτητικών ουσιών αναφοράς}} \geq 15$$

Όπου οι βασικές πτητικές ουσίες αναφοράς είναι οι εξής: το σύνολο των ολικών πτητικών ουσιών στο εκχύλισμα, όπως μετρούνται με αεριοχρωματογραφία-φασματομετρία μάζας, “GC-MSD” (Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 2010).

Η Ευρωπαϊκή Ένωση δεν είναι η μόνη που ενέκρινε τα εκχυλίσματα δενδρολίβανου με σκοπό τη χρήση σε τρόφιμα. Η Ιαπωνία συμπεριλαμβάνει τα εν λόγω εκχυλίσματα στη Λίστα Πρόσθετων Τροφίμων (List of Existing Additives) στη θέση 365. Στην Κίνα, ο κανονισμός GB2760-2011 επιτρέπει την χρήση των ίδιων συστατικών υπό το καθεστώς CNS 04.017. Ένα πολύ ενδιαφέρον στοιχείο είναι πως πολλές χώρες, ανάμεσα τους και οι Η.Π.Α., δεν έχουν ακόμα εγκρίνει τη χρήση των εκχυλισμάτων δενδρολίβανου ως πρόσθετα τροφίμων.

Οι αντιοξειδωτικές ιδιότητες του καρνοσικού οξέος μεταφράστηκαν από την βιομηχανία φαρμάκων σε μέθοδο προστασίας ενάντια στην οξείδωση του ανθρώπινου δέρματος από ακτινοβολία UVA αλλά και αντιμετώπιση ασθενειών όπως κυτόχρωμα-c (Offord *et al.*, 2002; Aruoma *et al.*, 1992). Το καρνοσικό οξύ προερχόμενο από δενδρολίβανο, μετά από πολυάριθμες κλινικές μελέτες (Rajasekaran *et al.*, 2013; Einbond *et al.*, 2012; Tsai *et al.*, 2011; Danilenko & Studzinski, 2004) κατοχύρωσε αντικαρκινικές ιδιότητες ενώ το ίδιο συνέβη για καρνοσικό οξύ προερχόμενο από τα γένη *Salvia* (Kontogianni *et al.*, 2013; Bauer *et al.*, 2012; Hussein *et al.*, 2007; Guerrero *et al.*, 2006; Rau *et al.*, 2006b; Masuda *et al.*, 2002), *Ocimum* (Baliga *et al.*, 2013) αλλά και από το είδος *Perovskia* (Aoyagi *et al.*, 2006).

Διάφορες άλλες έρευνες έχουν δείξει πως φυτικά εκχυλίσματα πλούσια σε καρνοσικό οξύ εμφανίζουν αντιφλεγμονώδη χαρακτηριστικά, που εφαρμόζονται στον τομέα της υγείας (Rajasekaran *et al.*, 2013; Bauer *et al.*, 2012; Hadad & Levy, 2012; Oh *et al.*, 2012; Yanagitai *et al.*, 2012; Kuo *et al.*, 2011; Mengoni *et al.*, 2011; Kamatou *et al.*, 2009; Yu *et al.*, 2009; Poeckel *et al.*, 2008; Kuhlmann & Roehl, 2006; Molnar & Garai, 2005) αλλά και σε καλλυντικά καθώς καταστέλλει τις ιντερλευκίνες αλλά και την απελευθέρωση νιτρικού οξειδίου (Oh *et al.*, 2012). Τα παραπάνω εκχυλίσματα έχουν επίσης αναφερθεί ότι έχουν ιδιότητες που επιτρέπουν την απώλεια βάρους και αποδεικνύονται αποτελεσματικά στη θεραπεία της υπεργλυκαιμίας (Dickmann *et al.*, 2012; Wang *et al.*, 2012; Ibarra *et al.*, 2011; Rau *et al.*, 2006a,b; Tashmukhamedova *et al.*, 1988). Άλλες μελέτες που είχαν σκοπό την ανάπτυξη εφαρμογών έχουν δείξει αντιγηραντικές ιδιότητες του εκχυλίσματος δενδρολίβανου που περιέχει καρνοσικό οξύ καθώς αποτρέπει την οξειδωτική αλλοίωση των λιπιδίων της επιφάνειας του δέρματος (Kosaka, 2012; Calabrese *et al.*, 2000). Τέλος το καρνοσικό οξύ έχει συσχετιστεί με την φροντίδα της στοματικής υγείας καθώς *in vitro* μελέτες έδειξαν πως συνέβαλε στην προστασία μικροοργανισμών που προκαλούν τερηδόνα (Bernardes *et al.*, 2010).

1.9 Σκοπός της εργασίας

Από τα παραπάνω καθίσταται φανερό ότι το δενδρολίβανο μπορεί να αποτελέσει μια νέα λίαν ενδιαφέρουσα εναλλακτική καλλιέργεια για τον Έλληνα παραγωγό και την γεωργική ανάπτυξη της χώρας. Σε μια προσπάθεια εμπλουτισμού των σχετικά λίγων δεδομένων ως προς την αύξηση και παραγωγικότητα του φυτού στη χώρα μας, η παρούσα εργασία εστιάζει στην εγκατάσταση μιας νέας καλλιέργειας δενδρολίβανου υπό μορφή πειράματος αγρού στην Κ. Ελλάδα (περιοχή Ν. Αγχιάλου Μαγνησίας) και την μελέτη των καλλιεργητικών πρακτικών για την βέλτιστη εγκατάσταση και ανάπτυξη της καλλιέργειας (προετοιμασία αγρού, φύτευση, ζιζανιοκτονία, άρδευση, λίπανση, κλπ). Έμφαση δίδεται στην επίδραση της άρδευσης στην

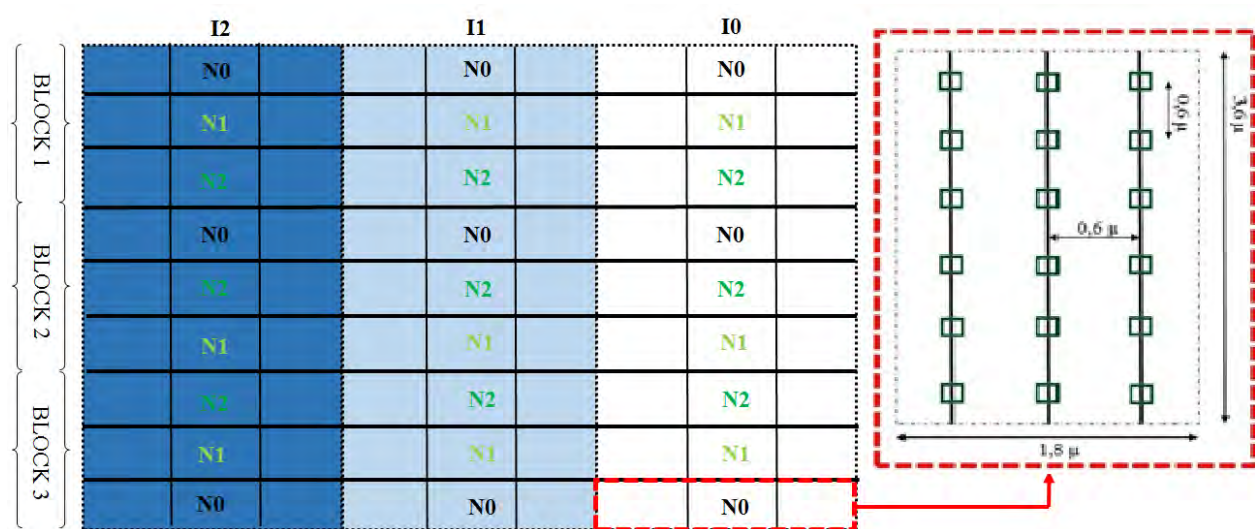
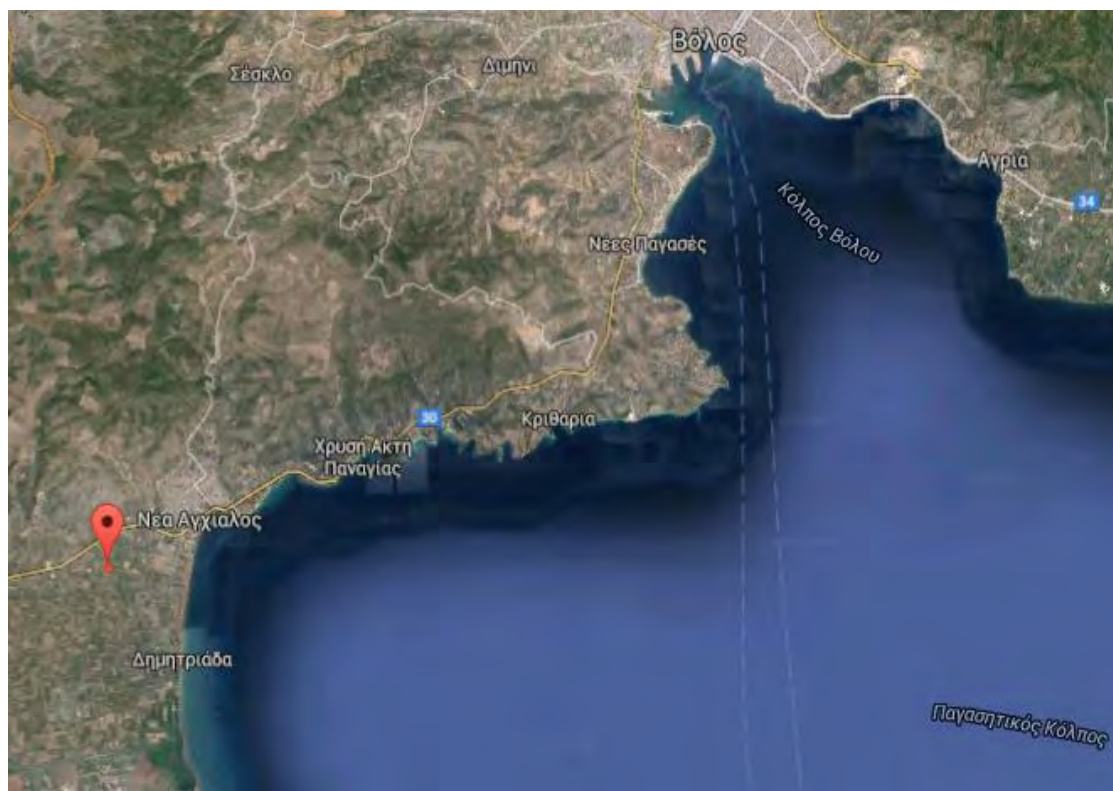
αύξηση και ανάπτυξη του δενδρολίβανου συγκριτικά με ξηρικές συνθήκες κατά το πρώτο έτος εγκατάστασης της καλλιέργειας σε συνδυασμό με διαφορετικά επίπεδα αζωτούχου λίπανσης λαμβάνοντας υπόψη την υφιστάμενη βιβλιογραφία (παρ. 1.6.5, 1.6.6) και τις συνθήκες του πρώτου έτους εγκατάστασης της φυτείας. Η μελέτη των εισροών κατά το πρώτο έτος ανάπτυξης μιας πολυετούς καλλιέργειας είναι σημαντική εφόσον οι εισροές αυτές πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την φυσική και οικονομική αξιολόγηση χρήσεων γης. Επί πλέον στόχος της παρούσας εργασίας είναι ο προσδιορισμός του δυναμικού παραγωγής του δενδρολίβανου κατά το πρώτο έτος του βιολογικού κύκλου ζωής της νέας αυτής εναλλακτικής καλλιέργειας υπό βέλτιστες και μειωμένες εισροές σε σχέση με τις επικρατούσες εδαφο-κλιματικές συνθήκες.

2.1. Επιλογή πειραματικού αγρού – Μετεωρολογικά δεδομένα

Το πείραμα διεξήχθη σε ιδιόκτητο αγρό της αγροτικής περιοχής Νέας Αγχιάλου Μαγνησίας ($39^{\circ}16''\text{N}$ $22^{\circ}47''\text{E}$), νοτιοδυτικά του Βόλου όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.1Α. Τα μετεωρολογικά δεδομένα ελήφθησαν από τον μετεωρολογικό σταθμό της Ε.Μ.Υ (Νέας Αγχιάλου) που βρίσκεται στο Αεροδρόμιο Ν. Αγχιάλου σε απόσταση 4,95 χλμ από τον πειραματικό αγρό ($39^{\circ}22''\text{N}$ $22^{\circ}79''\text{E}$). Τα δεδομένα αυτά αφορούν σε μέσες ημερήσιες τιμές θερμοκρασίας αέρα και βροχόπτωσης καθ' όλη την περίοδο ανάπτυξης των φυτών το έτος 2015.

2.2. Πειραματικό σχέδιο

Εφαρμόστηκε πειραματικό σχέδιο διχαζομένων τεμαχίων (split-plot design) σε τρεις επαναλήψεις συγκροτημάτων (blocks). Κύρια τεμάχια (main plots) αποτελούν την άρδευση σε τρία επίπεδα (I_0 : ξηρική καλλιέργεια, I_1 κάλυψη 50% της ET_0 , και I_2 : πλήρης κάλυψη της ET_0 , όπου ET_0 είναι η μέγιστη εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας που προσδιορίστηκε όπως περιγράφεται κατωτέρω. Τα υποτεμάχια αποτελούν την αζωτούχο λίπανση σε τρία επίπεδα εφαρμογής αζώτου (N_0 : μάρτυρας, N_1 : 2,5 kg N/στρ., και N_2 : 5 kg N/στρ. Κάθε υποτεμάχιο περιείχε 18 φυτά δενδrolίβανου σε τρεις σειρές με 6 φυτά ανά σειρά σε αποστάσεις 0,6 m μεταξύ των σειρών και 0,6 m επί των σειρών και εμβαδόν 6,48 m² (Εικόνα 2.1Β). Επομένως το εμβαδόν των κύριων τεμαχίων ήταν $3 \times 6,48 = 19,44 \text{ m}^2$, των συγκροτημάτων 58,32 m² και του πειραματικού αγρού 175 m². Με βάση τα ανωτέρω ο πληθυσμός των φυτών ήταν 2.778 φυτά ανά στρέμμα.



Εικόνα 2.1. Επάνω: Α) Δορυφορική άποψη της ευρύτερης αγροτικής περιοχής Ν. Αγχιάλου στην οποία απεικονίζεται η θέση του πειραματικού αγρού (Πηγή: www.googlemaps.com).
Κάτω: Β) Πειραματικό σχέδιο διχαζομένων τεμαχίων με 3 επίπεδα άρδευσης (κύρια τεμάχια) και 3 επίπεδα λίπανσης (υποτεμάχια) καλλιέργειας δενδρολίβανου στην Ν. Αγχιάλο το έτος 2015.

2.3. Καλλιεργητικές φροντίδες

Προετοιμασία αγρού και εγκατάσταση των φυτών

Η προετοιμασία του αγρού αφορούσε σε ελαφρύ όργωμα και ψιλοχωμάτισμα που έλαβε χώρα στις 23/04/2015 ώστε το έδαφος να αποκτήσει την επιθυμητή δομή και να μπορέσουν να εγκατασταθούν τα νεαρά μοσχεύματα. Στη συνέχεια, τοποθετήθηκε γαιώφασμα το οποίο κάλυπτε όλο τον πειραματικό αγρό ενώ δημιουργήθηκαν οπές στα σημεία μεταφύτευσης των ριζοβολημένων μοσχευμάτων σε αποστάσεις 0,60 m x 0,60 m όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Το γαιώφασμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν το TPC095 του Ομίλου Πλαστικών Θράκης αντοχής εφελκυσμού MD 19 kN/m, αντοχής εφελκυσμού CD 11 kN/m, ροής νερού 1200 l/min/m² (EN ISO 11058), μάζας 95 g/m² και αντοχής UV 700 kly. Ο λόγος κάλυψης με γαιώφασμα είναι η καταπολέμηση των ζιζανίων που αποτελεί σημαντικό περιοριστικό παράγοντα κατά το πρώτο έτος της εγκατάστασης ενώ η χρήση γαιωφάσματος φαίνεται πως παίζει σημαντικό ρόλο στον περιορισμό του ανταγωνισμού μεταξύ των φυτών και συνεπώς στην αύξηση και ανάπτυξη του δενδρολίβανου (Fontana, 2006, Ricotta & Masiunas, 1991, Hoeberechts, 2004) αλλά και άλλων αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών (Matkovic *et al.*, 2015).

Στις αρχές Μαΐου 2015 έγινε προμήθεια έριζων μοσχευμάτων δενδρολίβανου ηλικίας 2 μηνών από τοπικό φυτώριο, ύψους περίπου 5 cm, με ομοιόμορφη ανάπτυξη, τα οποία μεταφυτεύθηκαν χειρωνακτικά στις οπές που είχαν διανοιχτεί στο γαιώφασμα.



Εικόνα 2.2. Τμήμα του πειραματικού αγρού του δενδρολίβανου στην Ν. Αγχίαλο Μαγνησίας, λίγες εβδομάδες μετά την μεταφύτευση των φυτών (φωτογραφία: Κ. Μαρτίνος 28/05/2015).



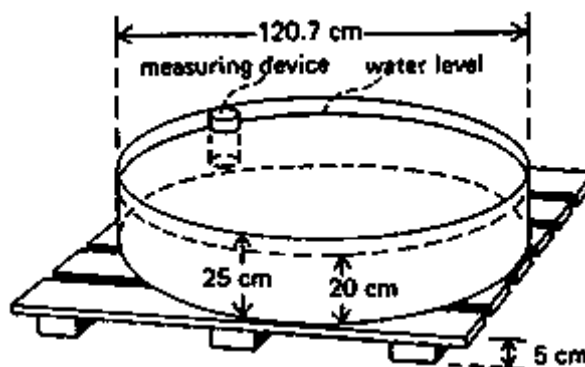
Εικόνα 2.3. Ο πειραματικός αγρός του δενδρολίβανου στην Ν. Αγχίαλο Μαγνησίας στο τέλος της πειραματικής περιόδου. (Φωτογραφία: Κ. Μαρτίνος 25/08/2015).

Άρδευση

Μετά την εγκατάσταση του γεωφάσματος, εγκαταστάθηκε (2/05/2015) αρδευτικό σύστημα στάγδην άρδευσης αποτελούμενο από σταλακτηφόρους σωλήνες Φ20 που τοποθετήθηκαν σε κάθε σειρά φυτών με σταλακτήρες σταθερής παροχής νερού 4 l/h σε κάθε μεταφυτευμένο μόσχευμα. Για τις επόμενες 14 ημέρες ο πειραματικός αγρός δεχόταν καθημερινή άρδευση έως την πλήρη διαβροχή της επιφάνειάς του. Στην συνέχεια, αφού τα νεαρά μοσχεύματα εγκαταστάθηκαν επιτυχώς, τα φυτά αρδεύονταν μία φορά την εβδομάδα σύμφωνα με το πειραματικό σχέδιο και με βάση τις μετρήσεις ενός class A pan εξατμισιμέτρου (Εικόνα 2.4) που τοποθετήθηκε εντός του πειραματικού αγρού. Οι ημερομηνίες αρδεύσεων και τα ύψη βροχής ανά άρδευση συνοψίζονται στους πίνακες 2.1 και 2.2 αντίστοιχα, ενώ οι συνολικές ποσότητες νερού που δέχθηκαν τα πειραματικά τεμάχια ήταν 238, 434 και 632 mm για τα επίπεδα I₀, I₁ και I₂, αντίστοιχα συνυπολογιζόμενων των βροχοπτώσεων (συνολικά 108,1 mm) που επηρέασαν όλα τα πειραματικά τεμάχια. Η επιλογή των επιπέδων των αρδεύσεων έγινε με γνώμονα το ότι η καλλιέργεια δε θα έφθανε σε πλήρη φυτοκάλυψη την πρώτη χρονιά. Συνεπώς η αρχική υπόθεση ήταν πως η I₁ θα επαρκούσε στο να επιφέρει ικανοποιητικές παραγωγές, εξετάστηκε όμως και μεγαλύτερη ποσότητα νερού (I₂).

Πίνακας 2.1. Ημερομηνίες και δόσεις άρδευσης στα πειραματικά τεμάχια Ι0, Ι1 και Ι2 κατά την περίοδο ανάπτυξης του δενδρολίβανου στην Ν. Αγχίαλο το θέρος 2015.

Ημερομηνία	Ι0 (mm)	Ι1 (mm)	Ι2 (mm)
4/5/2015	20,0	20,0	20,0
5/5/2015	10,0	10,0	10,0
6/5/2015	10,0	10,0	10,0
8/5/2015	10,0	10,0	10,0
9/5/2015	10,0	10,0	10,0
11/5/2015	10,0	10,0	10,0
13/5/2015	10,0	10,0	10,0
15/5/2015	10,0	10,0	10,0
16/5/2015	10,0	10,0	10,0
18/5/2015	10,0	10,0	10,0
20/5/2015	10,0	10,0	10,0
21/5/2015	10,0	10,0	10,0
28/5/2015	0,0	13,0	26,0
4/6/2015	0,0	10,1	20,3
11/6/2015	0,0	1,3	2,7
18/6/2015	0,0	2,0	4,0
2/7/2015	0,0	3,5	7,0
9/7/2015	0,0	25,4	50,8
16/7/2015	0,0	26,0	52,0
23/7/2015	0,0	32,0	65,2
30/7/2015	0,0	19,5	39,0
6/8/2015	0,0	24,5	49,0
13/8/2015	0,0	18,5	37,0
20/8/2015	0,0	20,5	41,0
ΣΥΝΟΛΟ	130,0	326,3	524,0



Εικόνα 2.2. Class A pan (Πηγή: <http://www.fao.org/docrep/s2022e/s2022e0o.gif>)

Πίνακας 2.2. Ημερομηνίες και ύψη (mm) βροχόπτωσης κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Ημερομηνία	mm βροχόπτωσης
9/5/2015	1,5
10/5/2015	2,1
11/5/2015	1,1
12/5/2015	1,0
27/5/2015	5,0
28/5/2015	3,6
5/6/2015	1,0
6/6/2015	0,9
7/6/2015	9,5
9/6/2015	0,4
17/6/2015	7,3
18/6/2015	37,7
19/6/2015	3,9
21/6/2015	0,7
22/6/2015	10,8
27/6/2015	2,8
28/6/2015	4,9
30/6/2015	7,5
7/8/2015	3,0
22/8/2015	3,4
ΣΥΝΟΛΟ	108,1

Λίπανση

Μετά τον εγκλιματισμό των φυτών στον αγρό και την ανάπτυξη ριζικού συστήματος και φυλλώματος, εφαρμόστηκε αζωτούχος λίπανση (12/6/2015) χρησιμοποιώντας ουρία με ποσοστό αζώτου 46%. Η λίπανση έγινε με διασπορά του κοκκώδους λιπάσματος χειρωνακτικά (χρησιμοποιώντας μικρά πλαστικά δοχεία) στις οπές που είχαν φυτευθεί τα μοσχεύματα. Πιο συγκεκριμένα εφαρμόστηκαν 0, 1,94, και 3,88 g λιπάσματος ανά οπή (φυτό) στα υποτεμάχια

των μεταχειρίσεων N0, N1 και N2 αντιστοιχα που αντιστοιχεί σε 0, 2,5 και 5 kg N/στρ αντίστοιχα για τις ως άνω μεταχειρίσεις.

Αντιμετώπιση ζιζανίων

Παρά την εφαρμογή γαιωϋφασματος υπήρξε παρουσία πλατύφυλλων και αγρωστωδών ζιζανίων από τις οπές της μεταφύτευσης τα οποία στα πρώτα στάδια ανάπτυξης των φυτών ανταγωνίζονταν το δενδρολίβανο ως προς τα θρεπτικά και το νερό (Εικόνα 2.5). Για το λόγο αυτό, έγιναν δύο επεμβάσεις, η πρώτη στις 28/5/2015 και η δεύτερη στις 11/06/2015 χειρωνακτικά για την αντιμετώπιση του προβλήματος.



Εικόνα 2.3. Πλατύφυλλα και αγρωστώδη ζιζάνια που ανταγωνίζονται νεαρό φυτό δενδρολίβανου. (Πειραματικός αγρός Ν. Αγχιάλου - Φωτογραφία: Κ. Μαρτίνο 05/06/2015).

Δειγματοληψία – μετρήσεις – ανάλυση αποτελεσμάτων

Έγιναν τρεις καταστρεπτικές δειγματοληψίες (κοπές) σε κάθε πειραματικό τεμάχιο στις 29/6/2015, στις 29/7/2015 και στις 28/8/2015 (τελική συγκομιδή). Στη μεσαία σειρά κάθε υποτεμαχίου κοβόταν το εναέριο τμήμα ενός αντιπροσωπευτικού φυτού σε ύψος 5 cm από το επίπεδο του εδάφους με τη χρήση κλαδευτήρα. Το ύψος του φυτού προσδιοριζόταν με χρήση μετροταινίας. Στη συνέχεια τα φυτά (συνολικά 27) τοποθετούνταν σε αριθμημένη χάρτινη σακούλα και μεταφέρονταν στο Εργαστήριο Γεωργίας και Εφαρμοσμένης Φυσιολογίας Φυτών του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Στο Εργαστήριο ελάμβανε χώρα διαχωρισμός των δειγμάτων σε φύλλα και βλαστούς (Εικόνα 2.6) και προσδιοριζόταν το νωπό τους βάρος με την χρήση ηλεκτρονικής ζυγαριάς.



Εικόνα 2.6. Φύλλα και βλαστάρια δενδρολίβανου (1^ο έτος εγκατάστασης στον πειραματικό αγρό Ν. Αγχιάλου το έτος 2015 (Φωτογραφία: Κ. Μαρτίνος 29/07/2015).

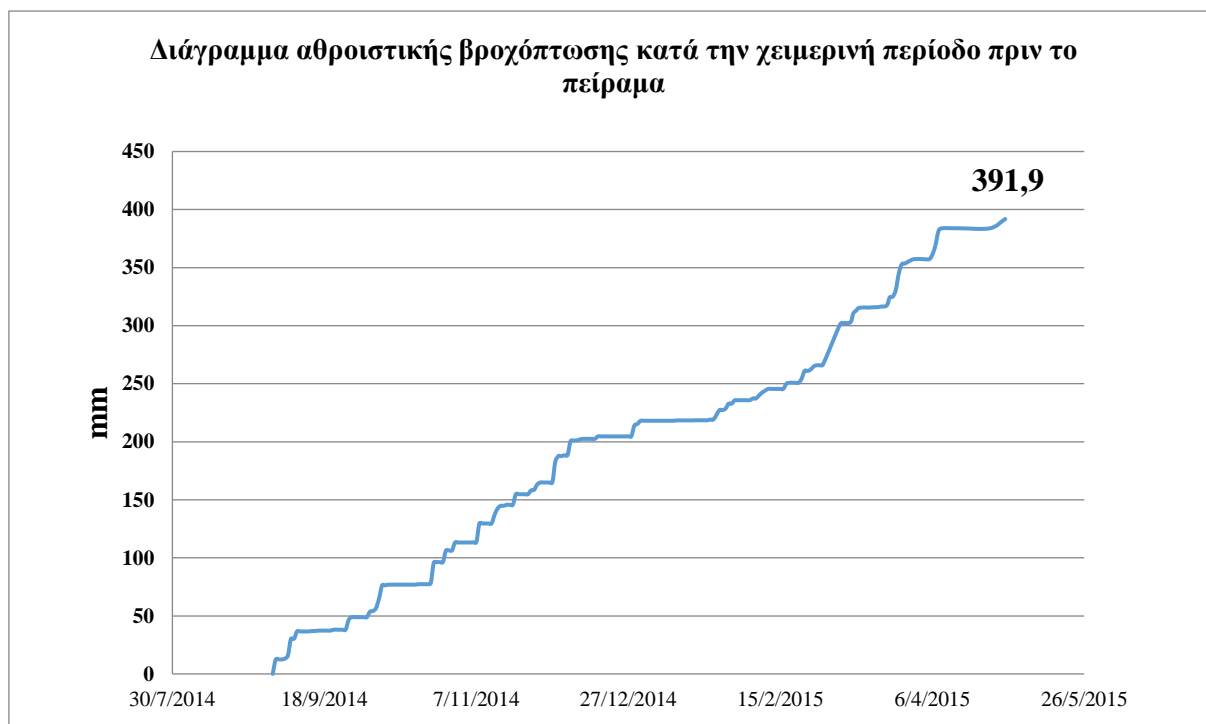
Στη συνέχεια όλα τα δείγματα (συνολικά 81) τοποθετούνταν σε ράφια ξήρανσης σε κατάλληλα διαμορφωμένο δωμάτιο όπου αφήνονταν να αποξηραθούν τα φύλλα και οι βλαστοί. Ο παραπάνω τρόπος ξήρανσης επιλέχθηκε γιατί είναι εκείνος που χρησιμοποιούν οι περισσότεροι εγχώριοι παραγωγοί. Μετά την ξήρανση (επίτευξη ίσων βαρών) τα φυτικά μέρη ζυγίζονταν και πάλι με ηλεκτρονική ζυγαριά ακριβείας. Η ίδια διαδικασία επαναλήφθηκε για τις υπόλοιπες δύο κοπές. Στα χλωρά φύλλα πραγματοποιούνται τομές με ειδικό νυστέρι ώστε να απομονωθούν κομμάτια φύλλων των οποίων οι διαστάσεις μετρούνται με παχύμετρο. Στη συνέχεια τα δείγματα ζυγίζονται σε ζυγό ακριβείας ώστε να εξακριβωθεί η αντίστοιχη βάρους και επιφάνειας φύλλων. Με τη μέθοδο αυτή, έμμεσα, υπολογίστηκε ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI) για την τρίτη και τελική κοπή του πειράματος.

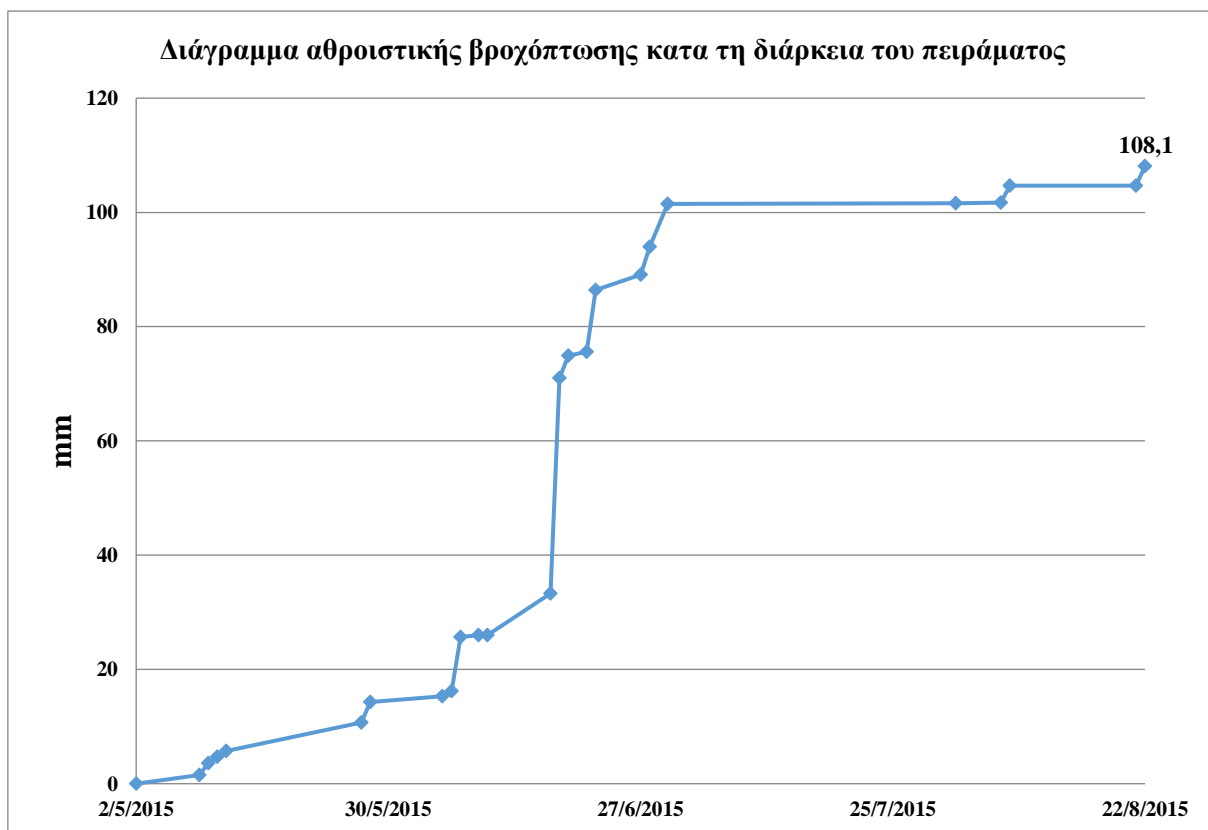
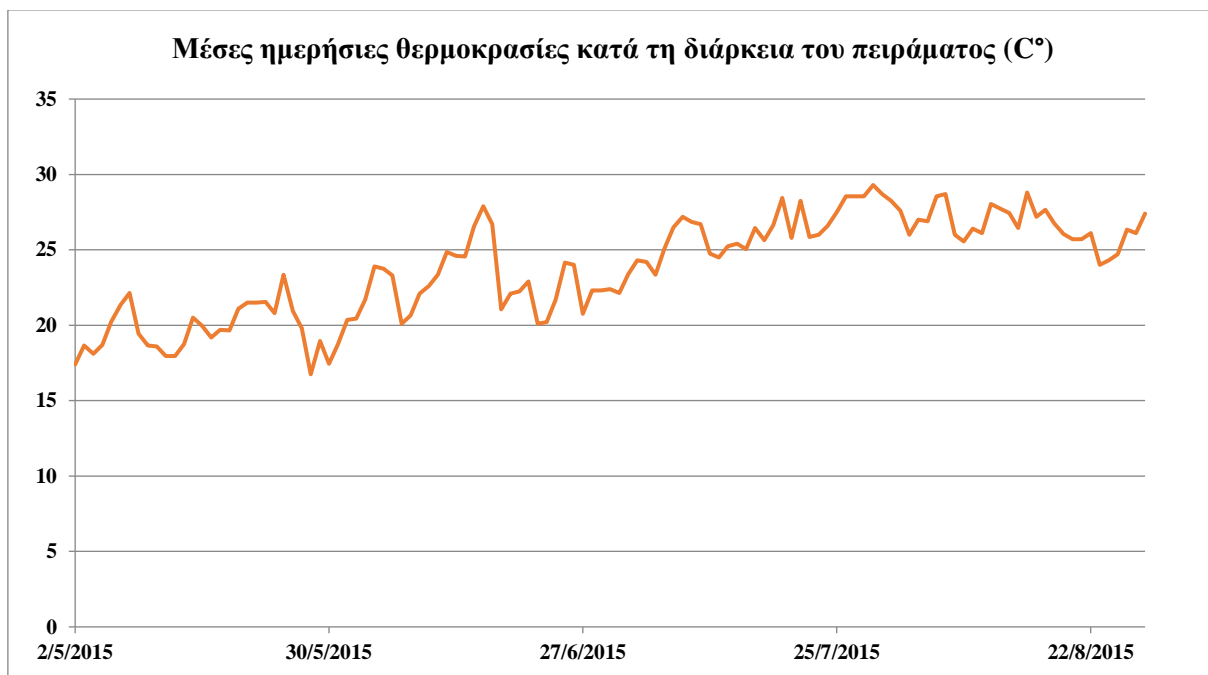
Τέλος, για τη στατιστική ανάλυση και τη μελέτη των αποτελεσμάτων έγινε ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) με το στατιστικό πακέτο GENSTAT ενώ πραγματοποιήθηκαν και συγκρίσεις Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς.

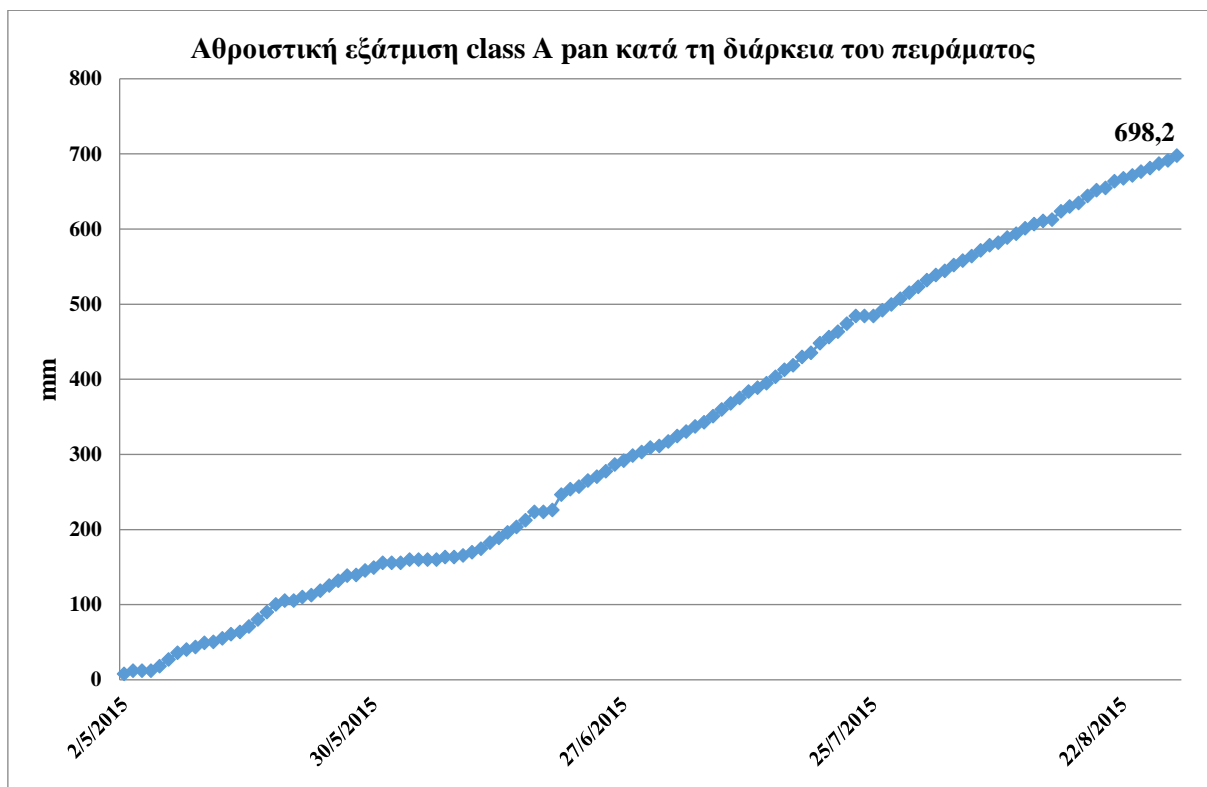
3.1 Κλιματικές συνθήκες

3.1.1 Μετεωρολογικά στοιχεία

Ο τύπος του κλίματος της περιοχής είναι μεσογειακός και χαρακτηρίζεται από μέτριο και βροχερό χειμώνα, βροχερή άνοιξη, ξηρό-θερμό καλοκαίρι και δροσερό φθινόπωρο. Κατά τους χειμερινούς μήνες πριν τη διεξαγωγή του πειράματος, οι αθροιστικές βροχοπτώσεις φτάσανε τα 391 mm (Εικ. 3.1). Συνολικά κατά τη διάρκεια του πειράματος σημειώθηκαν βροχοπτώσεις της τάξεως των 108 mm (Εικ. 3.1). Η μεγαλύτερη μάζα των βροχοπτώσεων αυτών σημειώθηκε τον μήνα Ιούνιο, κάτι που πιθανώς επηρέασε τα αποτελέσματα της δεύτερης καταστρεπτικής κοπής. Οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του πειράματος κυμάνθηκαν από 16 έως 27 °C (Εικ. 3.1). Όπως προαναφέρθηκε, σημειώθηκαν επίσης οι τιμές των εξατμίσεων ενός class A pan, σε εβδομαδιαία βάση (Εικ. 3.1). Οι μεγαλύτερες εξατμίσεις, όπως ήταν αναμενόμενο, σημειώθηκαν κατά τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο. Γενικά κατά την περίοδο που έγινε το πείραμα υπήρχαν μέσες κλιματικές συνθήκες για την περιοχή της Νέας Αγχιάλου και δεν παρατηρήθηκαν ακραία φαινόμενα ξηρασίας ή αποκλίσεις από τις μέσες συνθήκες των τελευταίων ετών με εξαίρεση τις εκτεταμένες βροχοπτώσεις του Ιουνίου.







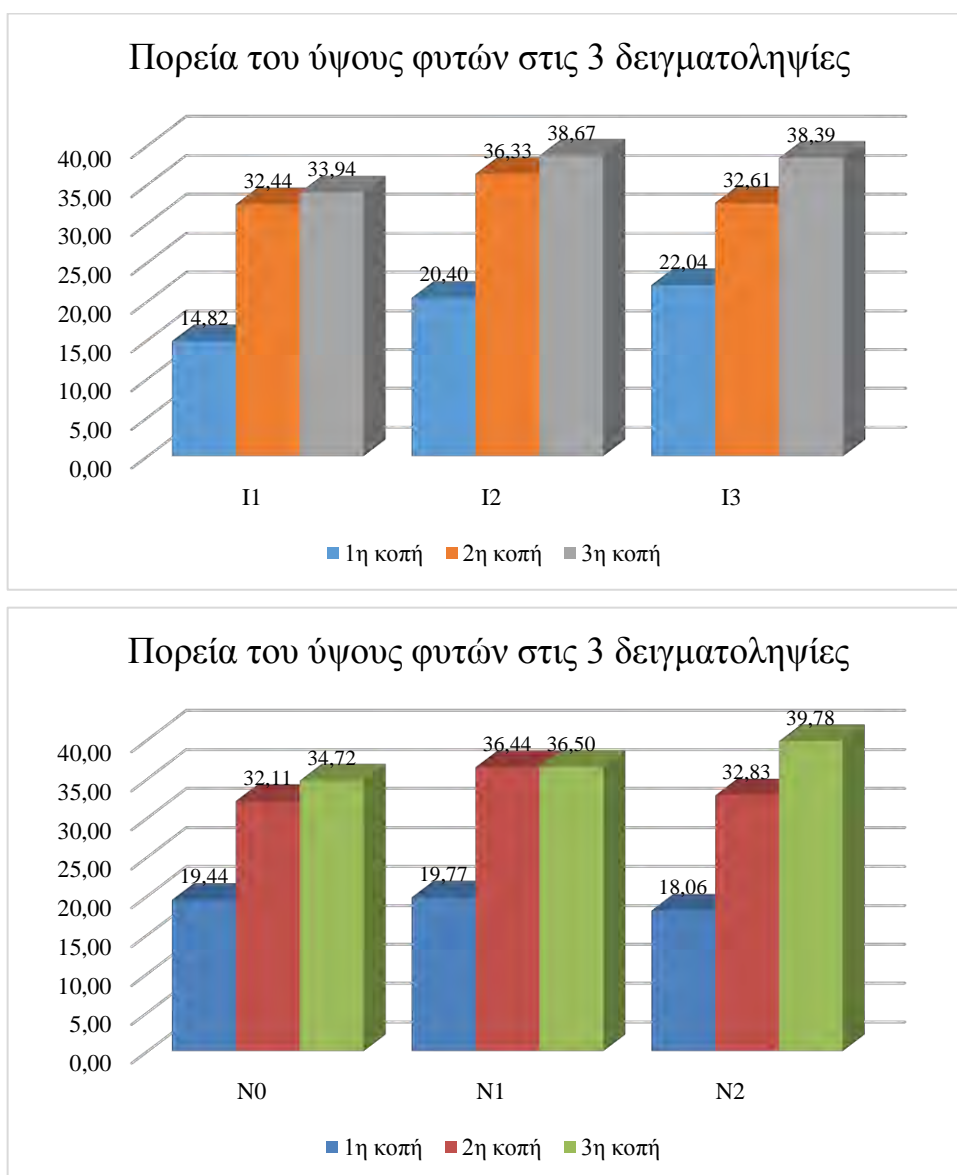
Εικ. 3.1. Μετεωρολογικά στοιχεία κατά τη διάρκεια του πειράματος.

3.2. Στατιστική ανάλυση

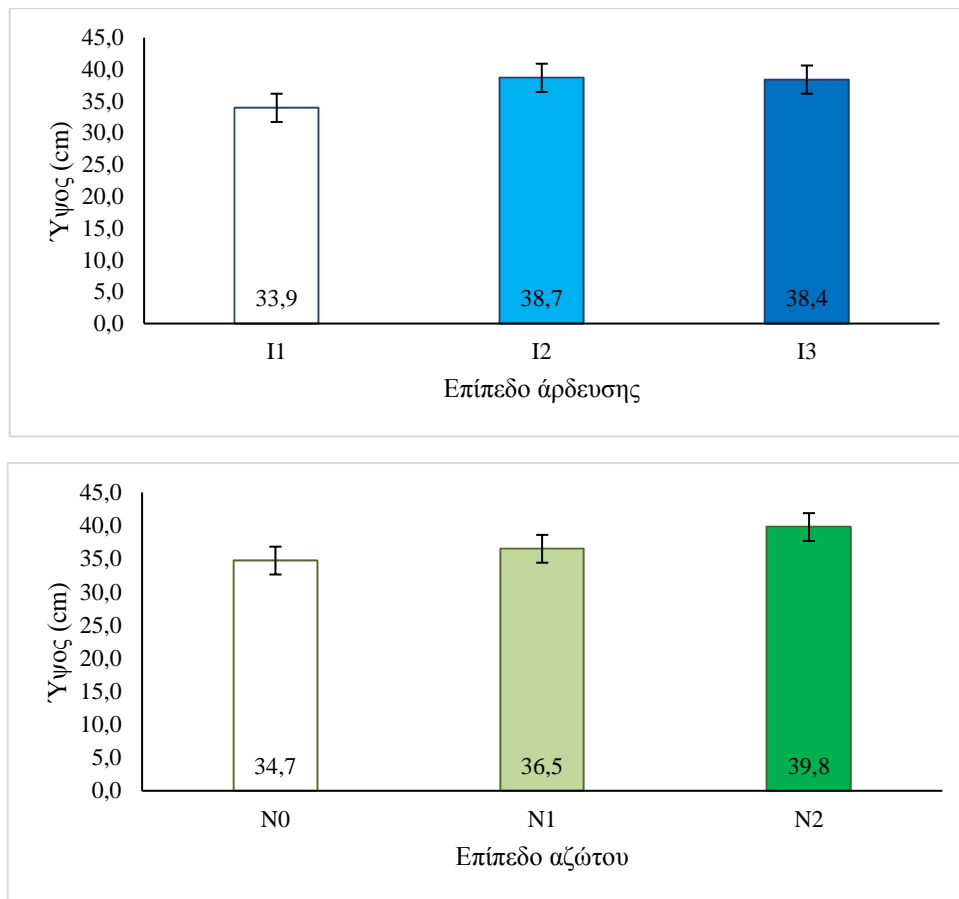
Λόγω της εκτεταμένης βροχόπτωσης του Ιουνίου αλλά και της καθυστερημένης εφαρμογής της αζωτούχου λίπανσης με σκοπό την προστασία των νεαρών φυτών από πιθανή τοξικότητα αζώτου, κρίθηκε σκόπιμο να επεξεργαστεί στατιστικά μόνο η τρίτη και τελευταία κοπή του πειράματος ενώ παρουσιάζονται συνοπτικά και τα αποτελέσματα των πρώτων δύο κοπών. Μέσω ανάλυσης διακύμανσης (ANOVA) εξετάσθηκε η στατιστική σημαντικότητα των παραγόντων άρδευσης και λίπανσης σε επίπεδο σημαντικότητας 5% στις εξής μεταβλητές: ύψος φυτών (cm), παραγωγή χλωρής δρόγης (kg/στρέμμα), παραγωγή χλωρών βλαστών (kg/στρέμμα), παραγωγή συνολικού χλωρού βάρους (kg/στρέμμα), παραγωγή ξηρής δρόγης (kg/στρέμμα), παραγωγή ξηρών βλαστών (kg/στρέμμα), παραγωγή συνολικού ξηρού βάρους (kg/στρέμμα), λόγος συνολικής ξηρής δρόγης προς συνολικό ξηρό βάρος (%) και τέλος λόγος συνολικού χλωρού βάρους προς συνολικό ξηρό βάρος. Τέλος σε περίπτωση στατιστικής σημαντικότητας εφαρμόστηκε τεστ Ε.Σ.Δ. – LSD. Στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων οι μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν μεταξύ τους. Να σημειωθεί πως σε κανέναν από τους ελέγχους δεν βρέθηκε αλληλεπίδραση μεταξύ παραγόντων. Οι πίνακες της στατιστικής ανάλυσης αλλά και τα πρωτογενή δεδομένα παρουσιάζονται σε παράρτημα στο τέλος της διατριβής.

3.2.1 Ύψος φυτών

Στην Εικ. 3.2 παρουσιάζονται σχηματικά τα αποτελέσματα ως προς το ύψος των φυτών όπως μετρήθηκαν στις τρεις δειγματοληψίες. Όπως φαίνεται στην εικόνα, υπάρχει σχετική ομοιομορφία στο ύψος των φυτών των ίδιων μεταχειρίσεων κατά τη διάρκεια των τριών δειγματοληψιών. Διαφαίνεται η τάση των φυτών του μάρτυρα της άρδευσης (I1) προς ελαφρώς μικρότερα ύψη από την πρώτη κοπή. Η μεγάλη διαφορά ύψους παρατηρήθηκε μεταξύ 1^{ης} και 2^{ης} κοπής καθώς τα φυτά έφθασαν σχεδόν στο τελικό τους ύψος το οποίο μετρήθηκε στην 3^η κοπή και κυμάνθηκε από 34 έως περίπου 40 cm. Δεν παρατηρήθηκε καμμία στατιστικά σημαντική διαφορά σε κανέναν από τους παράγοντες (Εικ. 3.3).



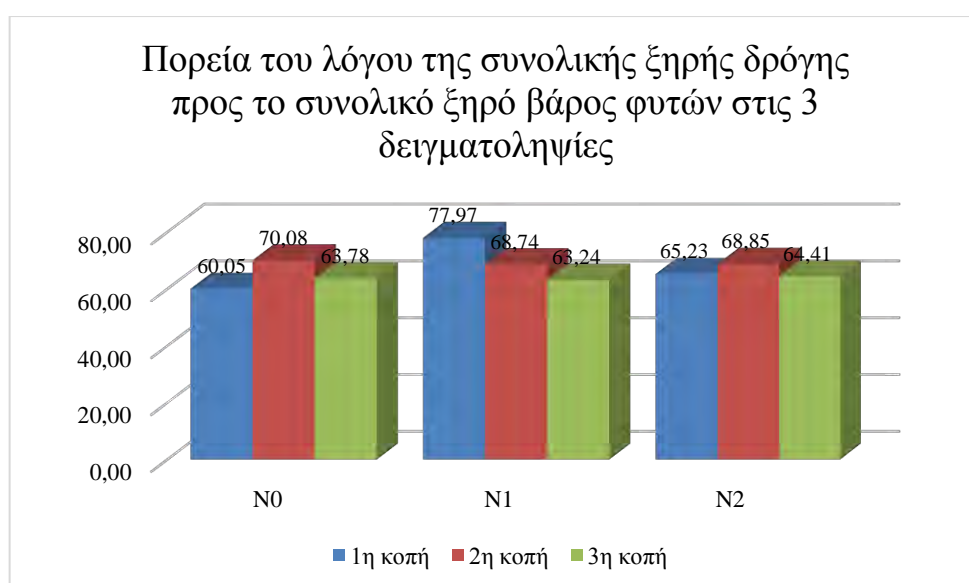
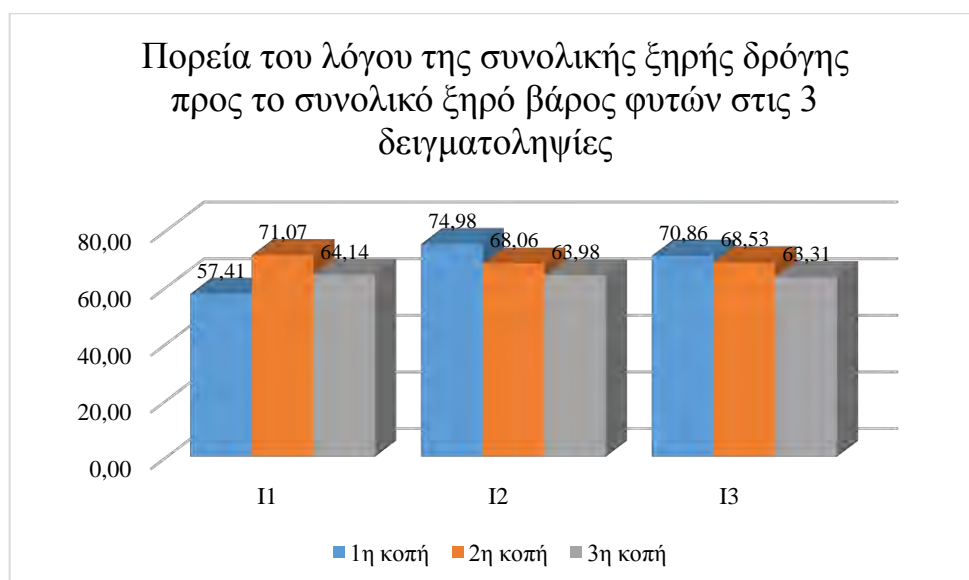
Εικ. 3.2. Το ύψος φυτών (y-άξονας σε cm) για 3 επίπεδα άρδευσης (α. επάνω) και 3 επίπεδα λίπανσης (β. κάτω), στον πειραματικό αγρό δενδρολίβανου, στην Ν. Αγχίαλο (Μαγνησίας) κατά τη διάρκεια των τριών δειγματοληψιών.



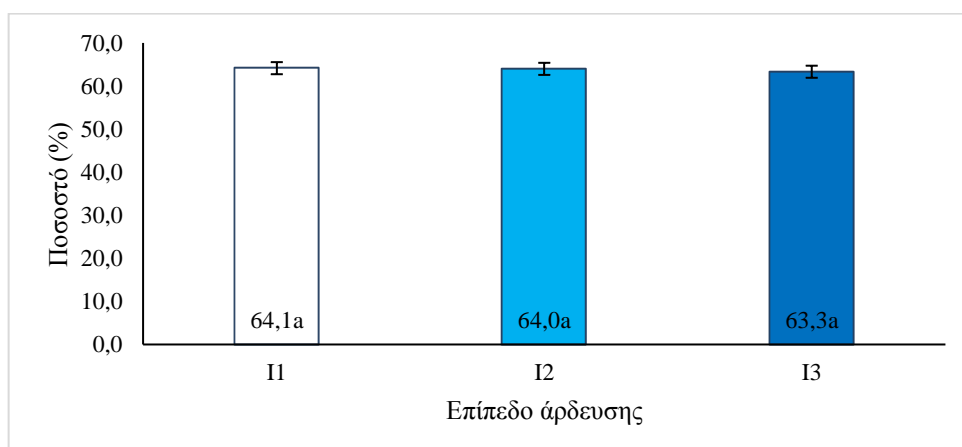
Εικ. 3.3. Το τελικό ύψος των φυτών (y-άξονας σε cm) για 3 επίπεδα άρδευσης (α. επάνω) και 3 επίπεδα λίπανσης (β. κάτω), όπως μετρήθηκε τον Αύγουστο του 2016.

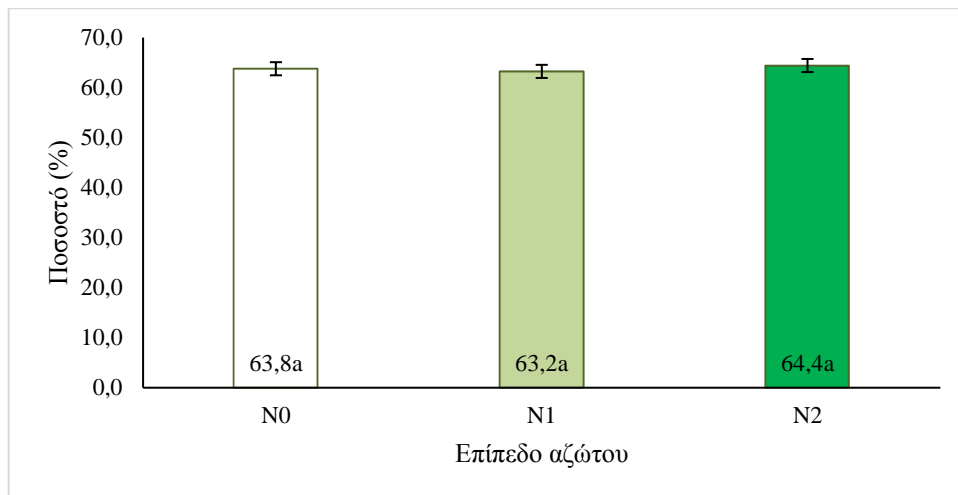
3.2.2 Λόγος συνολικής ξηρής δρόγης προς συνολικό ξηρό βάρος

Στο χρόνο της πρώτης κοπής ο γενικός μέσος όρος του λόγου της συνολικής ξηρής δρόγης ως προς συνολικό ξηρό βάρος ήταν 67,77 %. Όπως ήταν φυσιολογικό κατά τα προηγούμενα ευρήματα της 1^{ης} κοπής, η μεταχείριση I0 κινήθηκε σε χαμηλότερα ποσοστά (57,41 %) όπως φαίνεται στην Εικ. 3.4. Στη δεύτερη κοπή ο λόγος της συνολικής ξηρής δρόγης ως προς το συνολικό ξηρό βάρος δε φάνηκε να επηρεάζεται σημαντικά από την αζωτούχα λίπανση ή από την άρδευση, ενώ ο γενικός μέσος όρος ήταν το 69,22 % ενώ ίδια εικόνα παρουσιάστηκε και στην τρίτη κοπή (Εικ. 3.5).



Εικ. 3.4. Ο λόγος της συνολικής ξηρής δρόγης ως προς συνολικό ξηρό βάρος (y-άξονας σε %) για 3 επίπεδα άρδευσης (α. επάνω) και 3 επίπεδα λίπανσης (β. κάτω), στον πειραματικό αγρό δενδρολίβανου, στην Ν. Αγχίαλο (Μαγνησίας) κατά τη διάρκεια των τριών δειγματοληψιών.

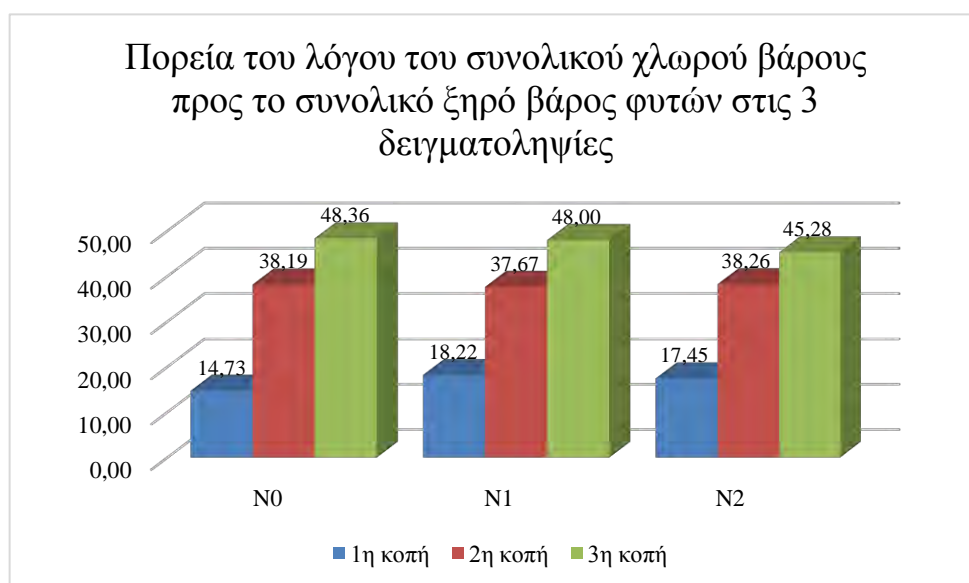
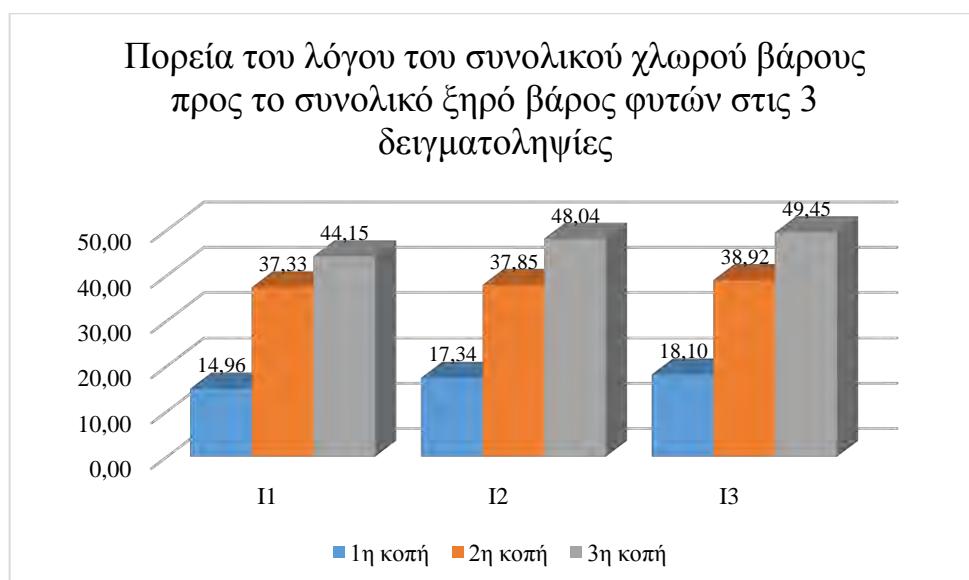




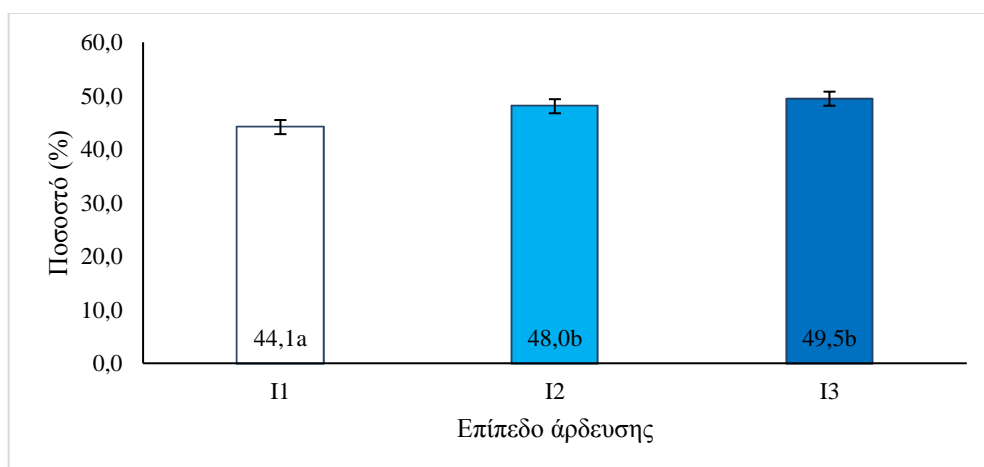
Εικ. 3.5. Ο λόγος της συνολικής ξηρής δρόγης ως προς το συνολικό ξηρό βάρος (y-άξονας σε %) για 3 επίπεδα άρδευσης (α. επάνω) και 3 επίπεδα λίπανσης (β. κάτω, όπως μετρήθηκε τον Αύγουστο του 2016).

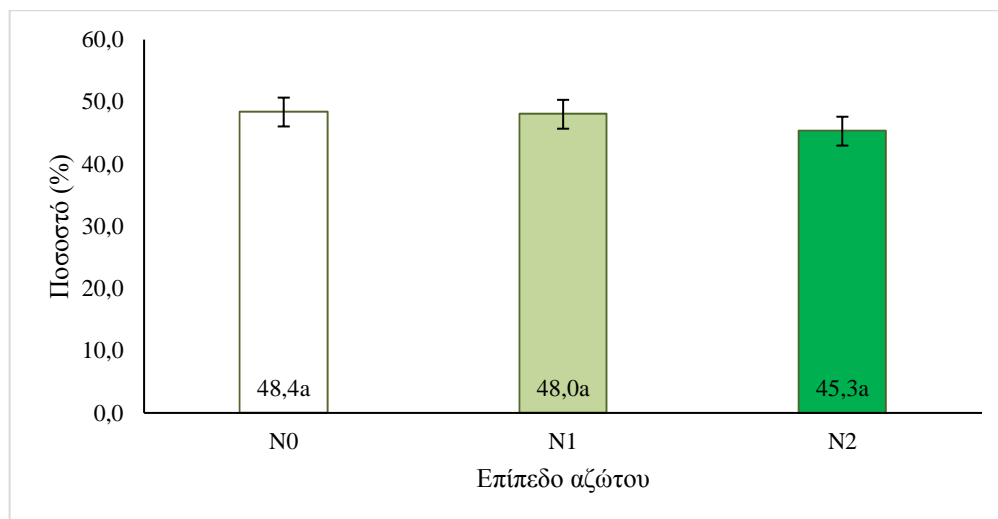
3.2.3 Λόγος συνολικού χλωρού βάρους προς συνολικό ξηρό βάρος

Κατά την πρώτη δειγματοληψία ο γενικός μέσος όρος των λόγων συνολικού χλωρού βάρους ως προς το συνολικό ξηρό βάρος ανήλθε στο 16,8 %. Όπως και στα ευρήματα του λόγου που αφορούσαν στο λόγο συνολικής ξηρής δρόγης ως προς το συνολικό ξηρό βάρος, ο μέσος τιμές του μάρτυρα I0 κυμάνθηκαν χαμηλότερα (14,96 %) όπως φαίνεται στην Εικ. 3.6. Στη δεύτερη κοπή ο λόγος του συνολικού χλωρού βάρους προς το συνολικό ξηρό βάρος δε φάνηκε να επηρεάζεται σημαντικά από την αζωτούχα λίπανση ή από την άρδευση, ενώ ο γενικός μέσος όρος ήταν το 38,03 %. Μικρές αποκλίσεις παρουσιάζονται περισσότερο λόγω άρδευσης στο χρόνο της τρίτης κοπής καθώς εκεί διαφοροποιούνται σημαντικά οι I2 και I3 έναντι της I1. Η λίπανση δεν είχε σημαντική επίδραση στο λόγο συνολικού χλωρού βάρους ως προς το συνολικό ξηρό βάρος στην τελική κοπή (Εικ. 3.7).



Εικ. 3.6. Ο λόγος της συνολικής ξηρής δρόγης ως προς συνολικό ξηρό βάρος (y-άξονας σε %) για 3 επίπεδα άρδευσης (α. επάνω) και 3 επίπεδα λίπανσης (β. κάτω), στον πειραματικό αγρό δενδρολίβανου, στην Ν. Αγχίαλο (Μαγνησίας) κατά τη διάρκεια των τριών δειγματοληψιών.

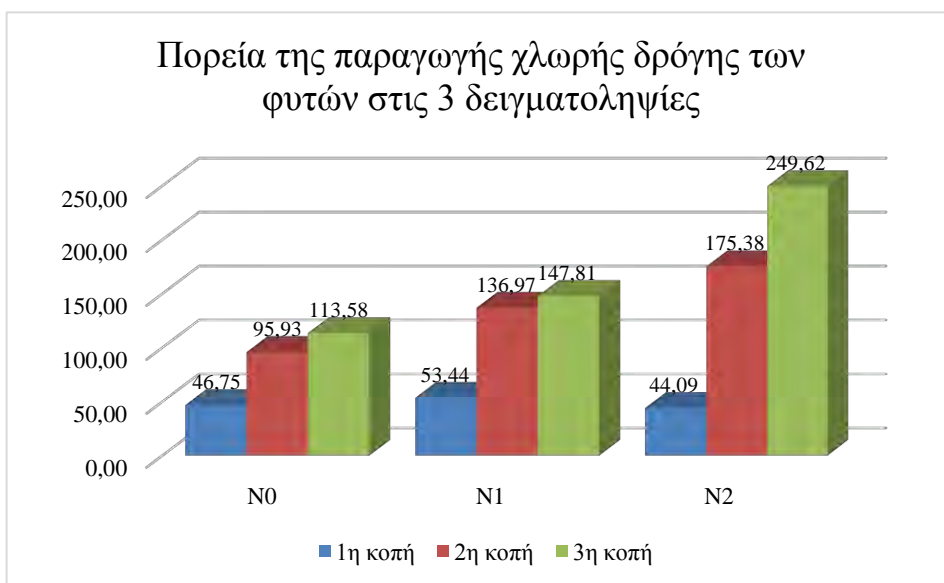
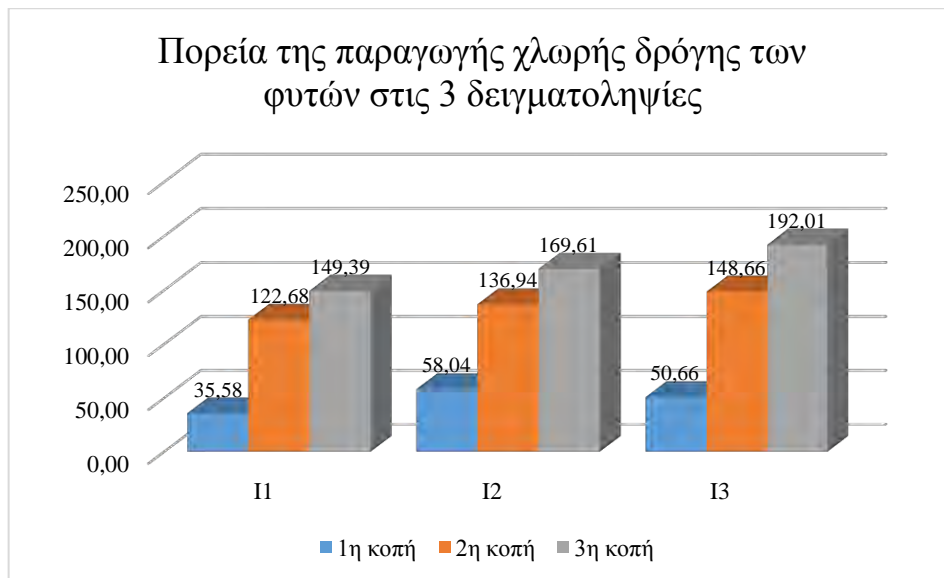




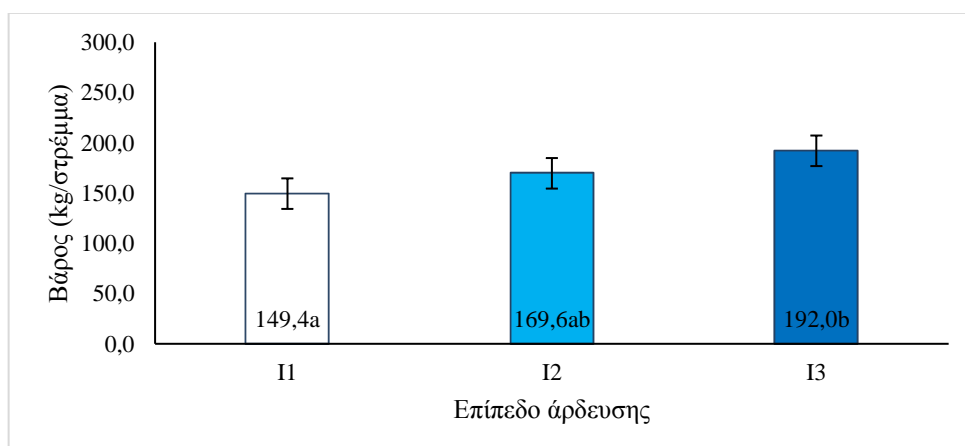
Εικ. 3.7. Ο λόγος του συνολικού χλωρού βάρους προς το συνολικό ξηρό βάρος (y-άξονας σε %) για 3 επίπεδα άρδευσης (α. επάνω) και 3 επίπεδα λίπανσης (β. κάτω), όπως μετρήθηκε τον Αύγουστο του 2016.

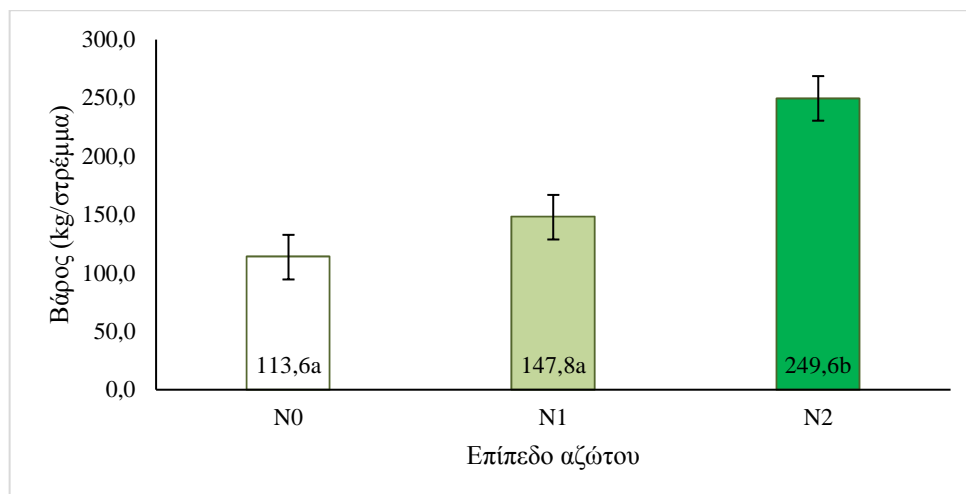
3.2.4 Παραγωγή χλωρής δρόγης

Στην Εικ. 3.8 παρουσιάζονται σχηματικά η πορεία της παραγωγής χλωρής δρόγης των φυτών όπως μετρήθηκαν στις τρεις δημητοληψίες. Όπως φαίνεται στην εικόνα, τόσο για την άρδευση όσο και για τη λίπανση, όσο μειώνεται η ποσότητα νερού και αζώτου, τόσο πιο εμφανής γίνεται η υστέρηση των φυτών στην παραγωγή χλωρής δρόγης κατά τη διάρκεια των τριών δειγματοληψιών. Βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές κατά την τελευταία δειγματοληψία όσον αφορά στον παράγοντα της άρδευσης αλλά πολύ περισσότερο οι μετρήσεις επηρεάστηκαν από την αζωτούχο λίπανση. Πιο συγκεκριμένα και όπως φαίνεται στην Εικ. 3.9, για τις μεταχειρίσεις I1, I2 και I3 οι παραγωγές χλωρής δρόγης έφτασαν τα 149,4, 169,6 και 192 kg/στρέμμα αντίστοιχα ενώ για τις μεταχειρίσεις N0, N1 και N2 ανήλθαν στα 113,6, 147,8 και 249,6 kg/στρέμμα αντίστοιχα. Είναι εμφανές πως δεν διαφοροποιούνται μεταξύ τους ιδιαίτερα τα επίπεδα I2 και I3. Όσον αφορά στη λίπανση, το επίπεδο αζώτου που ξεχωρίζει αισθητά είναι το N2. Ο συνδιασμός μεταχειρίσεων που απέδωσε τα περισσότερα κιλά ανά στρέμμα ήταν ο I3N2 (292,5 kg/στρέμμα).



Εικ. 3.8. Η παραγωγή χλωρής δρόγης (y-άξονας σε kg/στρέμμα) για 3 επίπεδα άρδευσης (α. επάνω) και 3 επίπεδα λίπανσης (β. κάτω), στον πειραματικό αγρό δενδρολίβανου, στην Ν. Αγχίαλο (Μαγνησίας), κατά τη διάρκεια των τριών δειγματοληψιών.

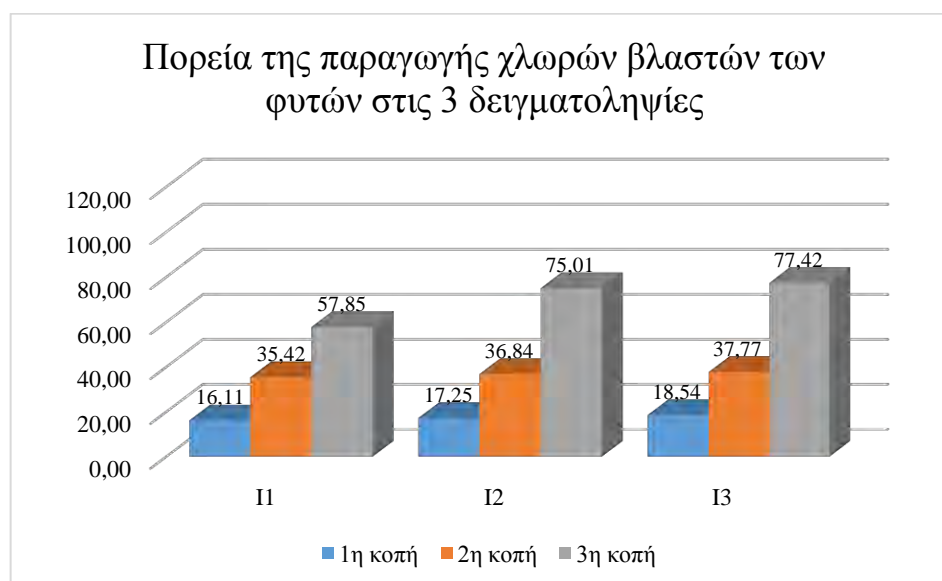


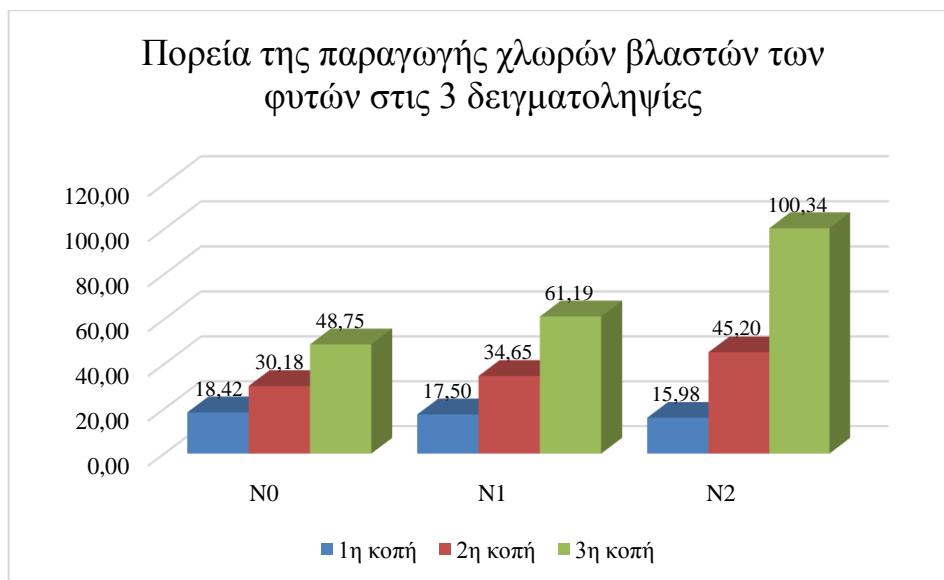


Εικ. 3.9. Η παραγωγή χλωρής δρόγης (γ-άξονας σε kg/στρέμμα) για 3 επίπεδα άρδευσης (α. επάνω) και 3 επίπεδα λίπανσης (β. κάτω), όπως μετρήθηκε τον Αύγουστο του 2016.

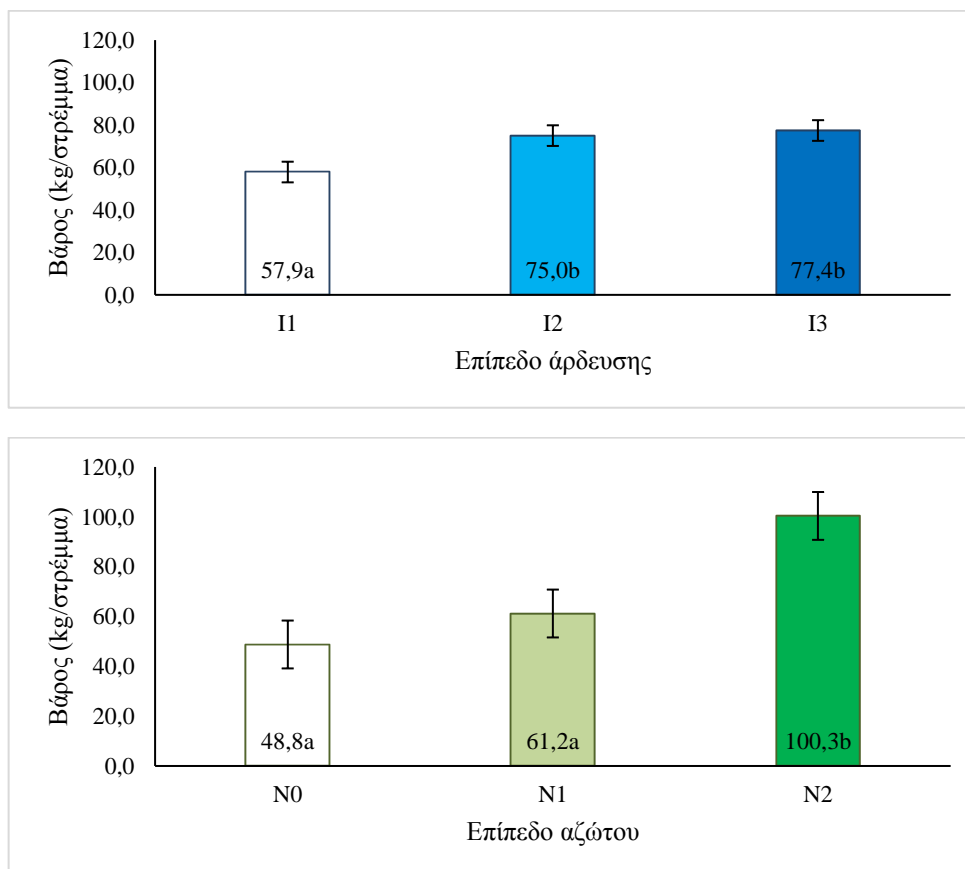
3.2.5 Παραγωγή χλωρών βλαστών

Όπως φαίνεται στην Εικ. 3.10, παρατηρήθηκε σχετική ομοιομορφία στην παραγωγή χλωρών βλαστών κατά τη διάρκεια της 1^{ης} κοπής. Η τάση του αζώτου να αυξάνει την παραγωγή χλωρής δρόγης παρατηρήθηκε και στην παραγωγή χλωρών βλαστών στις δύο τελευταίες δειγματοληψίες ενώ αντίθετα υπήρχε ελάχιστη διαφορά στα βάρη για τις διαφορετικά επίπεδα άρδευσης στην πρώτη και δεύτερη κοπή. Συγκεκριμένα για τις μεταχειρίσεις N0, N1 και N2 τα τελικά βάρη ήταν 48,75 , 61,19 και 100,34 kg/στρέμμα ενώ για τις I1, I2 και I3 ήταν 57,85, 75,01 και 77,42 kg/στρέμμα (Εικ. 3.11). Όπως και με την παραγωγή χλωρής δρόγης, έτσι και στους βλαστούς οι μεταχειρίσεις I2 και I3 δεν διαφοροποίησαν σημαντικά τα αποτελέσματα ενώ διαφοροποίηση υπήρξε μόνο κατά τη σύγκριση τους με την ξηρική καλλιέργεια (I1)





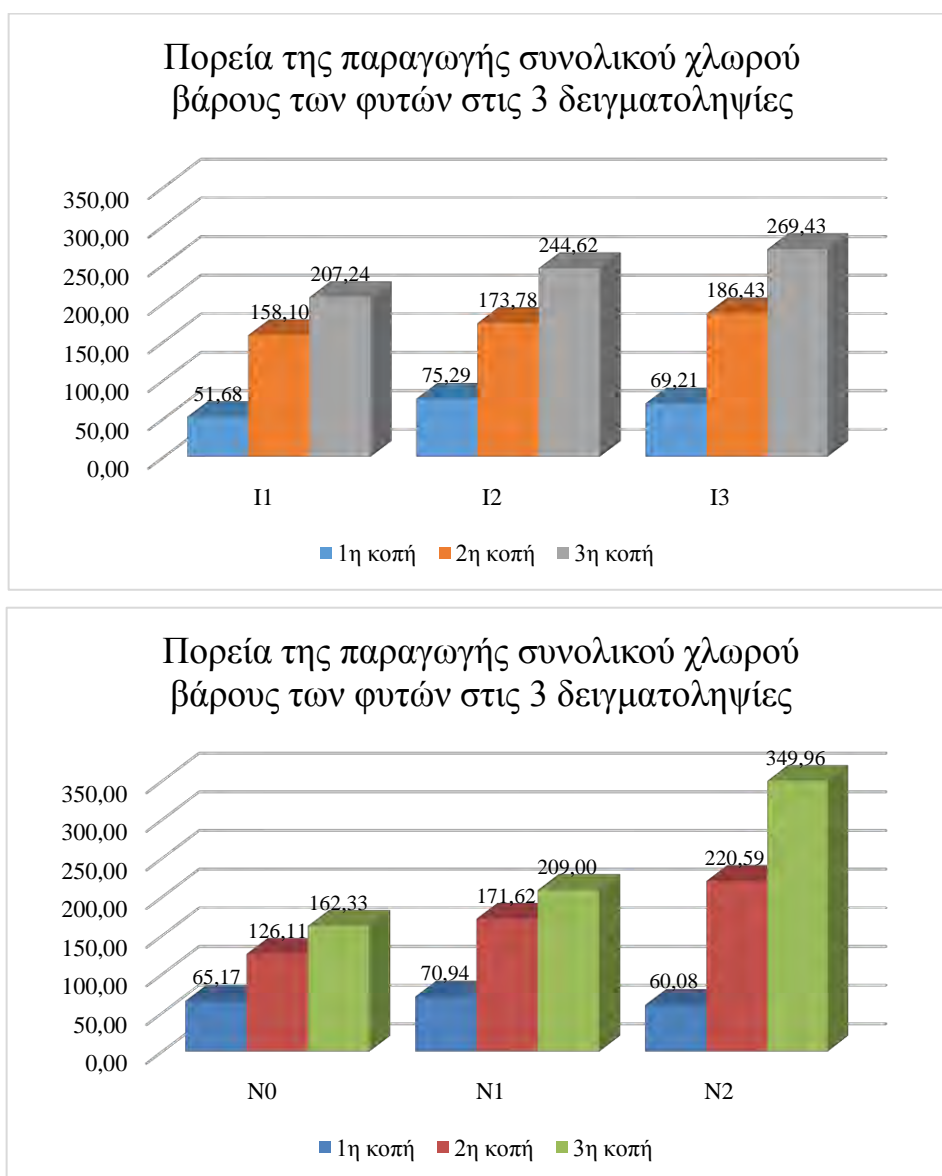
Εικ. 3.10. Η παραγωγή χλωρών βλαστών (γ-άξονας σε kg/στρέμμα) για 3 επίπεδα άρδευσης (α. επάνω) και 3 επίπεδα λίπανσης (β. κάτω), στον πειραματικό αγρό δενδρολιβανου, στην Ν. Αγχίαλο (Μαγνησίας) κατά τη διάρκεια των τριών δειγματοληψιών.



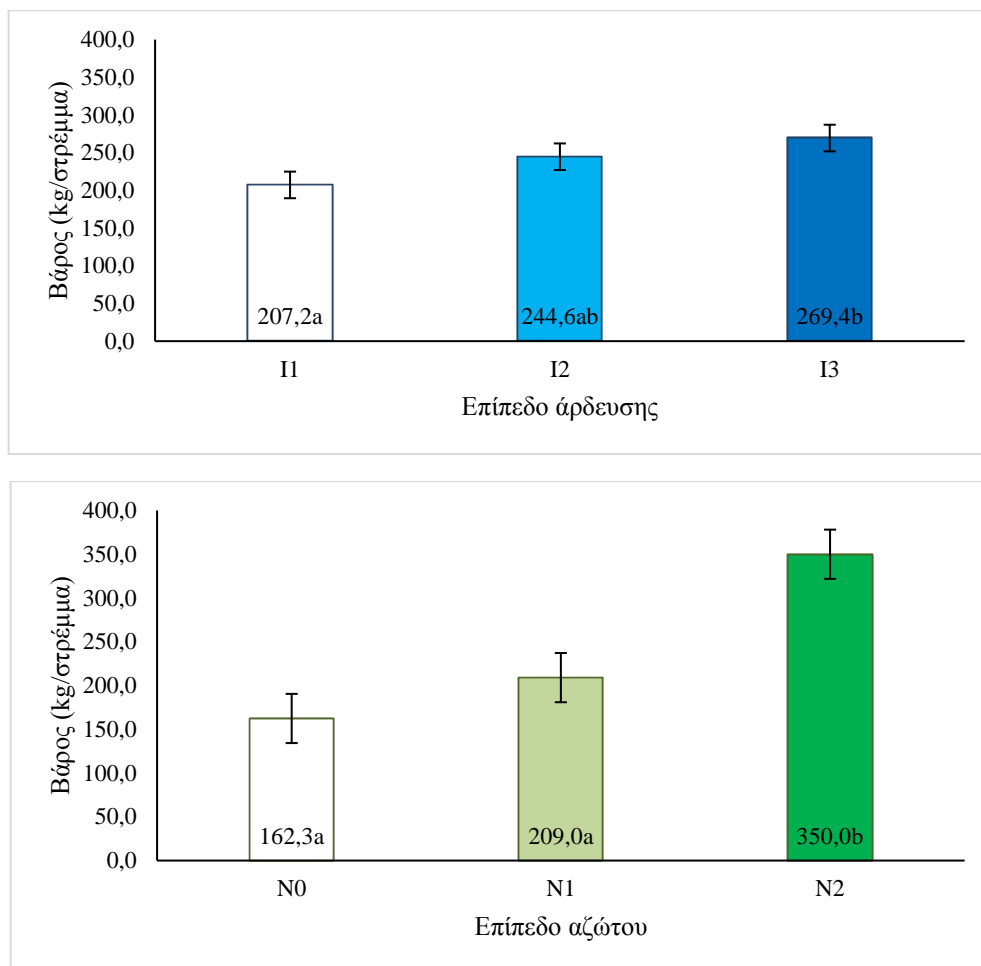
Εικ. 3.11. Η παραγωγή χλωρών βλαστών (γ-άξονας σε kg/στρέμμα) για 3 επίπεδα άρδευσης (α. επάνω) και 3 επίπεδα λίπανσης (β. κάτω), όπως μετρήθηκε τον Αύγουστο του 2016.

3.2.6 Παραγωγή συνολικού χλωρού βάρους

Κατά την πρώτη κοπή η παραγωγή χλωρής δρόγης ήταν χαμηλότερη στο μάρτυρα της άρδευσης (I0) και αυτό επηρέασε την παραγωγή του συνολικού χλωρού βάρους όπως φαίνεται στην Εικ. 3.12. Στο χρόνο της δεύτερης κοπής οι διαφορές που παρατηρήθηκαν σε επιμέρους παραγωγές χλωρών βλαστών και χλωρής δρόγης αντικατοπτρίζονται και στην συνολική παραγωγή χλωρού βάρους όπως φαίνεται στην Εικ. 3.12. Στην τελική δειγματοληψία φαίνονται οι πολύ μικρές διαφορές μεταξύ των I3 και I2 (Εικ. 3.13). Αισθητές είναι οι διαφορές της μεταχείρισης N2 σε σύγκριση με N0 και N1 καθώς τα τελικά βάρη που σημειώθηκαν ήταν 349,96, 209 και 162,33 kg/στρέμμα αντίστοιχα.



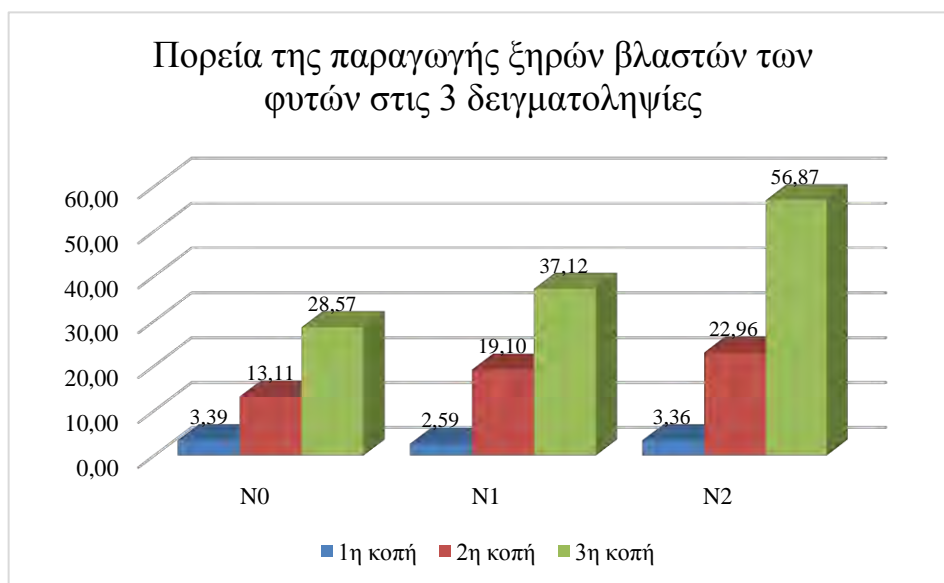
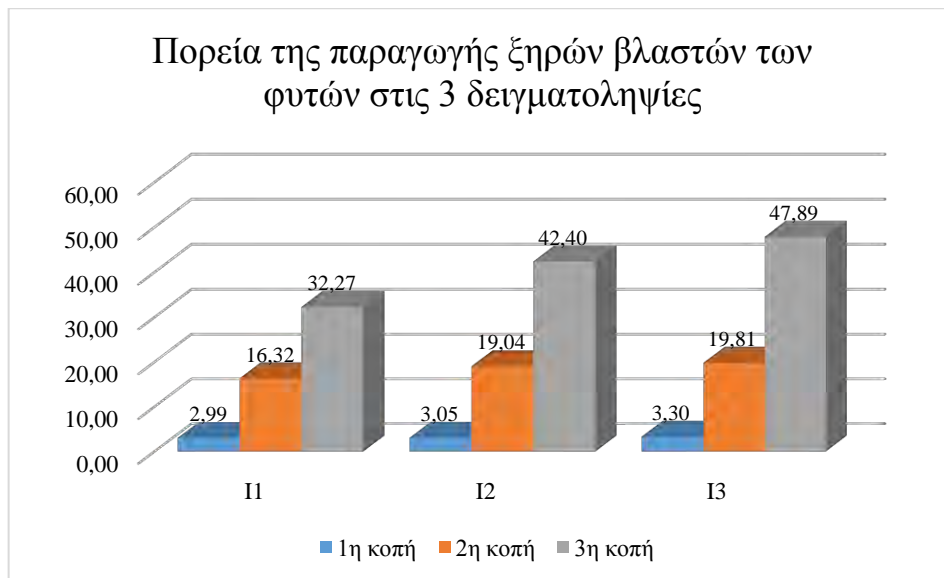
Εικ. 3.12. Η παραγωγή συνολικού χλωρού βάρους (γ-άξονας σε kg/στρέμμα) για 3 επίπεδα άρδευσης (α. επάνω) και 3 επίπεδα λίπανσης (β. κάτω), στον πειραματικό αγρό δενδρολίβανου, στην Ν. Αγχίαλο (Μαγνησίας) κατά τη διάρκεια των τριών δειγματοληψιών.



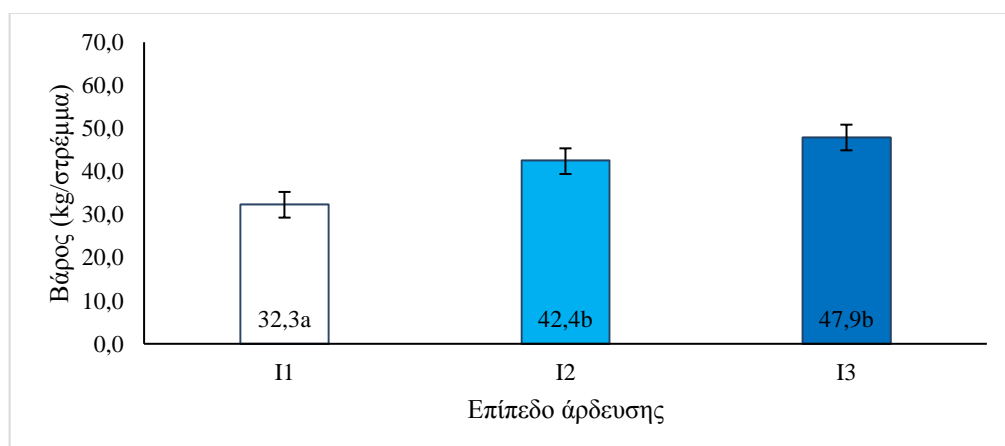
Εικ. 3.13. Η παραγωγή συνολικού χλωρού βάρους (y-άξονας σε kg/στρέμμα) για 3 επίπεδα άρδευσης (α. επάνω) και 3 επίπεδα λίπανσης (β. κάτω), όπως μετρήθηκε τον Αύγουστο του 2016.

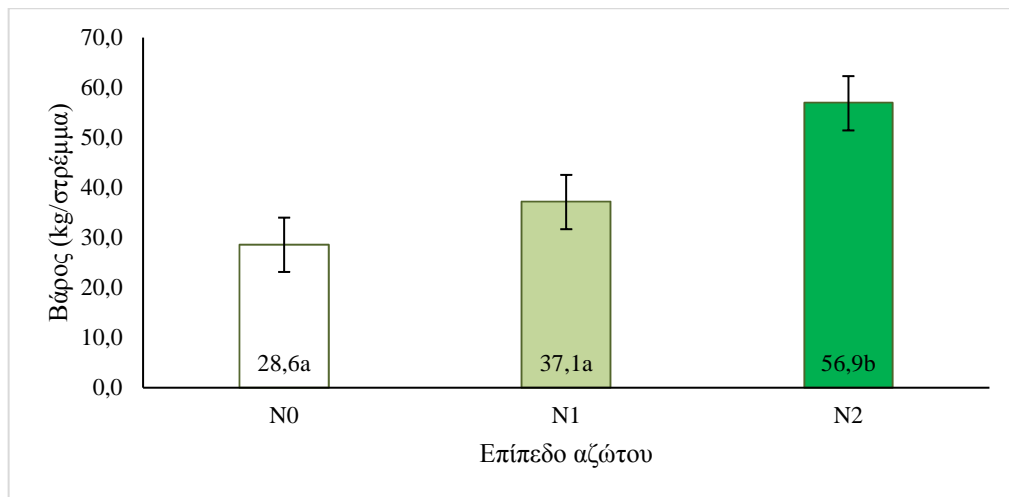
3.2.7 Παραγωγή ξηρών βλαστών

Όπως φαίνεται στην Εικ. 3.14 παρατηρήθηκε σχετική ομοιομορφία στην παραγωγή ξηρών βλαστών κατά τη διάρκεια της 1^{ης} κοπής. Στο χρόνο της δεύτερης κοπής παρατηρήθηκε, όπως και στην παραγωγή χλωρής δρόγης, αυξημένος μέσος όρος παραγωγής στα αυξημένα επίπεδα αζώτου της μεταχείρισης N2 (22,96 kg/στρέμμα) σε σχέση με τις μεταχειρίσεις N0 και N1 (13,11 και 19,1 kg/στρέμμα αντίστοιχα). Ελάχιστες διαφορές παρατηρήθηκαν στα διαφορετικά επίπεδα της άρδευσης. Στην τρίτη κοπή, άρδευση και λίπανση επέφεραν στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα στην καλλιέργεια. Πιο συγκεκριμένα, είναι εμφανές πως υπερέχει η N2 έναντι N1 και N0 ενώ και πάλι οι αρδεύσεις I2 και I3 κινήθηκαν σε παρόμοια αποτελέσματα τα οποία όμως κινήθηκαν σε αρκετά υψηλότερα επίπεδα σε σχέση με την ξηρική καλλιέργεια (Εικ. 3.15).



Εικ. 3.14. Η παραγωγή ξηρών βλαστών (y-άξονας σε kg/στρέμμα) για 3 επίπεδα άρδευσης (α. επάνω) και 3 επίπεδα λίπανσης (β. κάτω), στον πειραματικό αγρό δενδρολίβανου, στην Ν. Αγχίαλο (Μαγνησίας) κατά τη διάρκεια των τριών δειγματοληψιών.

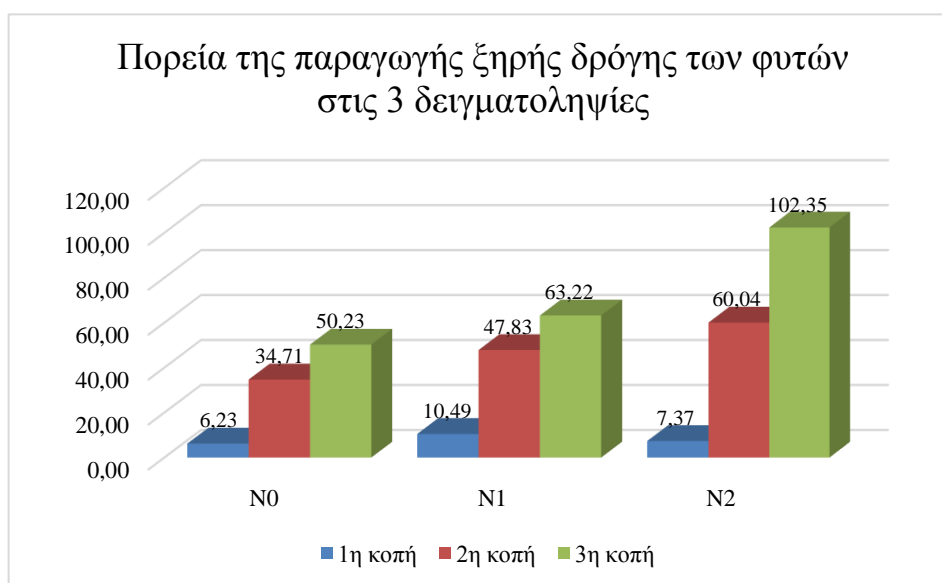
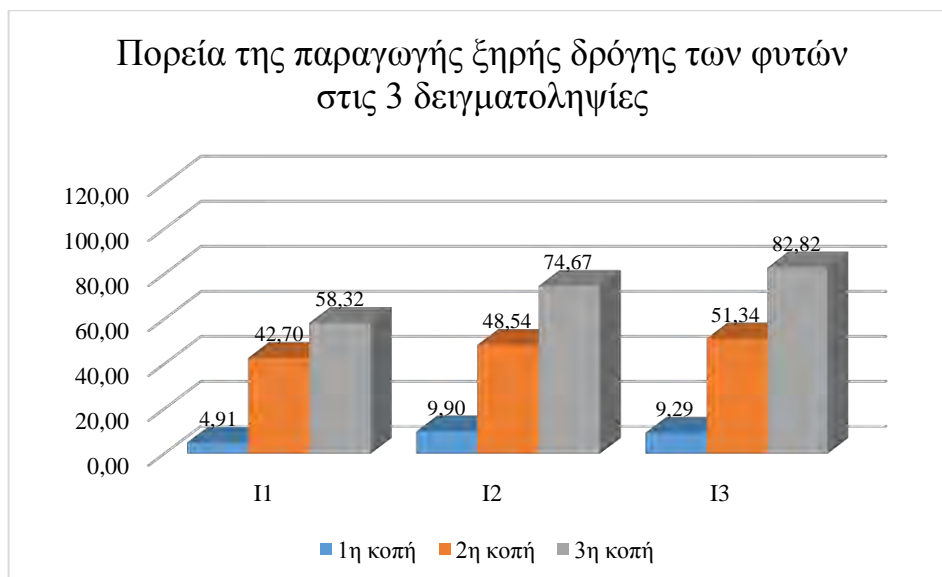




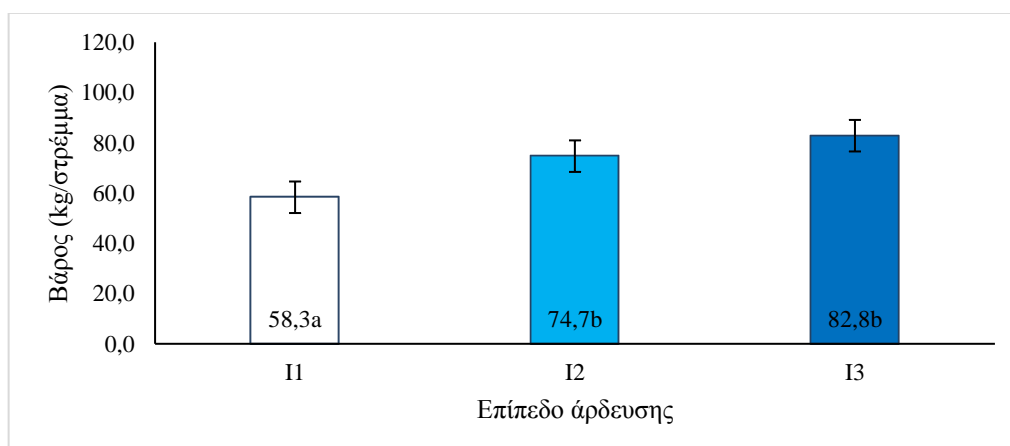
Εικ. 3.15. Η παραγωγή ξηρών βλαστών (y-άξονας σε kg/στρέμμα) για 3 επίπεδα άρδευσης (α. επάνω) και 3 επίπεδα λίπανσης (β. κάτω), όπως μετρήθηκε τον Αύγουστο του 2016.

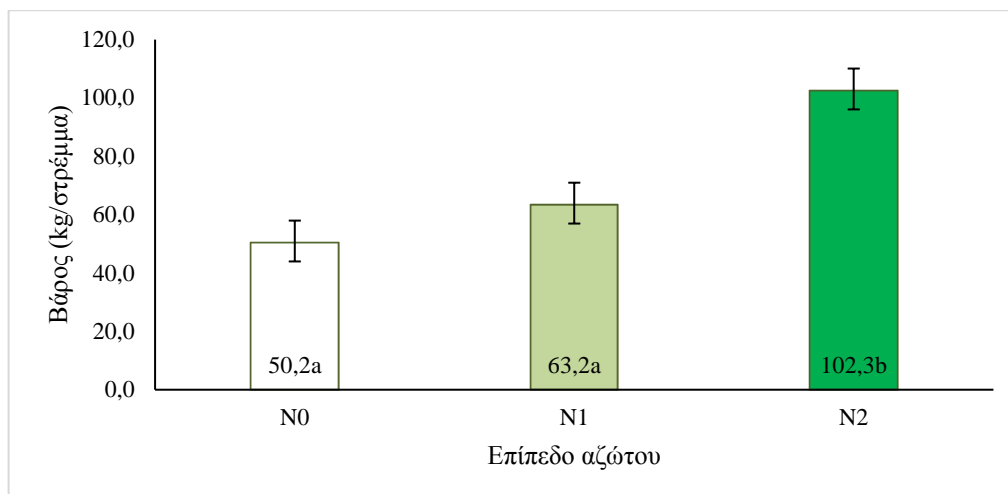
3.2.8 Παραγωγή ξηρής δρόγης

Γενικός μέσος όρος των παραγωγών ξηρής δρόγης ήταν τα 8 kg/στρέμμα κατά την πρώτη κοπή. Παρατηρήθηκε χαμηλότερος μέσος όρος παραγωγής και πάλι στον μάρτυρα της άρδευσης (I0) όπως φαίνεται στην Εικ. 3.16. Κατά τη δεύτερη κοπή παρατηρήθηκε αυξημένος μέσος όρος παραγωγής στα αυξημένα επίπεδα αζώτου της μεταχείρισης N2 σε σχέση με τις μεταχειρίσεις N0 και N1 καθώς άρχισαν να φαίνονται τα πρώτα αποτελέσματα της εφαρμογής αζώτου τα οποία είναι πιο αισθητά στην τελευταία κοπή. Μικρότερες διαφορές παρατηρήθηκαν στα διαφορετικά επίπεδα της άρδευσης για τις μεταχειρίσεις I1, I2 και I3 αντίστοιχα όπως φαίνεται στην Εικ. 3.10. Τόσο η άρδευση όσο και η λίπανση επηρέασαν στατιστικά σημαντικά την παραγωγή ξηρής δρόγης στην τρίτη κοπή. Παρουσιάζεται και πάλι μια ομοιότητα στα αποτελέσματα των I2 και I3 καθώς απείχαν μεταξύ τους μόλις 8,1 kg. Στη λίπανση υπερέχει αισθητά το επίπεδο N2 καθώς απέχει 31,9 και 52,1 kg από τις N1 και N0 αντίστοιχα (Εικ. 3.17).



Εικ. 3.16. Η παραγωγή ξηρής δρόγης (y-άξονας σε kg/στρέμμα) για 3 επίπεδα άρδευσης (α. επάνω) και 3 επίπεδα λίπανσης (β. κάτω), στον πειραματικό αγρό δενδρολίβανου, στην Ν. Αγχίαλο (Μαγνησίας) κατά τη διάρκεια των τριών δειγματοληψιών.

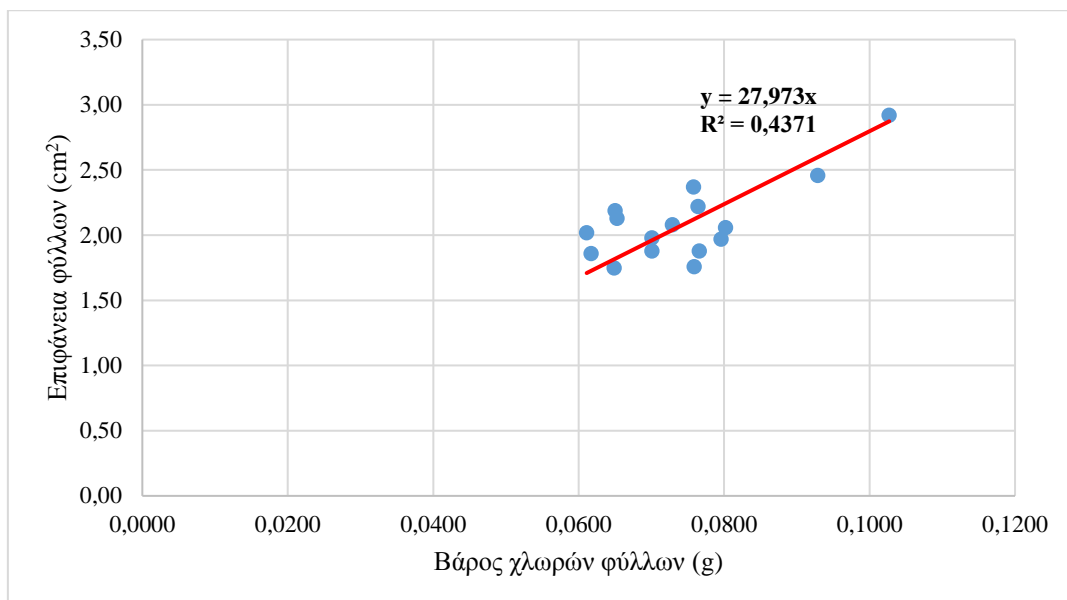




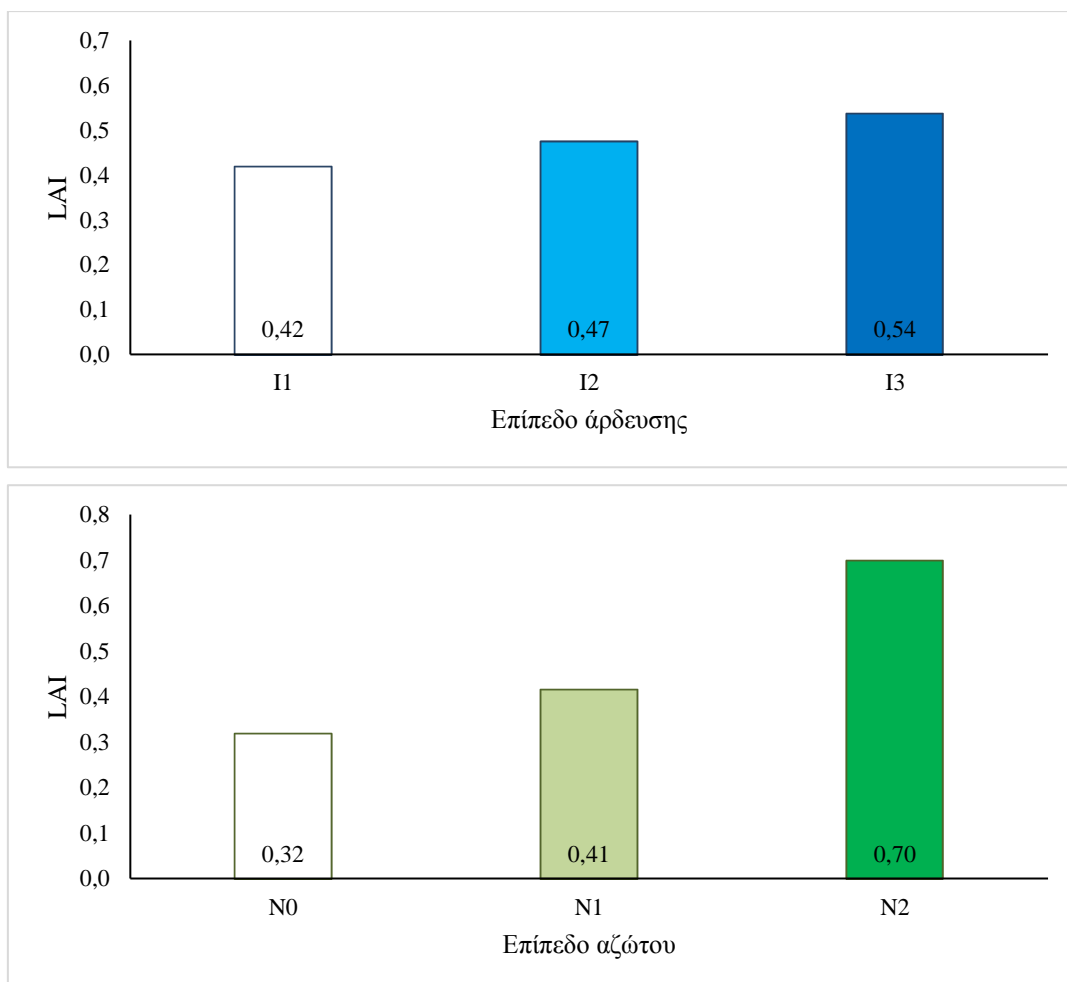
Εικ. 3.17. Η παραγωγή ξηρής δρόγης (y-άξονας σε kg/στρέμμα) για 3 επίπεδα άρδευσης (α. επάνω) και 3 επίπεδα λίπανσης (β. κάτω), όπως μετρήθηκε τον Αύγουστο του 2016.

3.2.9 Ειδική φυλλική επιφάνεια και δείκτης φυλλικής επιφάνειας

Η ειδική φυλλική επιφάνεια (SLA, m²/kg ξηρού φύλλου) είναι μορφολογικό χαρακτηριστικό του φυτού. Για ένα συγκεκριμένο είδος, η τιμή του αλλάζει ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες και την ηλικία του φυτού. Εξαρτάται από τον ρυθμό φωτοσυνθετικών παραγόντων που επενδύονται για την παραγωγή νέων φύλλων, καθώς και την αναλογία της φυλλικής επιφάνειας που παράγεται ανά μονάδα ξηρού φύλλου. Αποτελεί σημαντικό δείκτη για τη δέσμευση του φωτός και τη φωτοσύνθεση. Αρκετοί συγγραφείς απέδειξαν πως η ειδική φυλλική επιφάνεια (SLA) είναι αντιστρόφως ανάλογη της έντασης του φωτός (Gmeling Meyling, 1973; Danalatos et al., 1994). Υπολογίστηκε έμμεσα ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας των δειγμάτων όπως περιγράφεται στο 2^ο κεφάλαιο και στην Εικ. 3.18 παρουσιάζεται η σχέση από την οποία προέκυψαν οι τιμές LAI κατά την τρίτη κοπή με αναγωγή στα βάρη της χλωρής δρόγης. Στην Εικ. 3.19 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των τιμών LAI για κάθε μεταχείριση. Καθώς παρατηρήθηκε πως τα φυτά κάλυπταν κατά προσέγγιση το 1/7 της επιφάνειας εδάφους, οι δείκτες φυλλικής επιφάνειας αναφέρονται σε αυτήν την συγκεκριμένη επιφάνεια. Λόγω των παραπάνω δικαιολογείται και ο μικρός ρυθμός αύξησης σε ξηρό βάρος που προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο 3.2.8.



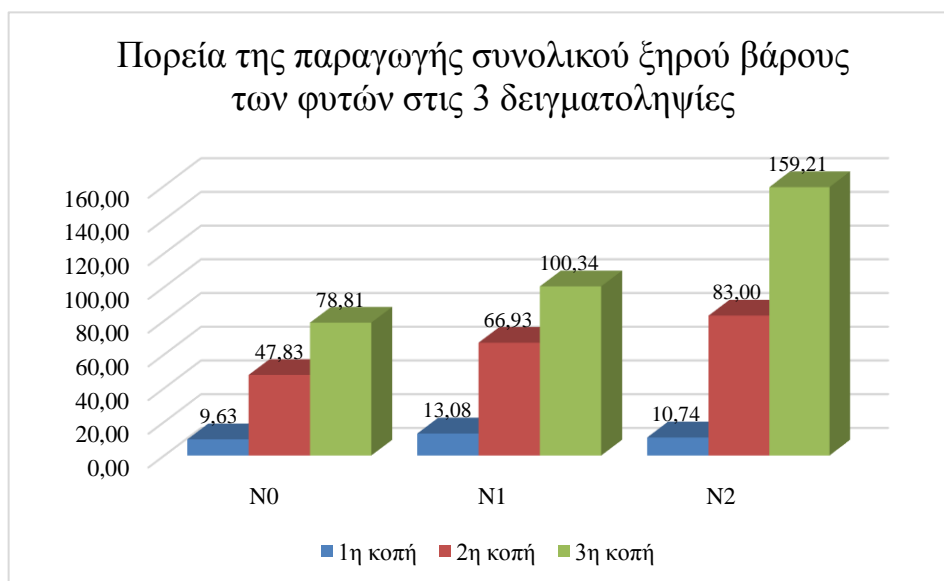
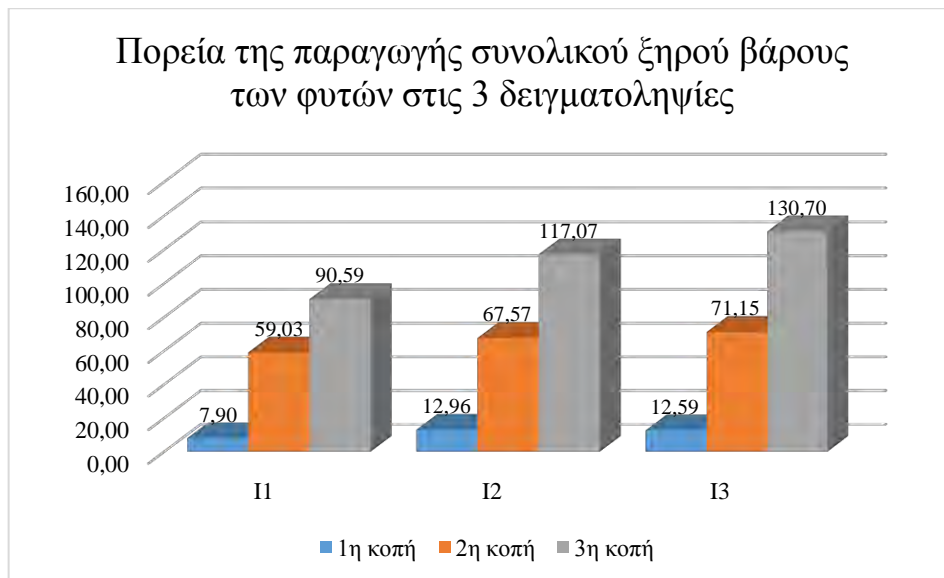
Εικ. 3.18. Το διάγραμμα συσχέτισης της επιφάνειας φύλλων (y-άξονας σε m^2) και του χλωρού βάρους των φύλλων, όπως μετρήθηκαν τον Αύγουστο του 2016.



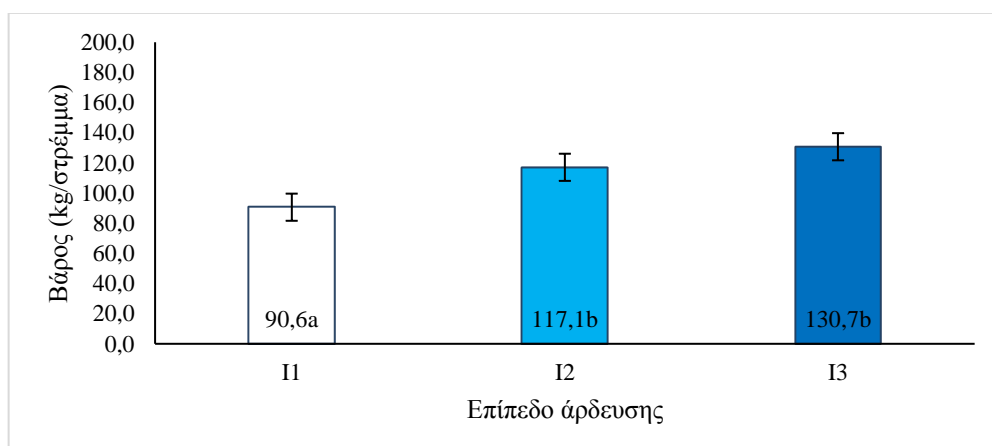
Εικ. 3.19. Οι δείκτες φυλλικής επιφάνειας (y-άξονας σε m^2) για 3 επίπεδα άρδευσης (α. επάνω) και 3 επίπεδα λίπανσης (β. κάτω), όπως μετρήθηκαν τον Αύγουστο του 2016.

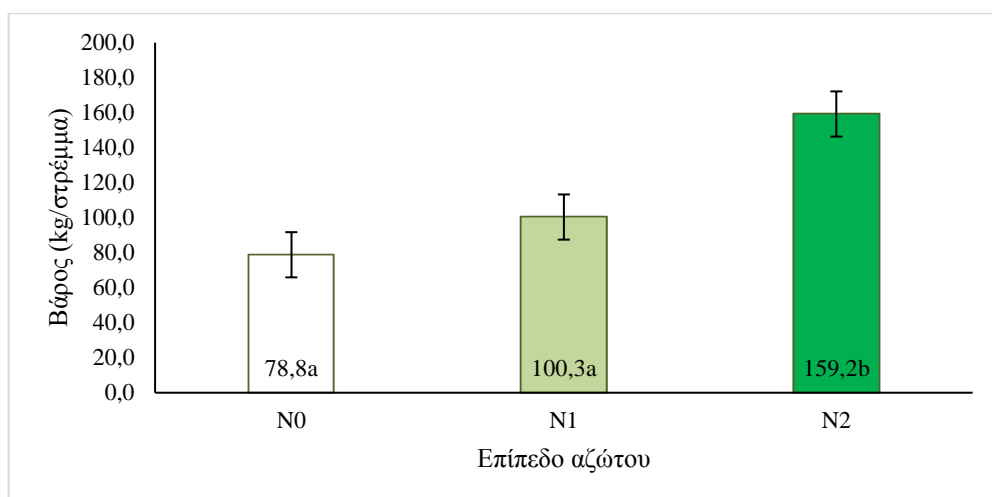
3.2.10 Συνολικό ξηρό βάρος

Ο γενικός μέσος όρος της συνολικής παραγωγής ξηρού βάρους κατά την 1^η κοπή ανήλθε στα 11,15 kg/στρέμμα. Αρκετά χαμηλότερα βρέθηκε ο μέσος όρος της ξηρικής διαχείρισης I0 της καλλιέργειας (7,9 kg/στρέμμα) όπως φαίνεται στην Εικ. 3.19. Κατά τη δεύτερη κοπή παρατηρήθηκε, όπως και στην παραγωγή χλωρής δρόγης, αυξημένος μέσος όρος παραγωγής στα αυξημένα επίπεδα αζώτου της μεταχείρισης N2 (83 kg/στρέμμα) σε σχέση με τις μεταχειρίσεις N0 και N1 (47,83 και 66,93 kg/στρέμμα αντίστοιχα). Επίσης διαφορές παρατηρήθηκαν στα διαφορετικά επίπεδα της άρδευσης συνυπολογίζοντας όμως τη σχετική ομοιότητα που παρουσιάστηκε και πάλι μεταξύ I2 και I3. Στο χρόνο της 3^{ης} κοπής, όπως για τις επιμέρους παραγωγές ξηρής δρόγης αλλά και ξηρών βλαστών, έτσι και για το συνολικό ξηρό βάρος βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές και για τους δύο παράγοντες. Πιο συγκεκριμένα, όπως φαίνεται στην Εικ. 3.20, οι μεταχειρίσεις I2 και I3 βρίσκονται και πάλι αρκετά κοντά ενώ οι η μεταχείριση N2 φαίνεται ξεκάθαρα πως αύξησε σημαντικά το ξηρό βάρος. Ο βέλτιστος συνδιασμός μεταχειρίσεων που απέδωσε τα περισσότερα κιλά ανά στρέμμα απεδείχθη ο I3N2 (187,9 kg/στρέμμα). Μεταξύ 2^{ης} και 3^{ης} κοπής υπολογίστηκαν οι ρυθμοί αύξησης για κάθε μεταχείριση και ήταν οι εξής: 1, 1,6 και 1,9 kg/στρέμμα ανά ημέρα για τις I1, I2 και I3 και 1, 1,1 και 2,5 kg/στρέμμα ανά ημέρα για N0, N1 και N2 αντίστοιχα.



Εικ. 3.19. Η παραγωγή συνολικού ξηρού βάρους (y-άξονας σε kg/στρέμμα) για 3 επίπεδα άρδευσης (α. επάνω) και 3 επίπεδα λίπανσης (β. κάτω), στον πειραματικό αγρό δενδρολίβανου, στην Ν. Αγχίαλο (Μαγνησίας) κατά τη διάρκεια των τριών δειγματοληψιών.





Εικ. 3.20. Η παραγωγή συνολικού ξηρού βάρους (y-άξονας σε kg/στρέμμα) για 3 επίπεδα άρδευσης (α. επάνω) και 3 επίπεδα λίπανσης (β. κάτω), όπως μετρήθηκε τον Αύγουστο του 2016.

Σύμφωνα με τα παραπάνω ευρήματα, ακολουθούν τα συμπεράσματα που αφορούν στο πρώτο έτος της καλλιέργειας του δενδρολίβανου το οποίο θεωρείται έτος εγκατάστασης που σαφώς πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στο εκάστοτε business plan του παραγωγού.

- Η άρδευση φάνηκε πως επηρεάζει σχετικά νωρίς την αύξηση της καλλιέργειας, έτσι ώστε 2 μήνες μετά την μεταφύτευση φάνηκε σαφώς τάση αύξησης της αρδευόμενης καλλιέργειας ως προς την ξηρική. Η ίδια τάση ήταν αρκετά μικρότερη μεταξύ των επιπέδων I2 και I3. Κατά την παρατεταμένη περίοδο ξηρασίας του Αυγούστου, η θετική επίδραση της άρδευσης έγινε ακόμα πιο αισθητή στην συνολική παραγωγή ξηρού βάρους αλλά και συνολικού ξηρού βάρους της καλλιέργειας.
- Εκτός της άρδευσης, έντονη ήταν η επίδραση της εφαρμογής αζώτου καθώς η βέλτιστη μεταχείριση του πειράματος αύξησε τις περισσότερες μεταβλητές ανάπτυξης της καλλιέργειας αισθητά.
- Η παραγωγή ξηρής δρόγης, που είναι και το εμπορικό προϊόν της καλλιέργειας, έφτασε τα 121 kg/στρέμμα στην μεταχείριση με πλήρη άρδευση και 5 μονάδες αζώτου ανά στρέμμα (I3N2) σε αντίθεση με τα μόλις 35 kg/στρέμμα που απέδωσε η ξηρική και μη λιπαινώμενη διαχείριση της καλλιέργειας. Με ‘ελλειμματική’ άρδευση και 5 μονάδες αζώτου (I2N2) η διαφορά από το μέγιστο ήταν μόλις 19 kg.

Συμπερασματικά, κρίνεται άκρως συμφέρουσα η λίπανση της καλλιέργειας με αζωτούχο λίπασμα στην ποσότητα της τάξης των 5 kg/στρέμμα καθώς αυξάνει τις αποδόσεις ξηρής δρόγης, συνεπώς και το εισόδημα του παραγωγού. Όσον αφορά στον παράγοντα της διαθεσιμότητας νερού, κρίνεται δυνατό και ωφέλιμο να αρδευτεί η καλλιέργεια με μικρότερες ποσότητες νερού όπως η (I2) καθώς η ανάπτυξη των φυτών κατά το 1^ο έτος της εγκατάστασης είναι προφανώς μικρότερες ότι στα επόμενα έτη καθώς δεν έχει επιτευχθεί ακόμα πλήρης φυτοκάλυψη. Κατά την I2 παραμένουν ψηλές οι παραγωγές και σε ‘ελειπή’ άρδευση, κάτι το οποίο αποτελεί οικονομική ελάφρυνση για τον παραγωγό καθώς μπορούν να μειωθούν τα τιμολόγια υδροδότησης κατά το ήμισυ, τουλάχιστον για το πρώτο έτος της φυτείας. Εν κατακλείδι, με σκοπό το οικονομικό όφελος αλλά και ταυτόχρονα τις μειωμένες εισροές, προτείνεται η μεταχείριση I2N2 για το έτος εγκατάστασης μια φυτείας δενδρολίβανου.

- Abdelaziz M., Pokluda R., Abdelwahab M. (2007). Influence of compost, microorganisms and NPK fertilizer upon growth, chemical composition and essential oil production of *Rosmarinus officinalis* L., Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj, 35, Issue 1, Egypt, 86-90.
- Abreu, M.E., Muller, M., Alegre, L., Munné-Bosch, S. (2008). Phenolic diterpene and α-tocopherol contents in leaf extracts of 60 *Salvia* species. J. Sci. Food Agric. 88, 2648–2653.
- Achour, S., Khelifi, E., Attia, Y., Ferjani, E., Noureddine Hellal, A. (2012). Concentration of antioxidant polyphenols from *Thymus capitatus* extracts by membrane process technology. J. Food Sci. 77, 703–709.
- Aoyagi, Y., Takahashi, Y., Satake, Y., Takeya, K., Aiyama, R., Matsuzaki, T., Hashimoto, S., Kurihara, T. (2006). Cytotoxicity of abietane diterpenoids from *Perovskia abrotanoides* and of their semisynthetic analogues. Bioorg. Med. Chem. 14, 5285–5291.
- Aruoma, O.I., Halliwell, B., Aeschbach, R., Loligers, J. (1992). Antioxidant and pro-oxidant properties of active rosemary constituents: carnosol and carnosic acid. Xenobiotica 22, 257–268.
- Baliga, M.S., Jimmy, R., Thilakchand, K.R., Sunitha, V., Bhat, N.R., Saldanha, E., Rao, S., Rao, P., Arora, R., Palatty, P.L. (2013). *Ocimum Sanctum* L. (Holy Basil or Tulsi) and its phytochemicals in the prevention and treatment of cancer. Nutr. Cancer 65, 26–35.
- Bampidis, V.A., Christodoulou, V., Christaki, E., Florou-Paneri, P., Spais, A.B (2005). Effect of dietary garlic bulb and garlic husk supplementation on performance and carcass characteristics of growing lambs. Anim. Feed Sci. Technol., 121, 273–283.
- Bauer, J., Kuehn, S., Rollinger, J.M., Scherer, O., Northoff, H., Stuppner, H., Werz, O., Koeberle, A. (2012). Carnosol and carnosic acids from *Salvia officinalis* inhibit microsomal prostaglandin H2 synthase-1. J. Pharmacol. Exp. Ther. 342, 169–176.
- Botsoglou, N.A., Taitzoglou, I.A., Botsoglou, E., Zervos, I., Kokoli, A., Christaki, E.; Nikolaidis, E. (2009). Effect of long-term dietary administration of oregano and rosemary on the antioxidant status of rat serum, liver, kidney and heart after carbon tetrachloride-induced oxidative stress. J. Sci. Food Agric., 89, 1397–1406.
- Brieskorn, C.H., Dümmling, H.J. (1969). Carnosolsäure, der wichtige antioxydativ wirksame Inhaltsstoff des Rosmarin- und Salbeiblattes. Eur. Food Res. Tech. Z. Lebensm. Unters. Forsch. 141, 10–16.
- Brückner, K., Božić, D., Manzano, D., Papaefthimiou, D., Pateraki, I., Scheler, U., Ferrer, A., de Vos, R.C., Tissier, A. (2014). Characterization of two genes for the biosynthesis of abietane-type diterpenes in rosemary *Rosmarinus officinalis* glandular trichomes. Phytochemistry 101, 52–64.
- Bruno, M., Savona, G., Piozzi, F., de la Torre, M.C., Rodriguez, B., Marlier, M. (1991). Abietane diterpenoids from *Lepechinia meyeri* and *Lepechinia hastata*. Phytochemistry 30, 2339–2343.

- Calabrese, V., Scapagnini, G., Catalano, C., Dinotta, F., Geraci, D., Morganti, P. (2000). Biochemical studies of a natural antioxidant isolated from rosemary and its application in cosmetic dermatology. *Int. J. Tissue React.* 22, 5–13.
- Chang, J (2000). Medicinal herbs: Drugs or dietary supplements? *Biochem. Pharmacol.*, 59, 211–219.
- Collin, H (2006). Herbs, spices and cardiovascular disease. In *Handbook of Herbs and Spices*; Peter, K.V., Ed.; Woodhead Publishing Limited: Cambridge, UK, 3, 126–137.
- Danalatos, N.G., C.S. Kosmas, P.M. Driessen, and N. Yassoglou, 1994. Estimation of the draining soil moisture characteristic from standard data as recorded in routine soil surveys. *J. Geoderma* 64: 155-165.
- Danilenko, M., Studzinski, G.P. (2004). Enhancement by other compounds of the anti- cancer activity of vitamin D(3) and its analogs. *Exp. Cell Res.* 298, 339–358.
- del Bano, M.J., Lorente, J., Castillo, J., Benavente-Garcia, O., del Rio, J.A., Ortuno, A., Quirin, K.W., Gerard, D. (2003). Phenolic diterpenes, flavones, and rosmarinic acid distribution during the development of leaves, flowers, stems, and roots of *Rosmarinus officinalis*. Antioxidant activity. *J. Agric. Food Chem.* 51, 4247–4253.
- Dickmann, L.J., VandenBrink, B.M., Lin, Y.S. (2012). In vitro hepatotoxicity and cytochrome P450 induction and inhibition characteristics of carnosic acid, a dietary supplement with antiadipogenic properties. *Drug Metab. Dispos.* 40, 1263–1267.
- Djarmati, Z., Jankov, R.M., Schwirtlich, E., Djulinac, B., Djordjevic, A. (1991). High antioxidant activity of extracts obtained from sage by supercritical CO₂ extraction. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 68, 731–734.
- Einbond, L.S., Wu, H.a., Kashiwazaki, R., He, K., Roller, M., Su, T., Wang, X., Goldsberry, S. (2012). Carnosic acid inhibits the growth of ER-negative human breast cancer cells and synergizes with curcumin. *Fitoterapia* 83, 1160–1168.
- Farooqi, A.A. and Sreeramulu, B.S., (2001), *Cultivation of Medicinal and Aromatic Crops*, University Press (India) Ltd., Hyderabad, India.
- Fontana, E., Hoeberechts, J., Nicola, S. (2006). Effect of mulching in medicinal and aromatic plants in organic farm guest houses. *Acta Hort* 723, 405–410.
- Gmelig Meyling, H.D., 1973. Effect of light intensity, temperature and daylength on the rate of leaf appearance of maize. *Neth. J. Agric. Sci.* 21: 68-76.
- Guerrero, I.C., Andres, L.S., Leon, L.G., Machin, R.P., Padron, J.M., Luis, J.G., Delgadillo, J. (2006). Abietane diterpenoids from *Salvia pachyphylla* and *S. clevelandii* with cytotoxic activity against human cancer cell lines. *J. Nat. Prod.* 69, 1803–1805.
- Gurib-Fakim, A. (2006). Medicinal plants: Traditions of yesterday and drugs of tomorrow. *Mol. Aspects Med.*, 27, 1–93.
- Hadad, N., Levy, R. (2012). The synergistic anti-inflammatory effects of lycopene, lutein, b-carotene, and carnosic acid combinations via redox-based inhibition of NF- κ B signaling. *Free Radical Biol. Med.* 53, 1381–1391.
- Hill, R.A., Connolly, J.D. (2013). Triterpenoids. *Nat. Prod. Rep.* 30, 1028–1065.
- Hoeberechts J., Nikola S., Fontana E., (2004), Growth of Lavender (*Lavandula officinalis*) and Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) in Response to Different Mulches, *Proc. XXVI IHC* –

- Future for medicinal and Aromatic Plants, Acta Hort. 629, ISHS 2004, Universita di Torino Via Leonardo da Vinci, Italy, 245-251.
- Hopia, A.I., Huang, S.W., Schwarz, K., German, J.B., Frankel, E.N. (1996). Effect of different lipid systems on antioxidant activity of rosemary constituents carnosol and carnosic acid with and without α -tocopherol. J. Agric. Food Chem. 44, 2030–2036.
- Hossain, M.B., Rai, D.K., Brunton, N.P., Martin-Diana, A.B., Barry-Ryan, C. (2010). Characterization of phenolic compounds in marjoram (*Origanum majorana* L.) by LC–ESI-MS/MS. International Conference of Food Innovation (Food Innova 2010). Universidad Politecnica de Valencia, 25–29.
- Huang, S.W., Frankel, E.N., Schwarz, K., Aeschbach, R., German, J.B. (1996). Antioxidant activity of carnosic acid and methyl carnosate in bulk oils and oil-in-water emulsions. J. Agric. Food Chem. 44, 2951–2956.
- Hussein, A.A., Meyer, J.J.M., Jimeno, M.L., Rodriguez, B. (2007). Bioactive diterpenes from *Orthosiphon labiatus* and *Salvia africana-lutea*. J. Nat. Prod. 70, 293–295.
- Ibarra, A., Cases, J., Roller, M., Chiralt-Boix, A., Coussaert, A., Ripoll, C. (2011). Carnosic acid-rich rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) leaf extract limits weight gain and improves cholesterol levels and glycaemia in mice on a high-fat diet. Br. J. Nutr. 106, 1182–1189.
- Jayasinghe, C., Gotoh, N., Aoki, T., Wada, S. (2003). Phenolics composition and antioxidant activity of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). J. Agric. Food Chem. 51, 4442–4449.
- Kadri, A., Zarai, Z., Chobba, I.B., Bekir, A., Gharsallah, N., Damak, M., Gdoura, R. (2011). Chemical constituents and antioxidant properties of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil cultivated from South-Western Tunisia. J. Med. Plants Res. 5, 5999–6004.
- Kamatou, G.P.P., Viljoen, A.M., Steenkamp, P. (2009). Antioxidant, antiinflammatory activities and HPLC analysis of South African *Salvia* species. Food Chem. 119, 684–688.
- Kandeel A.M. (2001). Effect of irrigation intervals on the growth and active ingredients of *Rosmarinus officinalis* L. plants. Arab Univ. J. Agric. Sci., 9(2), 825–38.
- Kontogianni, V.G., Tomic, G., Nikolic, I., Nerantzaki, A.A., Sayyad, N., Stosic-Grujicic, S., Stojanovic, I., Gerothanassis, I.P., Tzakos, A.G. (2013). Phytochemical profile of *Rosmarinus officinalis* and *Salvia officinalis* extracts and correlation to their antioxidant and anti-proliferative activity. Food Chem. 136, 120–129.
- Kosaka, K. (2012). Anti-ageing effect of rosemary by the biophylaxis mechanism: activation of Nrf2 biophylaxis mechanism and suppression of the glycation stress. Food Style 21 (16), 46–49.
- Kuhlmann, A., Roehl, C. (2006). Phenolic antioxidant compounds produced by in vitro cultures of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) and their anti-inflammatory effect on lipopolysaccharide-activated microglia. Pharm. Biol. 44, 401–410.
- Kuo, C.F., Su, J.D., Chiu, C.H., Peng, C.C., Chang, C.H., Sung, T.Y., Huang, S.H., Lee, W.C., Chyau, C.C. (2011). Anti-inflammatory effects of supercritical carbon dioxide extract and its isolated carnosic acid from *Rosmarinus officinalis* leaves. J. Agric. Food Chem. 59, 3674–3685.
- Li, T.S.C. (2006). The range of medicinal herbs and spices. In Handbook of Herbs and Spices; Peter, K.V., Ed.; Woodhead Publishing Limited: Cambridge, UK, 3, 113–125.

- Masuda, T., Oyama, Y., Arata, T., Inaba, Y., Takeda, Y. (2002). Cytotoxic activity of quinone derivatives of phenolic diterpenes from sage (*Salvia officinalis*). *ITE Lett. Batt. New Technol. Med.* 3, 39–42.
- Mahal S.S, Sidhu A.S., (2006). Effect of Different Irrigation Schedules and Nitrogen Levels on Growth, Yield Attributes and Seed Yield of Hybrid Canola (*Brassica napus* L.). *Environmental Ecology*. 24S. 4: 1108-1111.
- Matković, A., Božić D., Filipović, V., Radanović, D., Vrbničanin, S., Marković, T. (2015). Mulching as a physical weed control method applicable in medicinal plants cultivations. *LEK. SIROV.* 15(35), 37 – 51.
- Mengoni, E.S., Vichera, G., Rigano, L.A., Rodriguez-Puebla, M.L., Galliano, S.R., Cafferata, E.E., Pivetta, O.H., Moreno, S., Vojnov, A.A. (2011). Suppression of COX-2, IL-1b and TNF-a expression and leukocyte infiltration in inflamed skin by bioactive compounds from *Rosmarinus officinalis* L. *Fitoterapia* 82, 414–421.
- Milia M., Pinna M.E., Satta M., Scarpa G.M. (1996). Preliminary examinations of agronomic aspects in *Rosmarinus officinalis* L., Seminario Internazionale di Chiusura del Progetto PIM Sardegna, Cagliari, 18–19 Nov, 1994. *Rivista Italiana EPPOS*(19), 125–30.
- Molnar, V., Garai, J. (2005). Plant-derived anti-inflammatory compounds affect MIF tautomerase activity. *Int. Immunopharmacol.* 5, 849–856.
- Nicola's E., Ferrandez T., Rubio J.S., Alarco'n J.J., Sa'nchez-Blanco, M. (2008). Annual Water Status, Development, and Flowering Patterns for *Rosmarinus officinalis* Plants under Different Irrigation Conditions. *HORTSCIENCE* 43(5), 1580– 1585.
- Ocak, N.; Erener, G.; Burak, A.F.; Sungu, M.; Altop, A.; Ozmen, A. (2008). Performance of broilers fed diets supplemented with dry peppermint (*Mentha piperita* L.) or thyme (*Thymus vulgaris* L.) leaves as growth promoter source. *Czech J. Anim. Sci.*, 53, 169–175.
- Phitos D., Strid A., Smogerupand S., Greuter W. (1995). The red data book of rare and threatened plants of Greece, WWF, Athens.
- Piccaglia, R.; Marotti, M.; Giovanelli, E.; Deans, S.G.; Eaglesham, E. Antibacterial and antioxidant properties of mediterranean aromatic plants (1993). *Ind. Crops Prod.* 2, 47–50.
- Poeckel, D., Greiner, C., Verhoff, M., Rau, O., Tausch, L., Hoernig, C., Steinhilber, D., Schubert-Zsilavecz, M., Werz, O. (2008). Carnosic acid and carnosol potently inhibit human 5-lipoxygenase and suppress pro-inflammatory responses of stimulated human polymorphonuclear leukocytes. *Biochem. Pharmacol.* 76, 91–97.
- Puttanna, K. , Rao, Prakasa, E. V. S., Singh, Rakshapal and Ramesh, S. (2010). Influence of Nitrogen and Potassium Fertilization on Yield and Quality of Rosemary in Relation to Harvest Number. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 41(2), 190-198.
- Rajasekaran, D., Manoharan, S., Silvan, S., Vasudevan, K., Baskaran, N., Palanimuthu, D. (2013). Proapoptotic, anti-cell proliferative, anti-inflammatory and antiangiogenic potential of carnosic acid during 7,12 dimethylbenz[a]anthraceneinduced hamster buccal pouch carcinogenesis. *Afr. J. Tradit. Complement. Altern. Med.* 10, 102–112.
- Rau, O., Wurglics, M., Dingermann, T., Abdel-Tawab, M., Schubert-Zsilavecz, M. (2006a). Screening of herbal extracts for activation of the human peroxisome

Rau, O., Wurglics, M., Paulke, A., Zitzkowski, J., Meindl, N., Bock, A., Dingermann, T., Abdel-Tawab, M., Schubert-Zsilavecz, M. (2006b). Carnosic acid and carnosol, phenolic diterpene compounds of the labiate herbs rosemary and sage, are activators of the human peroxisome proliferator-activated receptor gamma. *Planta Med.* 72, 881–887.

Richheimer, S.L., Bernart, M.W., King, G.A., Kent, M.C., Beiley, D.T., (1996). Antioxidant activity of lipid-soluble phenolic diterpenes from rosemary. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 73, 507–514.

Richhelmer, S.L., Bailey, D.T., Bernart, M.W., Kent, M., Vininski, J.V., Anderson, L.D. (1999). Antioxidant activity and oxidative degradation of phenolic compounds isolated from rosemary. In: Pandalai, S.G. (Ed.), *Recent Research Developments in Oil Chemistry*, vol. 3. Transworld Research Network, Trivandrum, 45–58.

Schwarz, K., Ternes, W. (1992). Antioxidative constituents of *Rosmarinus officinalis* and *Salvia officinalis*. I. Determination of phenolic diterpenes with antioxidative activity amongst tocochromanols using HPLC. *Eur. Food Res. Tech. Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 195, 95–98.

Seyede Roghaye Hosseini V., Sobhanallah G. (2015). Comparative examination of the effect of manure and chemical fertilizers on yield and yield components of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.), *International Journal of Agronomy and Agricultural Research (IJAAR)*, 6(2), 29–37.

Seyede Roghaye Hosseini V., Sobhanallah G. (2015), Comparative examination of the effect of manure and chemical fertilizers on yield and yield components of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.), *International Journal of Agronomy and Agricultural Research (IJAAR)*, 6(2), 29–37.

Singh K.K. and Goswami T.K. (2000). Thermal properties of cumin seed, *Journal of Food Engineering*, 45(4), 181–187.

Singh M. (2004). Effects of plant spacing, fertilizer, modified urea material and irrigation regime on herbage, oil yield and oil quality of rosemary in semi-arid tropical condition. *J Hort Sci Biotech.* 79, 411–415.

Singh M. and Ramesh S. (2000). Effect of irrigation and nitrogen on herbage, oil yield and water use efficiency in rosemary grown under semi-arid tropical conditions. *J Med Aromat Plant Sci.* 22, 659–662.

Singh, M. and Guleria, N. (2012). Influence of harvesting stage and inorganic and organic fertilizers on yield and oil composition of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) in a semi-arid tropical climate, *Industrial Crops and Products* 37–40, India.

SmartCrops (2014). *Εφημερίδα* Agrenda, 2014, 24–25 <http://www.agronews.gr/files/1/PDF/enttheta_pdf/Smarts_Crops_06_14.pdf> Πρόσβαση 10/09/2016 .

Strid A., Tan, K. (eds) 1992. *Flora Hellenica and the threatened plants of Greece*, Opera Bot. 113, 55–67.

Strid A., Tan, K. (eds) 1997. *Flora Hellenica* vol. 1, Koeltz Scientific Books, Germany.

Swift, K. (1997). *Flavours and fragrances*. Cambridge, England: Woodhead Publishing Limited.

- Tashmukhamedova, M.A., Khushbaktova, Z.A., Syrov, V.N. (1988). Hypoglycemic activity of salvin and salvicin. Dokl. Akad. Nauk UzSSR, 43–45.
- Tawfeeq, A., Culham, C., Davis, F. and Reeves, M. (2015). Does fertilizer type and method of application cause significant differences in essential oil yield and composition in rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.), Industrial Crops and Products.
- Tounekti, T., Hernández, I., Müller, M., Khemira, H., Munné-Bosch, S. (2011). Kinetin applications alleviate salt stress and improve the antioxidant composition of leaf extracts in *Salvia officinalis*. Plant Physiol. Biochem. 49, 1165–1176.
- Tounekti, T., Munné-Bosch, S. (2012). Enhanced phenolic diterpenes antioxidant levels through non-transgenic approaches. Crit. Rev. Plant Sci. 31, 505–519.
- Tounekti, T., Munné-Bosch, S., Vadel, A.M., Chtara, C., Khemira, H. (2010). Influence of ionic interactions on essential oil and phenolic diterpene composition of Dalmatian sage *Salvia officinalis* L.). Plant Physiol. Biochem. 48, 813–821.
- Tsai, C.W., Lin, C.Y., Wang, Y.J. (2011). Carnosic acid induces the NAD(P)H: quinone oxidoreductase 1 expression in rat clone 9 cells through the p38/nuclear factor erythroid-2 related factor 2 pathway. J. Nutr. 141, 2119–2125.
- Vasunhara M., Khan M.M., Farooqi A.A., Nuthan D. (2002). Effect of drip fertigation on yield and cost economics in rosemary (*R. officinalis* L.). Indian Perfumer, 46(2), 179–90.
- Wang, T., Takikawa, Y., Tabuchi, T., Satoh, T., Kosaka, K., Suzuki, K. (2012). Carnosic acid (CA) prevents lipid accumulation in hepatocytes through the EGFR/MAPK pathway. J. Gastroenterol. 47, 805–813.
- Wellwood, C.R., Cole, R.A. (2004). Relevance of carnosic acid concentrations to the selection of rosemary, *Rosmarinus officinalis* (L.), accessions for optimization of antioxidant yield. J. Agric. Food Chem. 52, 6101–6107.
- Wenkert, E., Fuchs, A., McChesney, J.D. (1965). Chemical artifacts from the family Labiatae. J. Org. Chem. 30, 2931–2934.
- Yanagitai, M., Itoh, S., Kitagawa, T., Takenouchi, T., Kitani, H., Satoh, T. (2012). Carnosic acid, a pro-electrophilic compound, inhibits LPS-induced activation of microglia. Biochem. Biophys. Res. Commun. 418, 22–26.
- Yu, Y.M., Lin, C.H., Chan, H.C., Tsai, H.D. (2009). Carnosic acid reduces cytokine-induced adhesion molecules expression and monocyte adhesion to endothelial cells. Eur. J. Nutr. 48, 101–106.
- Αλιμπέρτης, Α. (2010). Βότανα της Κρήτης. Εκδόσεις Μύστης, Αθήνα.
- Βογιατζή Καμβούκου Ε. (2004), Επιλογή αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών, Εκδόσεις σύγχρονη παιδεία, Θεσσαλονίκη, 160.
- Βρανάκη Γ., Κολώνη Κυριακή (2008), Τα βότανα της Κρήτης και οι θεραπευτικές τους ιδιότητες, Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης Σχολή Επαγγελματίων Υγείας και Πρόνοιας Τμήμα Νοσηλευτική, Ηράκλειο.
- ΓΕΩΤΕΕ (2016). <<http://www.geotee-anmak.gr/img/ekdiloseis/biblio-aromatika.pdf>> Πρόσβαση 14/10/2016.
- Γιαχακοπούλου Μ. (2007). Τα Αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά της οικογένειας των Χειλανθών, Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης.
- Δόρδας Χ. (2012). Αρωματικά και Φαρμακευτικά φυτά, Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη, 358.

- Ελευθεροχωρινός Η. Γ. (2008). Ζιζανιολογία 3^η έκδοση, Εκδόσεις αγρότυπος, Αθήνα, 408.
- Ελληνική Στατιστική Αρχή, Εκμεταλλεύσεις και εκτάσεις σε βιομηχανικά φυτά κατά τάξεις μεγέθους εκτάσεων ετήσιων καλλιεργειών (2005, 2007). Πηγή: <<http://www.statistics.gr/el/>> Πρόσβαση 25/10/2016.
- ΙΕΤΕΘ, ΕΚΕΤΑ (2013). Έργο ΚΡΗΠΙΣ: «Ευφυής Πόλος Εξειδίκευσης και Ανάπτυξης Θεσσαλίας: Έρευνα, Καινοτομία, Στρατηγικές -Στρατηγικό σχέδιο για την ανάπτυξη του Αγροδιατροφικού τομέα στην Περιφέρεια Θεσσαλίας ενόψει της περιόδου 2014-2020, Βόλος.
- Κατσιώτης Σ.Θ., Χατζοπούλου Π. Σ. (2015). Αρωματικά φαρμακευτικά φυτά και αιθέρια έλαια, εκδόσεις αδελφών Κυριακίδη α.ε., Θεσσαλονίκη, 978.
- Κουτσός, Θ., 2006. Αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- Μαλούπα Ε., Γρηγοριάδου Κ., Λαζάρη Δ., Κρίγκας Ν. (2013). Καλλιέργεια μεταποίηση και διασφάλιση ποιότητας των ελληνικών αρωματικών φαρμακευτικών φυτών, Εκδόσεις Γ. Κ. Λουπελης, Καβάλα, 88.
- Παπαδοπούλου Δ. (2012). Εποχιακή διακύμανση αιθερίων ελαίων δενδρολίβανου (*Rosmarinus officinalis*), Πτυχιακή διατριβή, Αλεξάνρειο Τεχνολογικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης.
- Παπαναγιώτου, Ε., Παπανικολάου Κ., Ζαμανίδης Σ. (2001). Η καλλιέργεια των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών στην Ελλάδα. Γεωργία και Κτηνοτροφία 1, 36-42.
- Σαρλής Π. Γεώργιος (1999), Συστηματική Βοτανική Εφαρμογές Κορμόφυτων, Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, Αθήνα, 432.
- Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (2016). Πηγή: <http://www.minagric.gr/index.php/el/for-farmer-2/crop-production/510-anthi-kallopistika/1927-dendrolivano>.
- Φοίτος Δ., Κωνσταντινίδης Θ., Καμάρη Γ. (Επιμ. Έκδ.) (2009). Βιβλίο Ερυθρών Δεδομένων των Σπάνιων και Απειλούμενων και Απειλούμενων Φυτών της Ελλάδας, Ελληνική Βοτανική Εταιρεία και Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Πάτρα.

Παράρτημα

Ι) Πρωτογενή δεδομένα

ΕΠΙΧΑΡΑΚΤΗΡ	ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΡΑΕΥΣΗΣ	ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΖΩΤΟΥ	ΔΟΣΟΣ ΕΠΡΟΥ ΠΡΟΣ ΧΑΩΡΟ (%)	ΔΟΣΟΣ ΕΠΡΗΣ ΑΡΟΙΤΗΣ ΠΡΟΣ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΠΡΟ (%)	ΔΟΣΟΣ ΕΠΡΟΥ ΠΡΟΣ ΧΑΩΡΟ	ΒΑΡΟΣ ΧΑΩΡΗΣ ΑΡΟΙΤΗΣ	ΒΑΡΟΣ ΧΑΩΡΗΣ ΒΑΣΙΣΤΩΝ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΧΑΩΡΟ ΒΑΡΟΣ	ΒΑΡΟΣ ΕΠΡΗΣ ΑΡΟΙΤΗΣ	ΒΑΡΟΣ ΕΠΡΩΝ ΒΑΣΙΣΤΩΝ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΠΡΟ	LAI
1	I1	N0	42,79	60,77	42,79	84,14	33,32	117,47	30,55	19,72	50,26	0,24
1	I1	N1	45,64	66,54	45,64	119,69	45,82	165,51	50,26	25,27	75,53	0,34
1	I1	N2	42,98	61,90	42,98	221,60	98,86	320,47	85,25	52,49	137,74	0,62
1	I2	N0	43,31	62,39	43,31	203,28	91,64	294,92	79,70	48,04	127,74	0,57
1	I2	N1	48,44	61,43	48,44	118,30	42,21	160,51	47,76	29,99	77,76	0,33
1	I2	N2	48,12	63,19	48,12	226,33	106,08	332,41	101,08	58,87	159,96	0,63
1	I3	N0	45,81	66,46	45,81	71,92	27,49	99,42	30,27	15,27	45,54	0,20
1	I3	N1	58,66	61,15	58,66	166,34	56,65	222,99	79,98	50,82	130,80	0,47
1	I3	N2	45,88	64,23	45,88	371,84	140,79	512,63	151,07	84,14	235,21	1,04
2	I1	N0	45,21	65,52	45,21	94,70	29,99	124,69	36,93	19,44	56,37	0,27
2	I1	N1	48,01	64,12	48,01	125,52	48,60	174,12	53,60	29,99	83,59	0,35
2	I1	N2	39,14	67,68	39,14	211,89	66,93	278,81	73,87	35,27	109,14	0,59
2	I2	N0	49,24	65,35	49,24	90,25	38,32	128,58	41,38	21,94	63,32	0,25
2	I2	N1	46,70	65,99	46,70	121,35	55,26	176,62	54,43	28,05	82,48	0,34
2	I2	N2	45,68	64,50	45,68	208,28	81,09	289,36	85,25	46,93	132,19	0,58
2	I3	N0	54,82	61,34	54,82	104,14	54,43	158,57	53,32	33,60	86,92	0,29
2	I3	N1	43,87	63,35	43,87	143,29	60,54	203,83	56,65	32,77	89,42	0,40
2	I3	N2	47,61	63,44	47,61	233,55	85,53	319,08	96,36	55,54	151,90	0,65
3	I1	N0	45,36	61,33	45,36	94,42	43,32	137,74	38,32	24,16	62,48	0,26
3	I1	N1	44,77	62,98	44,77	155,93	68,59	224,52	63,32	37,21	100,53	0,44
3	I1	N2	43,40	66,40	43,40	236,60	85,25	321,85	92,75	46,93	139,68	0,66
3	I2	N0	51,60	69,59	51,60	144,13	64,70	208,83	74,98	32,77	107,75	0,40
3	I2	N1	50,00	60,55	50,00	150,24	73,59	223,83	67,76	44,15	111,91	0,42
3	I2	N2	49,28	62,83	49,28	264,37	122,19	386,56	119,69	70,81	190,50	0,74
3	I3	N0	57,06	61,22	57,06	135,24	55,54	190,78	66,65	42,21	108,86	0,38
3	I3	N1	45,91	63,05	45,91	229,66	99,42	329,07	95,25	55,82	151,07	0,64
3	I3	N2	45,46	65,57	45,46	272,15	116,36	388,50	115,80	60,82	176,62	0,76

II) Στατιστική ανάλυση

Μεταβλητή: Ύψος φυτών

ANOVA							
	dF	SS	MS	F	Ftable	LSD	LSD/2
Main plots		181,2					
Blocks	2	8,7	4,3	0,4	6,94	4,4	2,2
Irrigation	2	126,4	63,2	5,5	6,94		
Error 1	4	46,1	11,5				
Fertilization	2	118,4	59,2	3,5	3,9	4,2	2,1
Irr*Fertil	4	23,7	5,9	0,4	3,3	7,3	3,6
Error 2	12	200,2	16,7				
Total	26	523,5					

Πίνακας μέσων όρων	
Γενικός Μέσος όρος	37,0
I1	33,94
I2	38,67
I3	38,39
N0	34,72
N1	36,50
N2	39,78

Μεταβλητή: Παραγωγή χλωρής δρόγης

ANOVA							
	dF	SS	MS	F	Ftable	LSD	LSD/2
Main plots		17559,3					
Blocks	2	7219,8	3609,9	6,7	6,94	30,4	15,2
Irrigation	2	8183,9	4091,9	7,6	6,94		
Error 1	4	2155,7	538,9				
Fertilization	2	90132,9	45066,4	32,6	3,9	38,2	19,1
Irr*Fertil	4	9785,5	2446,4	1,8	3,3	66,2	33,1
Error 2	12	16606,3	1383,9				
Total	26	134084,0					

Πίνακας μέσων όρων	
Γενικός Μέσος όρος	170,3
I1	149,39
I2	169,61
I3	192,01
N0	113,58
N1	147,81
N2	249,62

Μεταβλητή: Παραγωγή χλωρών βλαστών

ANOVA							
	dF	SS	MS	F	Ftable	LSD	LSD/2
Main plots		4703,7					
Blocks	2	2434,1	1217,0	22,0	6,94	9,7	4,9
Irrigation	2	2048,4	1024,2	18,5	6,94		
Error 1	4	221,2	55,3				
Fertilization	2	13048,1	6524,1	18,7	3,9	19,2	9,6
Irr*Fertil	4	1273,1	318,3	0,9	3,3	33,3	16,6
Error 2	12	4196,3	349,7				
Total	26	23221,1					

Πίνακας μέσων όρων	
Γενικός Μέσος όρος	70,1
I1	57,85
I2	75,01
I3	77,42
N0	48,75
N1	61,19
N2	100,34

Μεταβλητή: Παραγωγή συνολικού χλωρού βάρους

ANOVA							
	dF	SS	MS	F	Ftable	LSD	LSD/2
Main plots		38503,5					
Blocks	2	17950,1	8975,0	12,3	6,94	35,3	17,7
Irrigation	2	17641,0	8820,5	12,1	6,94		
Error 1	4	2912,5	728,1				
Fertilization	2	171764,2	85882,1	28,7	3,9	56,2	28,1
Irr*Fertil	4	17791,2	4447,8	1,5	3,3	97,4	48,7
Error 2	12	35955,2	2996,3				
Total	26	264014,2					

Πίνακας μέσων όρων	
Γενικός Μέσος όρος	240,4
I1	207,24
I2	244,62
I3	269,43
N0	162,33
N1	209,00
N2	349,96

Μεταβλητή: Παραγωγή ξηρής δρόγης

ANOVA							
	dF	SS	MS	F	Ftable	LSD	LSD/2
Main plots		5036,8					
Blocks	2	1867,0	933,5	10,2	6,94	12,5	6,3
Irrigation	2	2802,0	1401,0	15,2	6,94		
Error 1	4	367,8	91,9				
Fertilization	2	13246,4	6623,2	29,2	3,9	15,5	7,7
Irr*Fertil	4	1515,1	378,8	1,7	3,3	26,8	13,4
Error 2	12	2718,6	226,6				
Total	26	22516,9					

Πίνακας μέσων όρων	
Γενικός Μέσος όρος	71,9
I1	58,32
I2	74,67
I3	82,82
N0	50,23
N1	63,22
N2	102,35

Μεταβλητή: Παραγωγή ξηρών βλαστών

ANOVA							
	dF	SS	MS	F	Ftable	LSD	LSD/2
Main plots		1948,8					
Blocks	2	736,7	368,4	17,8	6,94	6,0	3,0
Irrigation	2	1129,1	564,5	27,2	6,94		
Error 1	4	82,9	20,7				
Fertilization	2	3790,8	1895,4	17,0	3,9	10,9	5,4
Irr*Fertil	4	293,6	73,4	0,7	3,3	18,8	9,4
Error 2	12	1340,8	111,7				
Total	26	7374,0					

Πίνακας μέσων όρων	
Γενικός Μέσος όρος	40,9
I1	32,27
I2	42,40
I3	47,89
N0	28,57
N1	37,12
N2	56,87

Μεταβλητή: Συνολικό ξηρό βάρος

ANOVA							
	dF	SS	MS	F	Ftable	LSD	LSD/2
Main plots		13157,9					
Blocks	2	4912,8	2456,4	13,0	6,94	18,0	9,0
Irrigation	2	7487,6	3743,8	19,8	6,94		
Error 1	4	757,6	189,4				
Fertilization	2	31186,5	15593,3	24,7	3,9	25,8	12,9
Irr*Fertil	4	3065,8	766,5	1,2	3,3	44,7	22,4
Error 2	12	7580,2	631,7				
Total	26	54990,4					

Πίνακας μέσων όρων	
Γενικός Μέσος όρος	112,8
I1	90,59
I2	117,07
I3	130,70
N0	78,81
N1	100,34
N2	159,21

Μεταβλητή: Λόγος συνολικής ξηρής δρόγης προς συνολικό ξηρό βάρος

ANOVA							
	dF	SS	MS	F	Ftable	LSD	LSD/2
Main plots		31,7					
Blocks	2	9,8	4,9	1,1	6,94	2,8	1,4
Irrigation	2	3,5	1,7	0,4	6,94		
Error 1	4	18,4	4,6				
Fertilization	2	6,2	3,1	0,5	3,9	2,6	1,3
Irr*Fertil	4	27,6	6,9	1,1	3,3	4,5	2,3
Error 2	12	78,2	6,5				
Total	26	143,7					

Πίνακας μέσων όρων	
Γενικός Μέσος όρος	63,8
I1	64,14
I2	63,98
I3	63,31
N0	63,78
N1	63,24
N2	64,41

Μεταβλητή: Λόγος συνολικού χλωρού βάρους προς συνολικό ξηρό βάρος

ANOVA							
	dF	SS	MS	F	Ftable	LSD	LSD/2
Main plots		162,8					
Blocks	2	10,6	5,3	1,3	6,94	2,6	1,3
Irrigation	2	136,0	68,0	16,8	6,94		
Error 1	4	16,2	4,1				
Fertilization	2	50,8	25,4	1,2	3,9	4,6	2,3
Irr*Fertil	4	36,6	9,1	0,4	3,3	8,0	4,0
Error 2	12	244,5	20,4				
Total	26	494,7					

Πίνακας μέσων όρων	
Γενικός Μέσος όρος	47,2
I1	44,15
I2	48,04
I3	49,45
N0	48,36
N1	48,00
N2	45,28

Μεταβλητή: LAI

Πίνακας μέσων όρων	
Γενικός Μέσος όρος	0,5
I1	0,42
I2	0,47
I3	0,54
N0	0,32
N1	0,41
N2	0,70