



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
Τμήμα Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής
και Αγροτικού Περιβάλλοντος
Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής



Πτυχιακή Εργασία

*«Ανάπτυξη του φυτού "Τσάι του βουνού" υπό καθεστώς
πλήρους και ελλειμματικής άρδευσης»*

*“Growth of the mountain tea plant under full and deficit
irrigation”*

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ: ΜΑΡΙΑ ΛΙΟΥΠΗ

ΒΟΛΟΣ 2018

Αφιερώνεται στην οικογένειά μου...

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

1. **Μαρία Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Επιβλέπουσα.** Καθηγήτρια του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, με γνωστικό αντικείμενο «Αρδεύσεις - Στραγγίσεις, Υδραυλική»
2. **Αναστασία Αγγελάκη, Μέλος.** Φυσικός, Διδάκτορας Γεωργικής Υδραυλικής του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Μέλος Ε.ΔΙ.Π..
3. **Ανθούλα Δημήρκου, Μέλος.** Καθηγήτρια του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, με γνωστικό αντικείμενο «Εδαφολογία με έμφαση στη Χημεία Εδάφους».

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή διατριβή πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο ερευνητικών δραστηριοτήτων που διεξάγονται στο Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής, του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Το θέμα δόθηκε από την Καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, κυρία Μαρία Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την κυρία Μαρία Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη Καθηγήτρια Π.Θ., Δ/ντρια του Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής για την οργάνωση και παρακολούθηση της διατριβής μου σε ολόκληρη την πορεία της, καθώς επίσης και για την πολύτιμη και ουσιαστική συμβολή της στην επίλυση σχετικών προβλημάτων που παρουσιάστηκαν στο πλαίσιο αυτής της εργασίας.

Ευχαριστίες επίσης θέλω να απονείμω και στην Δρ. Αναστασία Αγγελάκη, Φυσικό, μέλος Ε.ΔΙ.Π., του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για την πολύτιμη βοήθειά της και τις διορθώσεις της πάνω στην πτυχιακή μου διατριβή.

Αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω ιδιαίτερω την καθηγήτρια μου κυρία Ανθούλα Δημήρκου. Καθηγήτρια Εδαφολογίας με έμφαση στη Χημεία Εδάφους του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Οι γνώσεις της στον τομέα της Εδαφολογίας με βοήθησαν στην συγγραφή της πτυχιακής μου εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω για την πολύτιμη βοήθειά τους την κα. Καρατάσιου Ειρήνη Διδάκτορα Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος Π.Θ. καθώς επίσης και την κα. Μπότα Βασιλική Υποψήφια Διδάκτωρ, Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος Π.Θ..

Λιούπη Μαρία

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Έντονο είναι το πρόβλημα της λειψυδρίας κατά τις τελευταίες δεκαετίες, εξαιτίας των κλιματολογικών αλλαγών του πλανήτη. Το γεγονός αυτό και σε συνδυασμό με την μη ορθή χρήση του νερού, ιδίως για άρδευση στον αγροτικό τομέα που αποτελεί τον κύριο καταναλωτή νερού, οδήγησε την επιστημονική κοινότητα σε προσπάθεια ορθολογικής και αειφορικής χρήσης του νερού. Επιπλέον, στην Ελλάδα σημαντική είναι η αναδιάρθρωση των καλλιεργειών και η εξεύρεση οικονομικών διεξόδων κυρίως για τους νέους παραγωγούς, μέσω της ενασχόλησής τους με νέες, εναλλακτικές καλλιέργειες, χαμηλού κόστους.

Σκοπός της παρούσας εργασίας αποτελεί η απάντηση σε δύο βασικά ερωτήματα. Αρχικά, εάν είναι δυνατό να εγκλιματιστεί η συγκεκριμένη καλλιέργεια στον Θεσσαλικό κάμπο και δεύτερον, από τη στιγμή που τη καλλιεργούμε στο κάμπο και τη μετατρέπουμε σε αρδευόμενη, τουλάχιστον εάν μπορούμε να εξοικονομήσουμε νερό με την επίτευξη της μέγιστης δυνατής απόδοσης. Με άλλα λόγια, μελετάται ο τρόπος αντίδρασης της καλλιέργειας σε διαφορετικές κλιματικές συνθήκες, σε συνδυασμό με την εφαρμογή άρδευσης, η οποία προγραμματίστηκε βάσει της συνδυασμένης μεθόδου Penman-Monteith.

Το πειραματικό τμήμα της παρούσας έρευνας πραγματοποιήθηκε στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κατά τη καλλιεργητική περίοδο του έτους 2015, που αποτελεί και τη χρονιά εγκατάστασης της καλλιέργειας στο πειραματικό αγροτεμάχιο. Το πειραματικό αγροτεμάχιο περιελάμβανε ένα σχέδιο πειραματικών τεμαχίων (plots) με δύο μεταχειρίσεις. Η μία εξ' αυτών αρδευόταν με το 50% των αναγκών της καλλιέργειας σε νερό βάσει της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας και η δεύτερη με το 100%. Η ποσότητα του εφαρμοζόμενου νερού άρδευσης καθορίστηκε σύμφωνα με την ημερήσια εξατμισοδιαπνοή, μέσω της μεθόδου Penman-Monteith κατά FAO-56. Πρέπει να αναφερθεί ότι, και στις δύο μεταχειρίσεις εφαρμόστηκαν ακριβώς οι ίδιες καλλιεργητικές τεχνικές. Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις ύψους, χλωρού, ξηρού βάρους, ποσοτήτων νερού άρδευσης και ποιοτικών χαρακτηριστικών.

Τα πειραματικά αποτελέσματα έδειξαν ότι η καλλιέργεια «τσάι του βουνού» είναι δυνατό να καλλιεργηθεί ικανοποιητικά και σε περιοχές με χαμηλό υψόμετρο και επιπλέον ακόμη ότι και σε περιπτώσεις όψιμης φύτευσης δίνει ικανοποιητική παραγωγή.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
❖ <u>Εισαγωγή</u>	<u>1</u>
❖ <u>Κεφάλαιο 1ο : Αρωματικά φυτά</u>	<u>3</u>
1.1 Εισαγωγή	3
1.2 Σημασία αρωματικών φυτών	4
1.3 Αιθέρια Έλαια	5
1.3.1 Φυσικές Ιδιότητες	6
1.3.2 Παραλαβή αιθέριων ελαίων	6
1.3.3 Ο ρόλος των αιθέριων ελαίων	7
1.4 Επικρατούσα κατάσταση στην Ελλάδα	8
1.5 Παράγοντες επίδρασης στην παραγωγή και σύσταση των αιθέριων ελαίων στα φυτά	9
❖ <u>Κεφάλαιο 2ο : Τσάι του βουνού</u>	<u>12</u>
2.1 Εισαγωγή	12
2.2 Ονομασία	13
2.3 Βοτανική περιγραφή	14
2.4 Είδη Τσαγιού στην Ελλάδα	14
2.5 Συστατικά του Τσαγιού	18
2.5.1 Αιθέρια έλαια του <i>Sideritis</i>	18
2.6 Η καλλιέργεια του Τσαγιού	22
2.6.1 Γενικές απαιτήσεις	22
2.6.1.1 Έδαφος	22
2.6.1.2 Κλίμα	23
2.6.1.3 Πολλαπλασιασμός	23
2.6.2 Φύτευση	24
2.6.2.1 Εποχή	24
2.6.2.2 Προετοιμασία - Εγκατάσταση φυτείας	24
2.6.3 Καλλιεργητικές φροντίδες	25
2.6.4 Λίπανση	26
2.6.5 Άρδευση	26
2.6.6 Εχθροί και ασθένειες	26
2.6.7 Συγκομιδή-αποθήκευση-αποδόσεις	27
2.6.8 Κόστος παραγωγής	28
❖ <u>Κεφάλαιο 3ο : Άρδευση</u>	<u>29</u>
3.1 Γενικά	29
3.2 Αειφορική διαχείριση νερού-προγραμματισμός άρδευσης-εξοικονόμηση νερού	32
3.3 Εξατμισοδιαπνοή	34

3.4 Υδατικές ανάγκες αρωματικών φυτών	36
3.5 Τρόπος άρδευσης αρωματικών φυτών	36
3.6 Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα στάγδην άρδευσης	37
3.7 Μέρη συστήματος στάγδην άρδευσης	40
❖ <u>Κεφάλαιο 4ο : Πειραματική διαδικασία - Υλικά και μέθοδοι</u>	43
4.1 Γενικά	43
4.2 Καλλιέργεια εδάφους	44
4.3 Στάγδην άρδευση	44
4.4 Προγραμματισμός άρδευσης	45
4.4.1 Εξατμισοδιαπνοή αναφοράς ETo	45
4.4.2 Μέθοδος PENMAN-MONTEITH	46
4.4.2.1 Φυτικός συντελεστής (Kc)	46
4.4.2.2 Εξίσωση PENMAN-MONTEITH κατά FAO	46
4.4.2.3 Κλιματικά δεδομένα	47
4.4.3 Υπολογισμός δόσης άρδευσης	48
4.4.4 Υπολογισμός ωφέλιμης ή ενεργού βροχόπτωσης (Pe)	48
4.4.5 Υπολογισμός αποδοτικότητας εφαρμογής της άρδευσης με σταγόνες (EFF)	49
4.4.6 Υπολογισμός διάρκειας άρδευσης	49
4.5 Μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν	56
4.5.1 Ύψος φυτών	56
4.5.2 Χλωρή και ξηρή βιομάζα	56
4.5.3 Ποσότητα του νερού άρδευσης	57
4.5.4 Αποδοτικότητα χρήσης νερού	57
4.5.5 Ποιοτικά χαρακτηριστικά	59
4.5.6 Στατιστική ανάλυση	59
❖ <u>Κεφάλαιο 5ο : Αποτελέσματα και συζήτηση</u>	60
5.1 Κλιματικά δεδομένα	60
5.2 Εφαρμοζόμενη ποσότητα και εξοικονόμηση αρδευτικού νερού	61
5.3 Ανάλυση ποσοτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών της καλλιέργειας	61
5.3.1 Ύψος φυτών	61
5.3.2 Μετρήσεις χλωρού και ξηρού βάρους	63
5.3.3 Αποδοτικότητα χρήσης νερού	67
5.3.4 Ποιοτικά χαρακτηριστικά καλλιέργειας	68
❖ <u>Κεφάλαιο 6ο : Συμπεράσματα</u>	69
❖ <u>Βιβλιογραφία</u>	71
❖ <u>Παράρτημα</u>	77

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια, αυξάνεται συνεχώς η ζήτηση σε νερό για την κάλυψη των ολοένα αυξανόμενων απαιτήσεων του ανθρώπου για κάλυψη της ατομικής και οικιακής του καθαριότητας, καθώς και των λειτουργιών των πόλεων στις οποίες διαβιώνει (100-500 lt/άτομο/ημέρα). Επιπλέον, οι οικονομικές δραστηριότητες, στις οποίες συμπεριλαμβάνονται η γεωργία και η βιομηχανία, καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες νερού. Παρά το γεγονός ότι το διαθέσιμο νερό στον πλανήτη φαντάζει επαρκές, το σημαντικότερο τμήμα του είναι αλμυρό (98,78% θάλασσα) και συνεπώς δεν προσφέρεται για τις περισσότερες χρήσεις. Σύμφωνα με τον Μαρκαντωνάτο (1990), στη περίπτωση του γλυκού νερού, το οποίο είναι μόλις το 1,22%, το μεγαλύτερο ποσοστό είναι παγιδευμένο στα πολικά καλύμματα των πάγων και συνεπώς, το διαθέσιμο νερό (0,0014% ποταμοί) αποτελεί ένα ασήμαντο ποσοστό του συνολικού. Πλέον, η διαθεσιμότητα του νερού έχει φτάσει στα όριά της και πρέπει να αναζητηθούν και να εφαρμοστούν εναλλακτικές μέθοδοι άρδευσης, τόσο για τον περιορισμό των απωλειών του νερού κατά τη διανομή και χορήγησή του στα φυτά, όσο και για την επίτευξη υψηλών αποδόσεων.

Όσον αφορά την αναδιάρθρωση των καλλιεργειών στην Ελλάδα, την εξεύρεση εναλλακτικών καλλιεργειών για τη στήριξη των νέων αγροτών και την εύρεση οικονομικής διεξόδου γι' αυτούς, καθώς και την εκμετάλλευση μικρών γεωργικών εκτάσεων που αυτή τη στιγμή παραμένουν αναγκαστικά σε αγρανάπαυση, τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά αποτελούν μία ελπιδοφόρα λύση. Η συλλογή αυτοφυών βοτάνων με φαρμακολογική δράση είναι μια δραστηριότητα συνυφασμένη με την ελληνική ύπαιθρο και την παράδοση στο βάθος των αιώνων. Μάλιστα, η φύση έχει σταθεί ιδιαίτερα γενναιόδωρη στον τόπο μας, χαρίζοντάς του μια πλούσια γκάμα από αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά. Ωστόσο, η καλλιέργειά τους για συστηματική εμπορία, που συνδέεται με τη μεταποίησή της σε μεγαλύτερη κλίμακα, είναι κάτι σχετικά καινούργιο για τον εγχώριο πρωτογενή τομέα και όπως παρατηρούν οι γνώστες του κλάδου, με χρονική υστέρηση σε σχέση με άλλες χώρες. Την ίδια στιγμή, φαίνεται να περιορίζεται σε έναν πολύ μικρό αριθμό σε σχέση με το εύρος εμβληματικών ενδημικών φυτών για διάφορους λόγους. Στη χώρα μας, τα αυτοφυή αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά έχουν χρησιμοποιηθεί και έχουν γίνει αντικείμενο εμπορίου από την αρχαιότητα. Η ελληνική χλωρίδα περιλαμβάνει έναν πολύ σημαντικό αριθμό ειδών με κυριότερα τη ρίγανη, το θυμάρι, το θρούμπι, το φασκόμηλο, το γλυκάνισο, το μάραθο (μαραθόσπορος), το χαμομήλι, τη δάφνη, τη μέντα, τον δυόσμο, το φλισκούνι, τη λεβάντα, το μελισσόχορτο και τέλος τα μοναδικά και πολύ γνωστά τοπικά προϊόντα κάποιων περιοχών της Ελλάδας όπως τη μαστίχα της Χίου, τον κρόκο της Κοζάνης, το δίκταμο της Κρήτης και το τσάι του βουνού της Βρύναινας (Ν. Μαγνησίας). Οι προσπάθειες των τελευταίων ετών έδειξαν ότι τα παραπάνω αρωματικά φυτά μπορούν να αποτελέσουν τις νέες δυναμικές και πολλά υποσχόμενες εναλλακτικές καλλιέργειες. Προϋπόθεση σε αυτό ήταν και παραμένει η πολύ καλή οργάνωση και γνώση των τεχνικών, από την καλλιέργεια μέχρι τη μεταποίηση και εμπορία αυτών των προϊόντων, από τους ίδιους τους παραγωγούς. Επίσης, η χρησιμοποίηση του καλύτερου γενετικού υλικού, κατά προτίμηση εγχώριου, σε συνδυασμό με τον βιολογικό τρόπο καλλιέργειας, φαίνεται επίσης να αποτελούν τα βασικά

πλεονεκτήματα των ελληνικών αρωματικών φαρμακευτικών φυτών στη διεθνή αγορά. Επιπλέον, το ξηροθερμικό κλίμα, καθώς και η πολύ καλή σύσταση του εδάφους των περισσότερων ημιορεινών και πεδινών περιοχών σε όλη σχεδόν την ελληνική επικράτεια, συμπληρώνουν τις απαραίτητες προϋποθέσεις για προϊόντα με μεγάλες στρεμματικές αποδόσεις και υψηλών ποιοτικών και ποσοτικών προδιαγραφών. Τέλος, για τη σπουδαιότητα των καλλιεργειών αυτών πρέπει να αναφερθεί το γεγονός ότι, παρά την οικονομική κρίση των τελευταίων ετών, οι κυριότερες εισαγωγικές ευρωπαϊκές χώρες αρωματικών φαρμακευτικών φυτών όπως η Γερμανία, η Γαλλία, η Αγγλία, η Ελβετία και η Ιταλία, αναζητούν έντονα τα ελληνικά βιολογικά προϊόντα και προσφέρουν πολύ ικανοποιητικές τιμές.

Σε αυτό το πλαίσιο, το Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας πρωτοπορεί στο θέμα αυτό και ανταποκρινόμενο στις απαιτήσεις των τελευταίων ετών πάνω σε θέματα περιβάλλοντος και αναδιάρθρωσης καλλιεργειών, εύρεσης εναλλακτικών καλλιεργειών, διεξήγαγε έρευνα για τη μελέτη των επιπτώσεων επιφανειακής ελλειμματικής στάγδην άρδευσης στη καλλιέργεια «τσάι του βουνού», σε πεδινό υψόμετρο, διαφορετικό από εκείνο που ευδοκimeί η καλλιέργεια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΑΡΩΜΑΤΙΚΑ ΦΥΤΑ

1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Ελλάδα διαθέτει ιδιαίτερος πλούσιους φυτογενετικούς πόρους και υψηλό αριθμό διαφορετικών φυτών, παρά την μικρή έκτασή της. Έτσι, η φυτική βιοποικιλότητά της θεωρείται από τις πλουσιότερες της Ευρώπης. Οι αυτόχθονοι φυτογενετικοί της πόροι περιλαμβάνουν περισσότερα από 6000 αυτοφυή φυτικά είδη και υποείδη, τα οποία αποτελούν το 50% περίπου των αυτοφυών φυτών ολόκληρης της Ευρώπης. Εξ' αυτών, μεγάλο ποσοστό (13-15% περίπου) είναι ενδημικά φυτά της Ελλάδας, δηλαδή δεν συναντώνται σε κανένα άλλο μέρος του πλανήτη, ενώ πολλά είναι σπάνια ή απειλούμενα (Μαλούπα κ.ά., 2013). Κατά συνέπεια, στην Ελλάδα απαντάται ένας μεγάλος αριθμός αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών τα οποία φύονται είτε σε μία περιορισμένη έκταση (περιοχή), είτε σε ένα βίτοτοπο ή ακόμη και σε ολόκληρη τη χώρα. Τα σπάνια ή απειλούμενα είδη χαρακτηρίζονται από υψηλή ποικιλότητα απόδοσης σε αιθέρια έλαια, εν συγκρίσει με τα ενδημικά είδη. Σύμφωνα με τον Κοκκίνη (2008) έχουν καταγραφεί 2000 είδη περίπου φυτών που παράγουν αιθέρια έλαια.

Στην Ελλάδα λοιπόν, η ανάπτυξή τους ευνοείται ιδιαίτερος λόγω του νησιωτικού χαρακτήρα της και των ιδανικών εδαφοκλιματικών συνθηκών που παρουσιάζει, με αποτέλεσμα την παραγωγή προϊόντων εξαιρετικής ποιότητας. Τα τελευταία χρόνια, πραγματοποιήθηκε σημαντική προσπάθεια επέκτασης της καλλιέργειάς τους, που όμως απέτυχε στις περισσότερες περιπτώσεις λόγω έλλειψης γενικότερης επιχειρηματικής στρατηγικής και υποδομών. Στην Ελλάδα, η καλλιεργήσιμη γη αγγίζει τα 39 εκ. στρέμματα. Το 44% αυτής της έκτασης αποτελεί τις ορεινές και μειονεκτικές περιοχές και μόνο το 0,1% καλλιεργείται από αρωματικά φυτά. Η καλλιέργειά τους όμως, είναι δυνατό να εξελιχθεί σε έναν από τους δυναμικότερους κλάδους της γεωργικής παραγωγής της χώρας και να έχει ουσιαστική συνεισφορά στο παραγόμενο οικονομικό προϊόν. Το συγκριτικό τους πλεονέκτημα σε σχέση με άλλες καλλιέργειες θεωρείται η αξιοποίηση των φυτικών ειδών κάθε περιοχής με αειφορικό τρόπο και η στρόφη προς τις παραδοσιακές ποικιλίες καλλιεργούμενων ειδών, γεγονός που συμβάλλει και στη προστασία των φυτογενετικών πόρων. Λαμβάνοντας υπόψιν τα παραπάνω, για την Ελλάδα η καλλιέργεια αρωματικών φυτών θεωρείται μια άριστη πρόταση παραγωγής, παρέχοντας τη δυνατότητα καλλιέργειάς τους σε επιχειρηματική βάση, δίνοντας έτσι μια ουσιαστική διέξοδο στους συνειδητοποιημένους παραγωγούς, οι οποίοι επιθυμούν την παραμονή τους στο τόπο τους και την απασχόλησή τους σε ένα δυναμικό τομέα (Μαλούπα κ.ά., 2013).

Στην Ελλάδα, πραγματοποιείται εισαγωγή 3000 ton περίπου αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών, συνολικής αξίας 5000000€ (τσάι, ρίγανη, μάραθος, γλυκάνισος) και εξαγωγή 1100 ton περίπου (ρίγανη, φασκόμηλο, ρίζες γλυκόριζας,

κρόκος, μαστίχα Χίου και αιθέρια έλαια), συνολικής αξίας 12000000€ (Δόρδας, 2009).

1.2. ΣΗΜΑΣΙΑ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΦΥΤΩΝ

Η Ελλάδα αποτελεί ιδανική περιοχή για την καλλιέργεια αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών, βάσει των αγρονομικών, βιομηχανικών και οικονομικών δεδομένων. Η χλωρίδα της θεωρείται από τις πλουσιότερες διεθνώς, καθώς οι ιδιαιτερότητες της γεωλογικής ιστορίας, της γεωγραφικής θέσης, της γεωμορφολογίας και των κλιματικών συνθηκών έχουν ευνοήσει τη δημιουργία κατάλληλων συνθηκών για την ανάπτυξη σημαντικού αριθμού ενδημικών αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών.

Τα αυτοφυή είδη δεν απαιτούν υψηλό κόστος παραγωγής, καθώς θεωρούνται «άγρια είδη», τα οποία έχουν αναπτύξει αμυντικό μηχανισμό όσον αφορά τις κλιματολογικές και βιολογικές αντιξοότητες. Χαρακτηρίζονται από εύκολη παραγωγική διαδικασία, εξοικονόμηση νερού λόγω των εξαιρετικά χαμηλών απαιτήσεων τους σε νερό και φιλικότητα στο περιβάλλον, εξαιτίας των μικρών εισροών σε φυτοπροστατευτικά προϊόντα, λιπάσματα, κ.ά. που απαιτούνται για την καλλιέργειά τους. Τα είδη αυτά δεν έχουν ιδιαίτερα καλλιεργητικά προβλήματα. Έτσι, σύμφωνα με την Μαλούπα κ.ά. (2013), η επιλογή καλλιέργειας και εμπορίας των προϊόντων τους, αποτελεί μια άριστη εναλλακτική πρόταση καλλιέργειας, υπό την προϋπόθεση ότι οι βιότυποι που θα καλλιεργηθούν θα είναι επιλεγμένοι και προσαρμοσμένοι στις εδαφοκλιματικές συνθήκες της περιοχής.

Από περιβαλλοντικής άποψης, επίσης, παρουσιάζουν εξαιρετικό ενδιαφέρον, καθώς η καλλιέργειά τους συμβάλλει στη προστασία του περιβάλλοντος, καθώς υπάρχει αλόγιστη και άναρχη συλλογή και εκμετάλλευσή τους. Επιπλέον, συμβάλλουν στη μείωση της διάβρωσης του εδάφους, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα το φαινόμενο της ερημοποίησης σε ακαλλιεργητες περιοχές. Σημαντική είναι η συμβολή τους στην ανάπτυξη και αποκατάσταση περιοχών με ταυτόχρονη ή αυτόνομη ανάπτυξη του τουρισμού (σχετικού με τα αρωματικά φυτά), στο πλαίσιο του οποίου οργανώνονται επισκέψεις σε περιοχές με μεγάλη παραγωγή αρωματικών φυτών και μονάδες επεξεργασίας τους (Σωτηροπούλου, 2008).

Επιπροσθέτως, τα αρωματικά-φαρμακευτικά φυτά μπορούν να συμβάλλουν στη σωστή αναδιάρθρωση καλλιεργειών:

- Αξιοποίηση φτωχών ή εγκαταλειμμένων χωραφιών, αφού τα περισσότερα από τα φυτά αυτά δεν είναι ιδιαίτερα απαιτητικά σε νερό και πλούσια εδάφη.
- Μικρής κλίμακας καλλιέργεια με χαμηλές οικονομικές εισροές μπορεί να είναι μια απάντηση στην παρακμή των τοπικών αποθεμάτων, δημιουργώντας εισοδήματα και τροφοδοτώντας τις περιφερειακές αγορές.
- Η βιολογική ρίγανη, η λεβάντα, το φασκόμηλο, καθώς και το αιθέριο έλαιό τους, αποτελούν ισχυρά ποιοτικά προϊόντα στον ελλαδικό χώρο. Παράγονται από παραγωγούς με την καθοδήγηση γεωπόνων και η υψηλή ποιότητά τους αποδεικνύεται από τα πιστοποιητικά της παραγωγής τους. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους ανά περιοχή με συγκεκριμένες περιεκτικότητες,

γίνονται άμεσα αποδεκτά από τις βιομηχανίες φαρμάκων. Το κλίμα της κάθε περιοχής ενδείκνυται για τη διατήρηση της υψηλής ποιότητας.

Διεθνώς παρατηρείται μια διαρκώς αυξανόμενη ζήτηση για προϊόντα φυσικής προέλευσης, εκ των οποίων τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά και τα πολύ υψηλότερης οικονομικής αξίας δευτερογενή προϊόντα τους (αιθέρια έλαια/εκχυλίσματα) καταλαμβάνουν σημαντική θέση. Αυτά τα φυτικά υλικά και τα αιθέρια έλαιά που προκύπτουν από αυτά, χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε πολλά τυποποιημένα εμπορικά προϊόντα διατροφής, φάρμακα, καλλυντικά, αρώματα κλπ.

1.3. ΑΙΘΕΡΙΑ ΕΛΑΙΑ

Τα αιθέρια έλαια είναι πολυσύνθετα μίγματα οργανικών ακυκλικών, αλλοκυκλικών, αρωματικών ή και ετεροκυκλικών ουσιών. Σε πολλά αιθέρια έλαια στα πτητικότερα κλάσματά τους παρατηρούνται μια ή περισσότερες σειρές ισομερών ακόρεστων υδρογονανθράκων τα τερπένια που είναι απ' τα χαρακτηριστικότερα συστατικά τους. Επιπλέον, υπάρχουν και τα οξυγονούχα παράγωγα των τερπενίων. Στα λιγότερα πτητικά κλάσματά τους υπάρχει και μια άλλη ομάδα τερπενίων με 15 άτομα άνθρακα, τα σεσκιτερπένια.

Το αιθέριο έλαιο που προκύπτει από κάθε φυτό διαθέτει διαφορετική σύνθεση στα διάφορα στάδια ανάπτυξής του. Τα τερπένια σχηματίζονται από απλούστερες ουσίες, οι οποίες θεωρούνται πρόδρομοι αυτών και είναι υπεύθυνα για το άρωμα. Σύμφωνα με τον Guenther (1948), η μεγαλύτερη ποσότητα αιθέριου ελαίου βρίσκεται στα αυξητικά όργανα του φυτού και στα νεαρής ηλικίας όργανα. Γενικά, τα συστατικά των αιθέριων ελαίων διακρίνονται σε δυο μεγάλες ομάδες, τα οξυγονούχα και τα μη οξυγονούχα. Στα οξυγονούχα περιλαμβάνονται οι αλκοόλες, οι αλδεΐδες, οι κετόνες, οι φαινόλες, τα οξέα, οι εστέρες κ.λπ.. Στα μη οξυγονούχα, περιλαμβάνονται οι υδρογονάνθρακες, των οποίων η συμβολή στο άρωμα δεν είναι σημαντική.

Στη συνέχεια, αναφέρονται ορισμένα οξυγονούχα συστατικά των αιθέριων ελαίων (Πίνακας 1.1).

Πίνακας 1.1: Οξυγονούχα συστατικά αιθέριων ελαίων.

Αλκοόλες	Λιναλοόλη, γερανιόλη, κιτροελλόλη, νερόλη, τερπινεόλη, πουλεγόλη, μινθόλη, πιπεριτόχη, καρβεόλη, βορνεόλη, κ.λπ.
Αλδεΐδες	Κιτράλη, κιτροελλάλη, μυρτενάλη, σαφρανάλη, κ.λπ.
Κετόνες	Μινθόνη, πουλεγόνη, καρβόνη, πιπεριτόνη, καμφορά, κ.λπ.
Φαινόλες	Θυμόλη, καρβακρόλη, ανηθόλη, ευγενόλη, κ.λπ.
Οξέα	Οργανικά οξέα συνήθως ενωμένα με αλκοόλες σε εστέρες.
Εστέρες	Οξικός γερανυλεστέρας, οξικός λιναλυλεστέρας, οξικός κιτρονελυλεστέρας, οξικός μεθυλεστέρας, κ.λπ.

Από όλα τα προαναφερθέντα συστατικά, οι εστέρες είναι εκείνα που συμβάλλουν περισσότερο στο άρωμα των αιθέριων ελαίων. Από τα μη οξυγονούχα συστατικά τα κυριότερα είναι τα μονοκυκλικά και δικυκλικά τερπένια (π.χ λιμονένιο, πινένιο, καμφένιο κλπ.).

1.3.1. ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Τα αιθέρια έλαια είναι υγρά, εύφλεκτα και πτητικά σε κανονική θερμοκρασία και δεν αφήνουν κηλίδα σε διηθητικό χαρτί (σε αντίθεση με τα λιπαρά έλαια) και είναι άχρωμα έως υποκίτρινα με ελάχιστες εξαιρέσεις. Με εκτεταμένη έκθεση σκουραίνουν, ρητινοποιούνται και αλλοιώνεται η οσμή τους. Αιτία του γεγονότος αυτού αποτελούν οι αυτοοξειδώσεις, ο πολυμερισμός και οι υδρολύσεις των εστέρων. Επίσης, τα αιθέρια έλαια επηρεάζονται και από παράγοντες όπως η υγρασία, η θερμοκρασία και το φως, γι' αυτό πρέπει να φυλάσσονται σε μικρά, γεμάτα και καλά κλεισμένα και προστατευμένα από το φως και τη θερμοκρασία δοχεία.

Γενικά, η πυκνότητά τους είναι χαμηλότερη από του νερού και χαρακτηρίζονται από υψηλό δείκτη διάθλασης. Ως επί τω πλείστων δεν διαλύονται στο νερό παρά ελάχιστα, ενώ είναι διαλυτά σε αιθέρα, πετρελαϊκό αιθέρα, αλκοόλη, στους περισσότερους οργανικούς διαλύτες και στα λιπαρά έλαια.

1.3.2. ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΑΙΘΕΡΙΩΝ ΕΛΑΙΩΝ

Τα αιθέρια έλαια είναι δυνατό να παραληφθούν από τα αρωματικά φυτά με διάφορες μεθόδους. Σύμφωνα με τον Guenther (1948), για την εκλογή της κατάλληλης μεθόδου λαμβάνονται υπόψη τα εξής:

- Το είδος και το τμήμα του φυτικού υλικού.
- Η περιεκτικότητα του φυτού σε αιθέρια έλαια.
- Η οικονομική αξία του αιθέριου ελαίου.
- Η χημική σύνθεση των διάφορων συστατικών του αιθέριου ελαίου.
- Η τελική χρήση του αιθέριου ελαίου.
- Διάφοροι άλλοι οικονομικοί παράγοντες.

Τα αιθέρια έλαια λαμβάνονται με τη χρήση των εξής μεθόδων:

- Απόσταξη (υδροαπόσταξη, απόσταξη με νερό και ατμούς, με υδρατμούς κ.λπ.).
- Εκχύλιση με διαλύτες.
- Enfleurage - εκχύλιση με λίπος (π.χ. γιασεμί).
- Ψυχρή εκπίεση (π.χ. εσπεριδοειδή).

Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 1.2) παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά των σημαντικότερων μεθόδων.

Πίνακας 1.2: Χαρακτηριστικά - περιγραφή της απόσταξης.

ΜΕΘΟΔΟΣ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ - ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
Απόσταξη	<p>Απλή, οικονομική και ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος. Φυτικοχημικά είναι απόσταξη ετερογενών μιγμάτων, κατά την οποία τα διάφορα συστατικά παραλαμβάνονται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες από το σημείο βρασμού του εκάστου. Κατά την παραλαβή, το φυτικό υλικό φέρεται στον άμβυκα και αποστάζει είτε με παραγόμενους από το νερό του άμβυκα υδρατμούς, είτε με διοχέτευση υδρατμών από ατμολέβητα. Οι ατμοί του αιθέριου ελαίου και του νερού που παράγονται εισέρχονται μέσω του απαγωγού σωλήνα στον ψυκτήρα όπου και υγροποιούνται. Το λαμβανόμενο με αυτό τον τρόπο απόσταγμα ρέει στο διαχωριστικό δοχείο όπου διαχωρίζεται το νερό από το αιθέριο έλαιο. Κατά την συμπύκνωση, το αιθέριο έλαιο επειδή έχει διαφορετικό ειδικό βάρος από το νερό, διαχωρίζεται από αυτό και έτσι σχηματίζονται δυο φάσεις, μια του αιθέριου ελαίου και μια του νερού. Εκτός του αιθέριου ελαίου, παραλαμβάνεται και η υδατική φάση που είναι εμπλουτισμένη με το φυτικό άρωμα και είναι ένα χρήσιμο επιπλέον προϊόν της απόσταξης. Έτσι, σε γενικές γραμμές παράγεται το αρωματικό ύδωρ λουλουδιών ή εσπεριδοειδών. Το αρωματικό τους αποτέλεσμα απέχει πολύ από εκείνο του αρωματικού αιθέριου ελαίου. Η απόσταξη ανάλογα με τον τρόπο που γίνεται διακρίνεται σε τρία είδη: α) απόσταξη με νερό, β) απόσταξη με νερό και υδρατμούς γ) απόσταξη με υδρατμούς (Βουρλιώτη-Αράπη, 2010; Γαρδέλη, 2009; Κατσιώτης και Χατζοπούλου, 2010) .</p>
Απόσταξη με νερό	<p>Το φυτικό υλικό φέρεται στον άμβυκα, όπου υπάρχει νερό και θερμαίνεται. Το χαρακτηριστικό της απόσταξης αυτής είναι ότι, το υπό απόσταξη φυτικό υλικό βρίσκεται σε άμεση επαφή με το νερό που βράζει. Το υλικό ανάλογα με το ειδικό του βάρος και την εκάστοτε φόρτωση του άμβυκα, επιπλέει ή βρίσκεται βυθισμένο στο νερό. Η μέθοδος εφαρμόζεται σε υλικά όπως τρίμματα αμυγδάλων, ροδοπέταλα, άνθη πορτοκαλιάς κ.λπ.. Επειδή παρόμοια υλικά πρέπει να αιωρούνται στο νερό και να κινούνται ελεύθερα κατά την απόσταξη, δεν μπορούν να αποσταχθούν με υδρατμούς, καθώς σχηματίζουν βώλους μέσα από τους οποίους δε μπορεί να διεισδύσει ο ατμός. Σημασία σε αυτή τη μέθοδο έχουν:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Η σωστή πλήρωση του άμβυκα. • Η ταχύτητα της απόσταξης. • Η αποφυγή υπερθέρμανσης του φυτικού υλικού. • Η μεγάλη επιφάνεια εξατμίσεως. <p>Πλεονέκτημα: απλή μέθοδος, οικονομική και χρησιμοποιείται εύκολα. Μειονέκτημα: απαιτείται μεγαλύτερος χρόνος απόσταξης (Βουρλιώτη-Αράπη, 2010; Κατσιώτης και Χατζοπούλου, 2010) .</p>

1.3.3. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΑΙΘΕΡΙΩΝ ΕΛΑΙΩΝ

Αν και ο ακριβής ρόλος των αιθέριων ελαίων δεν έχει ακόμη σαφώς καθοριστεί, υπάρχουν πολλές υποθέσεις, οι κυριότερες εκ των οποίων είναι η προστασία του φυτού, η χρήση τους ως φερομόνες διαφόρων εντόμων και η έναρξη αμυντικών μηχανισμών των φυτών.

Προστασία του φυτού: Συσσωρευση συνήθως σε κύτταρα με υψηλή εξειδίκευση με τη μορφή αιθέριων ελαίων, μιγμάτων τερπενοειδών (όπως η λιναλοόλη και το λιμονένιο) ή άλλων ουσιών. Αυτές οι δομές είτε έχουν καθαρά αμυντικούς ρόλους, αφού τα προϊόντα τους παρουσιάζουν τοξική ή απωθητική δράση έναντι

παθογόνων και φυτοφάγων οργανισμών (Jacobson, 1989; Taiz and Zeiger, 1998), είτε συμβάλλουν στην προσέλκυση των επικονιαστών ή των φυτοφάγων (Pichersky and Gershenzon, 2002).

Φερομόνες διαφόρων εντόμων: Σύμφωνα με τους Pichersky and Gershenzon (2002), ορισμένα μονοτερπένια, συστατικά των αιθέριων ελαίων δρουν ως φερομόνες εντόμων όπως η γερανιόλη, το μυρκένιο, το λιμονένιο και το α-και β-πινένιο.

Αμυντικών μηχανισμοί φυτού: Κατά τους Pichersky and Gershenzon (2002), υπάρχουν ενδείξεις ότι, ορισμένα πτητικά συστατικά, μεταξύ αυτών και τα τερπένια, διαδραματίζουν ρόλο σημάτων συναγερμού, αφού ελευθερώνονται από τους τραυματισμένους φυτικούς ιστούς και επάγουν αμυντικούς μηχανισμούς σε γειτονικά, μη τραυματισμένα φυτά.

Κάποιοι άλλοι ρόλοι των αιθέριων ελαίων είναι οι εξής:

- μειώνουν την απώλεια του νερού με την διαπνοή.
- προσελκύουν τα έντομα, που μαζεύουν τη γύρη και βοηθούν έτσι στην αναπαραγωγή και επικονίαση.
- έχουν αντισηπτικές ιδιότητες και ενεργούν κατά των βακτηρίων, των μυκήτων και των ζυμών.
- βοηθούν να επηρεάσουν άλλα φυτά που αναπτύσσονται στην ίδια περιοχή (αλληλοπάθεια).
- λειτουργούν ως αποθήκες ενέργειας.
- βοηθούν στην επούλωση πληγών.

Τέλος, εξαιτίας των διαφόρων συστατικών που διαθέτουν τα αιθέρια έλαια παρουσιάζουν αντιοξειδωτικές και αντιμικροβιακές ιδιότητες (Azaz et al., 2005; Panizzi et al., 1993; Yadegarinia et al., 2006).

1.4. ΕΠΙΚΡΑΤΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Στη Βόρεια και Κεντρική Ελλάδα παρατηρείται η μεγαλύτερη παραγωγή αρωματικών φυτών και η μεγαλύτερη παραγωγή από την συλλογή αυτοφυών φυτών εμφανίζεται στην Κεντρική και Νότια Ελλάδα. Η διάθεση των προϊόντων των Ελλήνων παραγωγών γίνεται σε εμπόρους ή πραγματοποιούν μόνοι τους τη διακίνηση στις αγορές. Εξαιρέσεις αποτελούν οι παραγωγοί κρόκου που είναι οργανωμένοι στον Συνεταιρισμό Κροκοπαραγωγών με 1500 μέλη, οι παραγωγοί μαστίχας Χίου που είναι οργανωμένοι στον Συνεταιρισμό Μαστιχοπαραγωγών με 2800 μέλη και οι παραγωγοί ρίγανης για μεταποίηση που έχουν συνάψει συμβόλαια για διάθεση των προϊόντων τους κυρίως για απόσταξη (ριγανέλαιο).

Άριστη πρόταση παραγωγής για την Ελλάδα αποτελεί η καλλιέργεια αρωματικών φυτών, καθώς διεθνώς οι νέες τάσεις στην αγορά είναι η αναζήτηση νέων κλάδων που μπορούν να σταθούν ανταγωνιστικά, χωρίς άμεσες οικονομικές ενισχύσεις. Σύμφωνα και με τον Γκολιάρη (2002):

- Η Ελλάδα διαθέτει ιδιαίτερα αξιόλογο φυσικό συγκριτικό πλεονέκτημα για την παραγωγή αρωματικών φυτών ποιότητας, δεδομένης της μεγάλης ποικιλίας ειδών και των ιδιαίτερα ευνοϊκών συνθηκών κλίματος και εδάφους που διαθέτει.

- Η καλλιέργεια αρωματικών φυτών μπορεί να εξελιχθεί σε έναν από τους δυναμικούς κλάδους γεωργικής παραγωγής και να έχει ουσιαστική συνεισφορά στο παραγόμενο οικονομικό προϊόν.
- Η ευαισθητοποίηση του κοινού στα θέματα προστασίας του περιβάλλοντος και της ανάπτυξης υγιεινών τροφών έχει φέρει στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος την ανάπτυξη νέων καλλιεργειών και οικοσυστημάτων που βασίζονται στις αρχές και τους κανόνες της βιολογικής γεωργίας.
- Σχετικά με την υποδομή σε μηχανικό εξοπλισμό δεν εμφανίζουν ιδιαίτερες απαιτήσεις και οι διαδικασίες σποράς και συλλογής μπορούν να πραγματοποιηθούν με συμβατικό εξοπλισμό με μικρές τροποποιήσεις.
- Δεν είναι ιδιαίτερα απαιτητικά σε νερό, λίπανση και πλούσια εδάφη και επομένως μπορούν να καλλιεργηθούν σε αγροτεμάχια που είτε καλλιεργούνται ήδη φυτά χαμηλής προσόδου είτε είναι ακαλλιέργητα.
- Η μεταρρύθμιση της ΚΑΠ επιφέρει μείωση επιδοτήσεων και δίνει προτεραιότητα, όπως προαναφέρθηκε, στην ποιότητα και το περιβάλλον.
- Στήριξη από Κοινοτικά προγράμματα.

Ο τομέας των αρωματικών φυτών έχει ενταχθεί στο Γ' Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης με στόχους (MarketAgri, 2003).

- Την αύξηση των καλλιεργούμενων εκτάσεων σε 100000 στρ. μέχρι το έτος 2007.
- Την προστασία της αυτοφυούς χλωρίδας.
- Την ίδρυση νέων μονάδων μεταποίησης.
- Την προώθηση των προϊόντων.

1.5. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΣΤΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΑΙΘΕΡΙΩΝ ΕΛΑΙΩΝ ΣΤΑ ΦΥΤΑ

Σημαντικά συστατικά του δευτερογενούς μεταβολισμού του φυτού θεωρούνται τα αιθέρια έλαια μαζί με τα αλκαλοειδή και τα φαινολικά συστατικά. Η αξία τους κρίνεται από την έως σήμερα γνωστή χρήση τους στη βιομηχανία τροφίμων, φαρμάκων και αρωμάτων, καθώς και από τις αντιμικροβιακές και αντιοξειδωτικές ιδιότητες που διαθέτουν και ενισχύουν τη χρήση των αιθέριων ελαίων στα τρόφιμα. Συνεπώς, τις περισσότερες φορές καθίσταται αναγκαία η γνώση της κατάλληλης εποχής συγκομιδής/συλλογής, για την επίτευξη της επιθυμητής σύστασης και απόδοσης σε αιθέριο έλαιο. Για να καταστεί αυτό δυνατό, πρέπει να είναι γνωστοί οι παράγοντες που καθορίζουν τη χημική σύσταση και την απόδοση του αιθέριου ελαίου στα φυτά. Εν συνεχεία, παρουσιάζονται και αναλύονται κάποιοι από τους παράγοντες αυτούς (Figueiredo et al., 2008) και οι μεταβολές στη φυσιολογία του φυτού αφορούν τα εξής:

- Το στάδιο ανάπτυξης των οργάνων.
- Το μέρος του φυτού που αναλύεται.
- Το εκκριτικό όργανο που παράγει το αιθέριο έλαιο.
- Εποχική διακύμανση.
- Μηχανικές και χημικές ζημιές.

Καθοριστικό για τη σύσταση του αιθέριου ελαίου του φυτού είναι το στάδιο ανάπτυξης των οργάνων του φυτού (π.χ. φύλλα, άνθη, καρποί, κ.λ.π.). Η απόδοση σε αιθέριο έλαιο, στις περισσότερες περιπτώσεις είναι αυξημένη κατά την περίοδο της ανθοφορίας. Ταυτοχρόνως, η αναλογία κάποιων συστατικών αυξάνεται από 10% (αρχικά στάδια) σε 50-70% (στάδιο πλήρους άνθησης. Κατά την ωρίμανση των οργάνων, οι αλλαγές που παρατηρούνται στη σύσταση των πτητικών συστατικών οφείλονται σε αντιδράσεις κυκλοποίησης και αφυδάτωσης των συστατικών. Επίσης, στις περισσότερες περιπτώσεις, η σύσταση του αιθέριου ελαίου εξαρτάται άμεσα από το μέρος του φυτού που αναλύεται (π.χ. άνθη, φύλλα, βλαστοί, φλοιοί, κ.λ.π.). Συνήθως, κατά τη διάρκεια της περιόδου της άνθησης όπως και πριν από αυτή, η συγκέντρωση των τερπενοειδών είναι γενικά μεγαλύτερη στα αναπαραγωγικά όργανα. Επιπλέον, εξαιτίας του προστατευτικού ρόλου που παρέχουν στο φυτό έναντι φυσικών εχθρών, η συγκέντρωσή τους είναι αυξημένη στα νεαρά όργανα παρά στα ώριμα. Συν τοις άλλοις, οι διαφορές στη σύσταση του αιθέριου ελαίου στα διάφορα μέρη του φυτού μπορεί να εξηγηθούν εν μέρει και από την ετερογενή κατανομή των εκκριτικών οργάνων (π.χ. τριχίδια, πόροι κ.λ.π.) στο φυτό. Σύνηθες είναι το φαινόμενο, από τα όργανα αυτά να μην εκκρίνονται τα ίδια συστατικά, ενώ μπορεί και ο μηχανισμός έκκρισης να είναι διαφορετικός ή ακόμα και να μην αναπτύσσονται ταυτόχρονα σε όλα τα μέρη του φυτού. Το είδος και η θέση των οργάνων αυτών είναι χαρακτηριστικά για κάθε οικογένεια.

Η σύσταση του αιθέριου ελαίου σε πολλά είδη, μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια του έτους, γεγονός που καθορίζει και την εποχή συλλογής του φυτού. Συνήθως, οι μεταβολές στη σύσταση και την απόδοση σε αιθέριο έλαιο, συνδέονται με τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν κατά τη διάρκεια του έτους (π.χ. διάρκεια ηλιοφάνειας, θερμοκρασία, υγρασία, κ.λ.π.) ή ακόμη και με επιμολύνσεις από παθογόνους μικροοργανισμούς (ιδιαίτερα κατά τις περιόδους υψηλών βροχοπτώσεων). Σε κάθε περίπτωση, η εποχή συλλογής επιλέγεται βάσει του επιθυμητού συνδυασμού σύστασης και απόδοσης σε αιθέριο έλαιο. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι, η συγκέντρωση των δευτερογενών μεταβολιτών στο φυτό επηρεάζεται από πληγές ή προσβολές που μπορεί να προκληθούν από αρπακτικά πτηνά ή ακόμη και από την εφαρμογή ζιζανιοκτόνων. Στις περιπτώσεις αυτές νέα συστατικά μπορεί να παραχθούν ή ακόμη μπορεί να παρατηρείται αύξηση στη συγκέντρωση ή/και αλλαγή στις αναλογίες των ήδη υπαρχόντων συστατικών. Η αντίδραση ενός υγιούς φυτού σε οποιοδήποτε είδος μηχανικής ή χημικής βλάβης εξαρτάται επιπλέον και από το στάδιο ανάπτυξης του φυτού, τη διαθεσιμότητα του νερού, την ηλιοφάνεια κ.ά..

Επισημαίνεται ότι και οι περιβαλλοντικοί παράγοντες θεωρούνται εξαιρετικά σημαντικοί και ιδίως το κλίμα. Η παραγωγή των αιθέριων ελαίων εξαρτάται άμεσα από τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον ανάπτυξης του φυτού. Το κλίμα είναι ίσως ο μοναδικός παράγοντας που διαφεύγει του ανθρώπινου ελέγχου, γι' αυτό και θεωρείται καθοριστικός στην ποιότητα των αιθέριων ελαίων. Βιβλιογραφικές πηγές αναφέρουν ότι στα είδη *Coriandrum sativum* και *Thymus vulgaris*, η απόδοση σε αιθέριο έλαιο αυξάνει με την αύξηση της άρδευσης. Σε συνθήκες ξηρασίας μειώνεται η φωτοσυνθετική δραστηριότητα των φυτών και μεταβάλλεται η ικανότητα πρόσληψης θρεπτικών συστατικών. Κάτω από τέτοιες συνθήκες στρες, τα φυτά είναι περισσότερο επιρρεπή σε παθογόνους οργανισμούς και φυτοφάγα ζώα.

Εξίσου σημαντικός παράγοντας θεωρείται και η γεωγραφική θέση. Πολλές είναι οι βιβλιογραφικές αναφορές που επιβεβαιώνουν ότι, συχνά η απόδοση και η σύσταση του αιθέριου ελαίου για το ίδιο είδος φυτού εξαρτάται από τη γεωγραφική θέση της καλλιέργειας. Έτσι, στη βιβλιογραφία παρατηρείται μία αξιοσημείωτη ποικιλία στην περιεκτικότητα των συστατικών αιθέριου ελαίου σε κάποια είδη φυτών (π.χ. *T. vulgaris*) που υποδηλώνει την ύπαρξη χημειοτύπων. Η ύπαρξη χημειοτύπων είναι το αποτέλεσμα διαφορών στις περιβαλλοντικές συνθήκες, στις συνθήκες καλλιέργειας (π.χ. γεωγραφικό ύψος, ηλιοφάνεια, τύπος εδάφους, κ.λπ.), οι οποίες καταλήγουν και σε γενετικές διαφοροποιήσεις των ειδών.

Τελευταίοι αναφέρονται οι γενετικοί παράγοντες, αν και θεωρούνται εξίσου σημαντικοί. Συγκεκριμένα, η παραγωγή και η χημική σύσταση των αιθέριων ελαίων από τα φυτά είναι γενετικά καθορισμένη. Ωστόσο, μικρές διαφορές στο γενότυπο ατόμων του ίδιου είδους επηρεάζουν σημαντικά τη χημική σύσταση των δευτερογενών μεταβολιτών (δημιουργία χημειοτύπων), χωρίς να μεταβάλλουν την μορφολογία του (Nemeth, 2005).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΤΟ ΤΣΑΙ ΤΟΥ ΒΟΥΝΟΥ

2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το τσάι του βουνού είναι ένα από τα πολλά αρωματικά φυτά που αυτοφύονται στην Ελλάδα. Τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά κατέχουν ιδιαίτερα θέση ανάμεσα στους ανθρώπους όλων των λαών κι όλων των εποχών. Είναι ένα από τα σημαντικότερα είδη της τοπικής χλωρίδας καθώς επίσης ανήκει σε μια ομάδα αρωματικών φυτών και βοτάνων τα οποία χρησιμοποιούνται για τις φαρμακευτικές τους δράσεις, αλλά και για τα αιθέρια έλαια ως δευτερογενή δράση.

Η οικογένεια στην οποία ανήκει το τσάι του βουνού είναι η οικογένεια των χειλανθών (Lamiaceae) και στο γένος *Sideritis* (που περιλαμβάνει 150 είδη που βρίσκονται σε παραμεσόγειες περιοχές), με επιστημονικό όνομα *Sideritis spp* (Εικ.1) (Gonzalez-Burgos et al., 2011). Τα περισσότερα είδη του γένους *Sideritis* είναι αυτοφυή και βρίσκονται σε χώρες της Μεσογείου, ενώ πολλά είδη του γένους αυτού βρίσκονται στην Ασία.

Είναι γεγονός ότι την μεγαλύτερη ποικιλία ειδών συναντάται στην Ιβηρική Χερσόνησο, με 45 τουλάχιστον είδη τα περισσότερα των οποίων είναι ενδημικά, ενώ 14 από αυτά απειλούνται σήμερα με εξαφάνιση. Το κέντρο καταγωγής του φυτού φαίνεται να καταγράφεται γύρω από την περιοχή της Μεσογείου. Εκεί έχουν σημειωθεί πάνω από 100 διαφορετικά είδη του γένους *Sideritis* τα οποία χρησιμοποιούνται από τον λαό μας δίνοντας τα αγαπημένα μας ροφήματα με το όνομα ελληνικά τσάγια ή τσάγια του βουνού. Στατιστικά δεδομένα δείχνουν ότι στην Ελλάδα καλλιεργούνται 750 περίπου στρέμματα στον Ν.Μαγνησίας και κυρίως στην κοινότητα Βρύναινας. Πρόκειται ουσιαστικά για μια καλλιέργεια η οποία για να διατηρήσει την ποιότητά της, μιμείται τις φυσικές συνθήκες ανάπτυξής της. Υπάρχουν βέβαια και εξαιρέσεις όπου οι καλλιέργειες βρίσκονται σε πολύ χαμηλά υψόμετρα κάτω των 20 μέτρων.



Εικόνα 1: Τσάι του βουνού (ανθισμένο).

Τα παλιά χρόνια το τσάι του βουνού μαζευόταν σε μικρές ποσότητες καθώς θεωρούνταν μελισσοτροφικό φυτό. Τη δουλειά αυτή αναλάμβαναν οι κάτοικοι των ορεινών περιοχών και το χρησιμοποιούσαν ως αφέψημα. Περνώντας τα χρόνια και συγκεκριμένα μετά το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο, διαδόθηκε η χρησιμοποίησή του στον αστικό πληθυσμό με αποτέλεσμα να αυξάνεται συνεχώς η κατανάλωσή του και κατ' επέκταση η τιμή του. Αποτέλεσμα αυτού ήταν η αύξηση του ενδιαφέροντος για εντατικότερη συλλογή.

Ιδανικά εδάφη για την συγκεκριμένη καλλιέργεια είναι τα μέτριας σύστασης ορεινά ασβεστολιθικά εδάφη, με καλή ικανότητα στράγγισης. Ο τρόπος πολλαπλασιασμού του είναι κυρίως με παραφυάδες (τα φυτά φυτεύονται κατευθείαν στην τελική τους θέση). Τα φυτά βρίσκονται σε πλήρη άνθηση τον μήνα Ιούλιο κατά τον οποίο γίνεται και η συγκομιδή του τσαγιού. Επόμενο βήμα είναι η μεταφορά τους σε ξηραντήριο με σκοπό την ξήρανσή τους. Τέλος, η αποθήκευσή τους γίνεται σε αποθήκες καλά αεριζόμενες αφού πρώτα το αποξηραμένο προϊόν έχει συσκευαστεί σε δέματα και έχει καλυφθεί περιμετρικά με λινάτσα.

Υπάρχουν ακόμη βασικά θέματα που αφορούν τη ζιζανιοκτονία, τη λίπανση, τη τεχνική συγκομιδής, τη ξήρανση, την άρδευση και για το λόγο αυτό πραγματοποιούνται συνεχώς μελέτες και πειράματα για την βελτίωση της καλλιεργητικής πρακτικής.

Έτσι λοιπόν, ο σκοπός της συγκεκριμένης έρευνας, που μελετά την επίδραση της πλήρους και της ελλειμματικής άρδευσης στην καλλιέργεια «Τσάι του Βουνού» στον Θεσσαλικό κάμπο, αποσκοπεί στη διεξαγωγή συμπερασμάτων για τη βελτιστοποίηση της χρήσης του αρδευτικού νερού στην εν λόγω καλλιέργεια τόσο στα αναπτυξιακά όσο και στα παραγωγικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά της.

2.2. ΟΝΟΜΑΣΙΑ

Υπάρχουν διάφορες εκδοχές που σχετίζονται με την προέλευση του ονόματος του Σιδερίτη. Μία από αυτές προέρχεται από την λέξη σίδηρος εξαιτίας της ικανότητάς του να θεραπεύει τις πληγές που οφείλονται σε σιδερένια αντικείμενα. Μια άλλη εξίσου σημαντική εκδοχή βασίζεται στην φυσική πηγή σιδήρου αφού στα ροφήματα που παρασκευάζονται από αυτό περιέχεται αρκετός σίδηρος. Τελευταία αλλά εξίσου σημαντική εκδοχή αναφέρει ότι προέρχεται από το σχήμα του άνθους (τα δόντια του κάλυκα του άνθους) που μοιάζουν με λόγχη (Γεννάδιος, 1959).

Στην Κρήτη είναι γνωστό και ως «μαλοτήρα», ονομασία που προέρχεται κατά την επικρατέστερη εκδοχή από τις ιταλικές λέξεις «male» (αρρώστια) και «tirare» (σύρω), επειδή στην ενετοκρατούμενη Κρήτη το θεωρούσαν πανάκεια για τα κρυολογήματα και τις παθήσεις του αναπνευστικού. Στην Ελλάδα είναι γνωστό από την αρχαιότητα και αναφέρεται από το Θεόφραστο (372-287 π.Χ.) και τον Διοσκουρίδη (10 μ.Χ. αιώνα) (Ανάσης, 1976).

2.3. ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Το Ελληνικό τσάι του βουνού είναι πολυετές φυτό, ανήκει στην οικογένεια των χειλανθών (Lamiaceae) και στο γένος *Sideritis*. Είναι μονοετείς ή πολυετείς πόες αποξυλωμένες στη βάση και τριχωτές. Συνήθως είναι πολύ αρωματικές λόγω του περιεχομένου αιθέριου ελαίου. Τα φύλλα είναι οδοντωτά και τα άνθη είναι λευκά ή κίτρινα και συνήθως σχηματίζουν στάχυ. Ο κάλυκας είναι κωνοειδής με 10 νευρώσεις και 5 οδόντες διαταγμένους σε δύο χείλη. Το επάνω χείλος αποτελείται από δύο συμφυή πέταλα, ενώ το κάτω καταλήγει σε τρεις λοβούς, από τους οποίους ο μεσαίος είναι ο μεγαλύτερος. Οι στήμονες είναι τέσσερις και οι μπροστινοί δύο είναι μεγαλύτεροι σε μήκος από τους άλλους δύο. Ο στύλος καταλήγει σε δύο άνισα στίγματα. Η ωθήκη είναι δίχωρη, ενώ με ψευδή διαφράγματα γίνεται τετράχωρη. Οι καρποί είναι τέσσερα κάρυα που περικλείουν από ένα σπέρμα (Ανάσης, 1976; Θανασούλια και Σιατής, 2008).

2.4. ΕΙΔΗ ΤΣΑΓΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Από τα 17 περίπου είδη που αυτοφύονται στην Ελλάδα, ιδιαίτερα γνωστά και με μεγάλη εξάπλωση είναι τα παρακάτω (Γκόλιαρης, 1984) (Πίνακας 2.1):

Πίνακας 2.1: Κυριότερα είδη τσαγιού στην Ελλάδα.

ΕΙΔΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
<i>Sideritis clandestina</i> (Εικ. 2)	Η κοινή ονομασία του είναι τσάι του Μαλεβού ή τσάι του Ταυγέτου. Πρόκειται για είδος πολυετούς πόας με ύψος που φτάνει τα 40 cm. Ο βλαστός του είναι απλός ή διακλαδισμένος. Συναντάται συνήθως σε βράχους, στις υποαλπικές και αλπικές περιοχές του Μαλεβού, του Ταυγέτου και της Κυλλήνης.
<i>Sideritis athoa</i> (Εικ. 3)	Η κοινή ονομασία του είναι τσάι βλάχικο, και στο Άγιο Όρος μεπετόνικα. Είναι πολυετής πόα, ύψους έως 40 cm και καλύπτεται ολόκληρο με μικρές αδενώδεις τρίχες. Ο βλαστός είναι όρθιος, απλός ή διακλαδισμένος και ξυλώδης στη βάση του. Αυτοφύεται στον Άθω, στην Πίνδο και στην Σαμοθράκη.
<i>Sideritis syriaca</i> (Εικ. 4)	Η κοινή του ονομασία είναι τσάι της Κρήτης και είναι επίσης γνωστό και ως μαλοτήρας ή καλοκοιμηθιά. Είναι πολυετής πόα, ύψους 50 cm, με βλαστό συνήθως απλό, ισχυρό, όρθιο, που καλύπτεται με πυκνό άσπρο χνούδι. Αυτοφύεται στα βουνά της Κρήτης και κυρίως στα Λευκά Όρη και στον Ψηλορείτη σε υψόμετρο 1300 - 2000 m.
<i>Sideritis scardica</i> (Εικ. 5)	Η κοινή ονομασία του είναι τσάι του Ολύμπου. Είναι πολυετής πόα, με βλαστό απλό ή διακλαδισμένο, τετραγωνισμένο και λίγο ξυλώδη στη βάση. Αυτοφύεται σε βραχώδη μέρη και σε υψόμετρο πάνω από 1000m στον Όλυμπο, στον Κίσσαβο και στο Πήλιο.

<p><i>Sideritis euboica</i> (Εικ. 6)</p>	<p>Η κοινή του ονομασία είναι τσάι της Εύβοιας ή τσάι απ' το Δέλφι. Είναι πολυετής πόα ύψους 30-50 cm, με πυκνό και λευκό χνούδι σε όλα τα μέρη του. Ο βλαστός του είναι ξυλώδης στη βάση, ισχυρός, απλός ή μερικές φορές διακλαδισμένος. Αυτοφύεται στην Εύβοια και κυρίως στα βουνά Δίρφου σε υψόμετρο 1000 - 1540m.</p>
<p><i>Sideritis raeseri</i> (Εικ. 7)</p>	<p>Η κοινή του ονομασία είναι τσάι του Παρνασσού ή τσάι του Βελουχιού. Είναι πολυετής πόα, ύψους έως και 40 cm. Ο βλαστός του είναι λεπτός, χνώδης, απλός και σπάνια διακλαδισμένος, καθώς και λίγο ξυλώδης στη βάση. Υπάρχει διαφοροποίηση όσον αναφορά τα φύλλα που βρίσκονται κοντά στο υπόγειο τμήμα του φυτού σχετικά με τα φύλλα που βρίσκονται προς την κορυφή του φυτού. Πιο συγκεκριμένα, τα κατώτερα φύλλα είναι έμισχα ενώ τα ανώτερα άμισχα, λογχοειδή, λίγο πριονωτά με άσπρο χνούδι και έντονα κίτρινα άνθη στις ακριανές ταξιανθίες. Αυτοφύεται και καλλιεργείται στον Νομό Μαγνησίας. Ευδοκιμεί σε ορεινές περιοχές και σε χωράφια ασβεστούχα, πετρώδη, μέτριας γονιμότητας και ξηρικά.</p>



Εικόνα 2: *Sideritis clandestina*.



Εικόνα 3: *Sideritis athoa*.



Εικόνα 4: *Sideritis syriaca*.



Εικόνα 5: *Sideritis scardica*.



Εικόνα 6: *Sideritis euboica*.



Εικόνα 7: *Sideritis raeseri*.

Κοινό χαρακτηριστικό των ειδών αυτών, αλλά και γενικά του γένους *Sideritis* L. είναι το γεγονός ότι πρόκειται για φυτά ιδιαίτερα προσαρμοσμένα για να επιβιώνουν σε απόκρημνες βραχώδεις περιοχές, με υψόμετρο άνω των 1000 m. Παρουσιάζουν μεγάλη ανθεκτικότητα στην ξηρασία και τις χαμηλές θερμοκρασίες. Έχουν ιδιαίτερες εδαφολογικές απαιτήσεις, καθώς προτιμούν πλούσια εδάφη και θέσεις με ελαφρύ έδαφος, άφθονο ήλιο και καθόλου συνεκτικό. Συνηθίζουν να φυτρώνουν σε σχισμές βράχων, όπου ελάχιστα είδη φυτών θα μπορούσαν να φυτρώσουν (Γκόλιαρης, 1984).

2.5. ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΟΥ ΤΣΑΓΙΟΥ

2.5.1. ΑΙΘΕΡΙΑ ΕΛΑΙΑ ΤΟΥ *SIDERITIS*

Όσον αφορά την αναγνώριση των συστατικών του ελαίου που προκύπτει από το τσάι του βουνού, οι πρώτες εργασίες εμφανίστηκαν στις αρχές της δεκαετίας του '80 και αφορούσαν το έλαιο του είδους *S. raeseri*, το οποίο μελετάται και στην παρούσα εργασία. Κατά την αναζήτηση σχετικού θέματος εργασιών στην εθνική και διεθνή βιβλιογραφία, εντοπίστηκαν δύο σημαντικές εργασίες που ασχολούνται με την αναγνώριση των συστατικών του ελαίου.

Το φυτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε στην πρώτη εξ' αυτών, ήταν αποξηραμένες δρόγες από τα είδη *S. clandestina* και *S. raeseri*. Το πείραμα βασίστηκε στη μέθοδο της υδροαπόσταξης με σκοπό την παραλαβή του ελαίου και στη συνέχεια, έγινε ανάλυση με χρήση αέριας χρωματογραφίας και φασματοσκοπίας μάζας. Χρησιμοποιήθηκε δυναμικό ιονισμού 70 eV και ο τύπος της στήλης χρωματογραφίας ήταν 25m x 0.25mm i.d. OV-101 glass capillary column (WCOT) με αέρια φάση Ηλίου (He) και οι θερμοκρασίες ήταν 50 - 200 °C, με ρυθμό αύξησης της θερμοκρασίας 2 °C min⁻¹. Η συγκεκριμένη εργασία δημοσιεύτηκε το 1986 με τίτλο «Η σύνθεση του αιθέριου ελαίου στο Ελληνικό Τσάι του Βουνού (*Sideritis* spp.)» (Floca et al., 1981). Τα αποτελέσματα έδωσαν αποδόσεις σε λάδι για το είδος *clandestina* 0,09% και για το *raeseri* 0,12% (επί ξηρής δρόγης). Η χρωματογραφική ανάλυση του λαδιού των δυο ειδών έδωσε πάνω από 70 διαφορετικά συστατικά, από τα οποία αναγνωρίστηκαν τα 50 (Πίνακας 2.2). Αξίζει να αναφερθούν κάποια συμπεράσματα της χρωματογραφίας της εργασίας αυτής, ιδιαίτερα για το είδος *raeseri*.

Πίνακας 2.2: Τα συστατικά δύο ειδών τσαγιού, όπως προέκυψαν από τη χρωματογραφική ανάλυση.

ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ	<i>S. Clandestina</i>	<i>S. Raeseri</i>
Τρικυκλένιο(Tricyclene)	δ.α.	0.05
α-θουγένιο (α-Thujene)	0.13	0.15
α-πινέλιο (α-Pinele)	12.16	16.50
καμφένιο (Camphene)	ίχνη	0.15
Ισοβουτυλοβενζένιο (Isobutylbenzene)	δ.α.	0.08
Σαβινένιο (Sabinene)	1.68	ίχνη
2-μέθυλο-2-επτεν-6-όνη (2-Methyl-2-hepten-6-on)	0.17	0.11
β-πινένιο (b-Pinene)	11.92	20.61
Μυρκένιο (Myrcene)	0.23	0.33
α-φελλανδρένιο (α-Phellandrene)	ίχνη	0.45
α-Τερπινένιο (α-Terpinene)	1.13	0.90
π-κυμένιο (p-Cyrene)	0.34	3.37
β-φελλανδρένιο (β-Phellandrene)	1.19	0.25
Λιμονένιο (Limonene)	7.29	6.73
cis-β-ωκιμένιο (cis-β-Ocirtene)	0.08	0.20
Γ-τερπινένιο (γ-Terpinene)	3.18	0.45
6-μέθυλο-3,5-επταδιέν-2-όνη (6-Methyl-3,5-heptadien-2-one)	0.21	0.31
Λινανόλη (Linalool)	0.11	1.68
cis- ένυδρο σαβινένιο (cis-Sabinene hydrate)	ίχνη	0.90
Σαβινόλη (Sabinol)	0.34	2.13
trans-πινοκαρβεόλη (trans-Pinocarveol)	δ.α.	0.55
πινοκαρβόνη (Pinocarvone)	0.17	1.00
Βορνεόλη (Borneol)	ίχνη	0.28
Ναφθαλένιο (Naphthalene)	0.78	0.18
Τερπινέν-4-όλη (Terpinen-4-ol)	2.78	0.25
Μυρτενάλη (Myrcenal)	ίχνη	3.49
α-τερπινεόλη (α-Terpineol)	ίχνη	0.30
Καρβόνη (Carvone)	δ.α.	0.71
Bornyl acetate	0.38	0.21
α-κοπαένιο (α-Copaene)	0.13	ίχνη
β-ελεμένιο (β-Elemene)	0.28	δ.α.
Damascenone	ίχνη	0.13
β-κοπαένιο (β-Copaene)	13.49	0.80
β-Bourhonene	1.39	ίχνη
β-καρσοφυλλένιο (β-Caryophyllene)	9.07	6.52
allo-Aromadendrene	0.43	0.15
α-Humulene	0.43	9.91
Germacrene-D	0.38	5.52
β-Bisabolene	1.38	0.28
α-Murolene	0.38	ίχνη
β-ιονόνη (β-Ionone)	0.11	0.09
γ-καρδινένιο (γ-Cadinene)	0.51	ίχνη
Calamenene	4.61	3.70
δ-καδινένιο (δ-Cadinene)	11.49	1.30
Calactirene	3.80	2.13
Λεδόλη (ledol)	0.79	2.21
α-καδινόλη (α-Cadinol)	3.68	3.55

Ο Koedam (1986) προέβη και στην εξαγωγή ελαίου μέσω διαλυτών για να ερευνήσει την πιθανή επίπτωση της θερμότητας κατά την απόσταξη, στα συστατικά του ελαίου. Διαπίστωσε ότι, οι ουσίες 2-methyl-2-hepten-6-one, damascenone και

b-ionone εμφανίζονται κατά τη διαδικασία της απόσταξης ως προϊόντα της θερμικής αποδόμησης των καροτενοειδών. Ενώ, δεν παρουσιάστηκαν άλλες διαφορές μεταξύ των δυο τρόπων παραλαβής του ελαίου. Επιπλέον, ο Koedam αναφέρει ότι, κατά την παρασκευή του ροφήματος (ελαφρύ βράσιμο αποξηραμένων ανθικών στελεχών σε νερό), το άρωμα που αναδύεται οφείλεται στα πτητικά συστατικά του λαδιού που απελευθερώνονται σχετικά νωρίς. Πιο συγκεκριμένα, ουσίες με μικρότερο σημείο ζέσεως απελευθερώνονται πρώτες, ενώ ουσίες με μεγαλύτερο σημείο ζέσεως (όπως τα φλαβονοειδή) περνούν σταδιακά από τον φυτικό ιστό στο νερό. Έτσι, το ρόφημα αρχίζει και παίρνει το χαρακτηριστικό του χρώμα. Επίσης, είναι σημαντική η διαφορά που παρατηρείται ανάμεσα στο τσάι του βουνού και στο μαύρο τσάι, του οποίου το άρωμα και η γεύση οφείλονται στα στάδια επεξεργασίας του φυτού. Από την άλλη πλευρά, το άρωμα του ροφήματος των ειδών *Sideritis* είναι σχεδόν ίδιο και δεν έχει υποστεί κάποια αλλοίωση (πέραν της ξήρανσης δεν έχει υποστεί ζύμωση ή κάποιου άλλου είδους ζύμωση).

Η δεύτερη εργασία ασχολήθηκε με το *S. raeseri* και υπό την συνεργασία του φαρμακευτικού τμήματος του Πανεπιστημίου της Messina στην Ιταλία και του Εργαστηρίου Φαρμακογνωσίας του Πανεπιστημίου Αθηνών (Galati et al., 1996). Ο σκοπός της εργασίας ήταν η σύσταση του αιθέριου ελαίου. Για την υλοποίηση της πειραματικής διαδικασίας συλλέχθηκε από το βουνό του Παρνασσού (με υψόμετρο 1800m) το φυτικό υλικό, τον Ιούλιο του 1994 και οι ανθισμένες δρόγες αποξηράθηκαν στον αέρα. Το έλαιο εξήχθη με τη διαδικασία της απόσταξης, με παραμονή των φυτικών μερών στη αποστακτική συσκευή Clevenger για 3 ώρες. Η απόδοση σε έλαιο ήταν 0,14%. Για την αναγνώριση των συστατικών χρησιμοποιήθηκε αέριος χρωματογράφος με φέρον αέριο Ήλιο, σε συνδυασμό με φασματογράφο μάζας (GC/MS). Αναγνωρίστηκαν 36 συστατικά αντιπροσωπεύοντας το 86,57% του ελαίου. Σε μεγαλύτερη αναλογία βρέθηκαν οι ουσίες camphor (14,9%), 1,8-cineole (11,61%), α -bisabolol (7,78%), 13(16)14 labdien-8-ol (7,35%), trans-chrysanthenyl acetate (6,35%) και terpinen-4-ol (5,70%). Με την ίδια σχεδόν διαδικασία, της απόσταξης αποξηραμένων ανθικών στελεχών και τη χρήση αέριας χρωματογραφίας σε συνδυασμό με φασματογράφο μάζας, έχει μελετηθεί το αιθέριο έλαιο και από μερικά άλλα είδη της οικογένειας *Sideritis*.

Ανάλογη έρευνα πραγματοποιήθηκε το 1996 (Laer et al., 1996) με υλικό από το 1987 και 1989. Και στις δυο περιπτώσεις ως κύρια συστατικά βρέθηκαν τα Caryophyllene, carvacrol και thymol, με κάποια διαφοροποίηση μεταξύ των δυο εργασιών στα επιμέρους συστατικά του ελαίου.

Άλλες εργασίες με αντικείμενο την ποσοτική και ποιοτική σύσταση του αιθέριου ελαίου, έχουν γίνει σε μεσογειακές χώρες, όπως την Ισπανία και την Τουρκία (Ezer, 1996). Σε οκτώ είδη του γένους *Sideritis* της Ισπανίας (διαφορετικά από αυτά της Ελλάδας) η ποσότητα σε έλαιο δεν διέφερε σημαντικά από τα Ελληνικά είδη, στη σύσταση όμως, υπάρχουν σημαντικές ποσοτικές διαφορές στα ποσοστά και το είδος των συστατικών. Αρκετά είδη του γένους *Sideritis* έχουν μελετηθεί στην Τουρκία όπου η μέση απόδοση σε αιθέριο έλαιο βρέθηκε γύρω στο 0,5%. Τέλος, στην ποιοτική ανάλυση βρέθηκαν και εδώ διαφορές στα ποσοστά των επιμέρους συστατικών.

Η μέχρι τώρα αναφορά αφορούσε εργασίες που έχουν αντικείμενο την εύρεση της περιεκτικότητας διαφόρων ειδών του γένους *Sideritis* L. σε αιθέριο έλαιο και την

ποιοτική και ποσοτική ταυτοποίηση, όσο το δυνατό μεγαλύτερου μέρους από τα συστατικά του αιθέριου ελαίου. Υπάρχουν όμως και πιο εξειδικευμένες εργασίες που αναφέρονται σε συγκεκριμένα συστατικά του αιθέριου ελαίου ή ομάδες συστατικών.

Έτσι, κάποια άλλη εργασία χρησιμοποιεί σύνθετες τεχνικές (χρήση πολλών διαλυτών) για να απομονώσει ένα φαινολικό συστατικό (ariorenin 7-(4-O-b-glucosyl-trans-p-coumarate) από το *S. raeseri*) (Gabrieli and Kokkalou, 1990). Από άλλες εργασίες φαίνεται ότι τα διτερπένια Siderone και ucriol χαρακτηρίζουν το έλαιο του *S. syriaca* (Demo et al., 1998). Επίσης, υπάρχουν μελέτες για τα φλαβονοειδή ορισμένων ειδών του γένους *Sideritis* της Ιβηρικής χερσονήσου και της βόρειας Αφρικής (Mateo et al., 1988; Villar et al., 1984).

Οι παραπάνω εργασίες πέρα από το καθαρά χημικό ενδιαφέρον για την ανάλυση της δομής των διαφόρων αυτών συστατικών, τα οποία προφανώς σχετίζονται με τις ιδιότητες του αφεψήματος από το φυτό, βοηθούν και σε μια χημιοσυστηματική προσέγγιση της διαφοροποίησης των ειδών. Αποκτάται παράλληλα και μια εμπειρία στην εξέλιξη των τεχνικών παραλαβής των συστατικών του ελαίου. Το φαρμακολογικό ενδιαφέρον για τα συστατικά των αιθέριων ελαίων των διαφόρων ειδών του γένους *Sideritis* και άλλων γενών φαρμακευτικών φυτών, οδηγεί πολλούς ερευνητές να ασχολούνται με τη μελέτη των αντιοξειδωτικών τους ιδιοτήτων (Venturela et al., 1983; Villar et al., 1990).

Επίσης, η ύπαρξη των φλαβονοειδών στην φυτική επιφάνεια προφυλάσσει τους φυτικούς ιστούς από τη βλαβερή επίδραση UV ακτινοβολίας και βοηθά τα διάφορα είδη του γένους *Sideritis* να προσαρμόζονται στις συνθήκες μεγάλου υψομέτρου. Τα διάφορα είδη της Βορείου Αφρικής διαφέρουν και από το γεγονός ότι για να επιβιώνουν στις ερημικές περιοχές και να προστατεύονται αντί για φλαβονοειδή, έχουν ουσίες τερπενικής φύσεως.

Ακόμη, έχει παρατηρηθεί ότι τα είδη με περισσότερες λευκές τρίχες στην επιφάνεια των φύλλων, έχουν μικρότερη περιεκτικότητα σε φλαβονοειδή. Στις περιπτώσεις αυτές, οι τρίχες προστατεύουν τα φυτά από την UV ακτινοβολία (Francisco, 1988). Επίσης, έχει διαπιστωθεί από εργασίες και η αντιφλεγμονώδης δράση των ουσιών φλαβονοειδούς φύσεως (Villar et al., 1990).

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται κάποιες γενικές διαπιστώσεις σχετικά με το γένος *Sideritis* L. Ουσιαστικά, για τη μελέτη του γένους αυτού το έναυσμα ήταν η χρήση μερικών ειδών (κυρίως στην Ελλάδα) για την παρασκευή αφεψήματος, που φάνηκε να έχει και σημαντικές ευεργετικές ιδιότητες. Ένα επιπλέον κίνητρο για τη μελέτη του υπήρξε η πληθώρα ειδών που διαθέτει, τα οποία χρειάζονται μια πιο συστηματική μελέτη από βοτανικής πλευράς, μιας και παρουσιάζουν ευρεία εξάπλωσή στις χώρες της Μεσογείου και των Βαλκανίων. Βέβαια, όλες οι προσπάθειες μελέτης θεμάτων γύρω από το γένος *Sideritis* συμβαδίζουν με το γενικότερο ενδιαφέρον που παρουσιάζεται, ειδικά τα τελευταία χρόνια, για τη μελέτη των ιδιοτήτων και των χρήσεων των αρωματικών φαρμακευτικών φυτών. Ειδικά στον τομέα των αιθέριων ελαίων υπάρχει μεγάλο επιστημονικό ενδιαφέρον καθώς, οι χρήσεις τους συνεχώς διευρύνονται. Στην αγορά, πέραν του τομέα των καλλυντικών, παρουσιάζει μεγάλο οικονομικό ενδιαφέρον η χρήση συστατικών των αιθέριων ελαίων για φαρμακευτική χρήση και χρήση στη βιομηχανία τροφίμων. Πρόσφατα, ξεκίνησε η αξιοποίηση και κάποιων ειδικών ιδιοτήτων ορισμένων συστατικών, όπως της θυμόλης, για θεραπεία των μελισσών από παρασιτικά

ακάρεα (σκεύασμα APIGUARD της εταιρείας Vita για καταπολέμηση του παρασίτου *Varroa destructor*).

Η πιο οικονομική και ευρύτατα χρησιμοποιούμενη μέθοδος για την παραλαβή των αιθέριων ελαίων από τα αρωματικά φυτά φαίνεται πως είναι η υδροαπόσταξη. Ως μοναδικό μειονέκτημα αυτής της μεθόδου θεωρείται η πιθανή υδρόλυση, κάποιων συστατικών του ελαίου, καθώς το φυτικό υλικό έρχεται σε άμεση επαφή με το νερό. Δύο παραλλαγές της παραπάνω μεθόδου, που χρησιμοποιούνται συνήθως στη βιομηχανία, είναι η απόσταξη με νερό και ατμό όπου το φυτικό υλικό δεν έρχεται σε άμεση επαφή με το νερό. Σήμερα στη βιομηχανία, ανάλογα με το φυτικό είδος χρησιμοποιούνται και άλλες πολύπλοκες μέθοδοι απόσταξης.

Ο δεύτερος τρόπος παραλαβής των αιθέριων ελαίων, δηλαδή η εκχύλιση με διαλύτες δίνει καλά αποτελέσματα και στην περίπτωση του τσαγιού κυρίως με τη χρήση πτητικών διαλυτών. Στις μέχρι τώρα εργασίες έχουν χρησιμοποιηθεί διάφοροι διαλύτες, ανάλογα με την ομάδα συστατικών του ελαίου που μας ενδιαφέρει.



Εικόνα 8: Εκχύλιση.

2.6. Η ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΤΣΑΓΙΟΥ

2.6.1. ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

2.6.1.1. ΕΔΑΦΟΣ

Η καλλιέργεια του τσαγιού γενικά θεωρείται ξηρική καλλιέργεια. Προσαρμόζεται καλά σε εδάφη άγονα, πετρώδη και καλά στραγγιζόμενα, ενώ απαιτεί υψηλό υψόμετρο (>500 m). Αρκετά ευνοϊκά για την ανάπτυξή της είναι και τα ασβεστολιθικά εδάφη, ενώ ακατάλληλες θεωρούνται οι ζεστές περιοχές, με επίπεδα αγροτεμάχια που «νεροκρατούν».

2.6.1.2. ΚΛΙΜΑ

Ιδανικές για την ανάπτυξη του φυτού θεωρούνται οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν σε μεγαλύτερα υψόμετρα και μάλιστα εκεί, όπου οι βροχοπτώσεις είναι άφθονες. Συγκεκριμένα, απαιτούνται 1000-1250 mm βροχόπτωσης ετησίως. Επίσης, θεωρείται επιθυμητή η ύπαρξη ήπιου κλίματος και πρωινής ομίχλης, για την προστασία των φυτών από τον ήλιο, καθώς προκαλεί πιο αργή ωρίμανση. Τέλος, οι ιδανικές θερμοκρασίες θα πρέπει να κυμαίνονται από 10 - 30 °C.

2.6.1.3. ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΣ

Στις μέρες μας πλέον και εξαιτίας της εύκολης εύρεσης μοσχευμάτων, ο πολλαπλασιασμός με σπόρο έχει σταματήσει πια να χρησιμοποιείται ως τεχνική. Συγκεκριμένα, το ποσοστό επιτυχίας των μοσχευμάτων ξεπερνά το 90%. Όταν η απόδοση των παλαιότερων φυτειών αρχίζει να μειώνεται, τα φυτά αυτά εκριζώνονται προκειμένου να χρησιμοποιηθούν ως έρριζα μοσχεύματα. Με τον τρόπο αυτό, έχει πάψει πλέον η εκμετάλλευση αυτοφυών φυτών. Για την φύτευση των έρριζων μοσχευμάτων στο νέο αγρό, διαχωρίζουμε αρχικά τα παλιά φυτά σε πολλά μέρη (μοσχεύματα). Έπειτα, μεταφέρονται κατευθείαν στον αγρό όπου και τοποθετούνται σε συγκεκριμένες θέσεις/οπές, των οποίων η διάνοιξη πραγματοποιήθηκε με φυτευτήρι.



Εικόνα 9: Φυτώριο τσαγιού.

Η χρήση σπόρου και η φύτευση του, είναι μια διαδικασία αρκετά χρονοβόρα και απαιτητική, παρουσιάζοντας αρκετές ομοιότητες με αυτή του σπόρου του καπνού. Αρχικά, πραγματοποιείται προβλάστηση των σπόρων για 3 ημέρες. Η διαδικασία αυτή απαιτεί υγρή και ζεστή ατμόσφαιρα. Το μέγεθος του σπόρου είναι αρκετά μικρό (συγκεκριμένα 700 σπόροι/gr). Είναι λογικό επομένως, για ένα στρέμμα να επαρκούν 10 gr σπόρου. Επόμενο βήμα αποτελεί η σπορά τους στο σπορείο, σε πλούσιο ψιλοχωματισμένο έδαφος πυκνότητας 2 g/m³. Η απαιτούμενη έκταση του σπορείου για ένα στρέμμα χωραφιού είναι 5 m². Η διαδικασία αυτή

πραγματοποιείται τέλη Ιουλίου με αρχές Αυγούστου, ενώ τα νεαρά φυτά τοποθετούνται στο χωράφι έως μέσα Οκτωβρίου. Αμέσως μετά την φύτευση των νεαρών φυτών, απαραίτητη είναι η άρδευση του αγρού. Για τη φύτευση χρησιμοποιούνται είτε έρριζα μοσχεύματα παλαιότερης φυτείας, είτε μικρά φυτάρια από ειδικά φυτώρια τσαγιού. Οι κατάλληλες αποστάσεις φύτευσης είναι 40*50 cm προκειμένου να συμπληρωθεί πληθυσμός 5000 φυτών/στρ.. Τέλος, πολύ σημαντικό για τη καλλιέργεια είναι η εξόντωση είτε με χημικά, είτε με μηχανικά μέσα των πολυετών ζιζανίων.

2.6.2. ΦΥΤΕΥΣΗ

2.6.2.1. ΕΠΟΧΗ

Ιδανικές εποχές φύτευσης θεωρούνται δύο. Η πρώτη αρχίζει το φθινόπωρο (από αρχές Οκτωβρίου έως τέλη Νοεμβρίου), ενώ η δεύτερη εντάσσεται χρονικά κατά το διάστημα από τέλος χειμώνα έως αρχές άνοιξης (Φεβρουάριος-Νοέμβριος). Είναι γνωστό όμως ότι, αναλόγως τη χώρα και την περιοχή διαφοροποιούνται οι κλιματικές και εδαφικές συνθήκες, και επομένως η εποχή φύτευσης. Έτσι, για τα ελληνικά δεδομένα ακολουθείται η πρώτη εποχή φύτευσης, δηλαδή το φθινόπωρο μετά τις πρώτες φθινοπωρινές βροχές.

2.6.2.2 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ – ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΥΤΕΙΑΣ

Υφίστανται δύο περιπτώσεις για την εγκατάσταση μιας καλλιέργειας τσαγιού. Η πρώτη αφορά νέους αγρούς, καθαρούς, καλά οργωμένους, με φυτά άνω των πέντε ετών όπου η καλλιέργεια πλέον δεν συμφέρει εξαιτίας της μειωμένης απόδοσης ή της ύπαρξης πολλών ζιζανίων. Στη δεύτερη περίπτωση, η εγκατάσταση συνιστάται να ξεκινά νωρίς το καλοκαίρι ή μετά τις πρώτες βροχές του φθινοπώρου. Στη περίπτωση αυτή, πραγματοποιείται εκρίζωση της προηγούμενης καλλιέργειας, στη συνέχεια καθαρίζεται και οργώνεται ο αγρός, και τέλος, πραγματοποιείται σβάρνισμα με σκοπό την ισοπέδωση και την ομοιομορφία του χωραφιού.

Σε κάθε περίπτωση, η φύτευση γίνεται σε γραμμές με απόσταση μεταξύ τους ίση με 50-60 cm, ενώ οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών φύτευσης κυμαίνονται από 40-50 cm. Σε μικρές εκτάσεις γης μπορεί να γίνει φύτευση είτε με το χέρι σε μικρούς λάκκους, είτε με το φυτευτήρι, ενώ σε περιπτώσεις μεγάλης έκτασης χρησιμοποιούνται κατάλληλες φυτευτικές μηχανές (καπνού-ντομάτας) αφού έχουν ρυθμιστεί κατάλληλα οι αποστάσεις των δίσκων. Σημαντικό είναι να ακολουθήσει ριζοπότισμα σε περίπτωση που δεν ακολουθήσει βροχή μετά την φύτευση.



Εικόνα 10: Προετοιμασία εδάφους για φύτευση.

2.6.3. ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΦΡΟΝΤΙΔΕΣ

Οι καλλιεργητικές φροντίδες αφορούν νέες και παλιές φυτείες. Τα πρώτα σκαλίσματα για τη προετοιμασία του εδάφους αρχίζουν τέλη Φεβρουαρίου έως αρχές Μαρτίου και γίνονται με την βοήθεια σκαλιστηριών. Έτσι λοιπόν, το χωράφι είναι καθαρό από τα πρώτα ανοιξιάτικα ζιζάνια και το έδαφος αερίζεται πολύ καλύτερα.

Όσον αφορά τη ζιζανιοκτονία, όπως συμβαίνει στις περισσότερες καλλιέργειες, κατά τα πρώτα έτη αρχίζουν να εμφανίζονται μονοετή ζιζάνια. Παρά την μεγάλη επιφάνεια της καλλιέργειας, η διαδικασία του σκαλίσματος δεν είναι τόσο χρονοβόρα όσο θα περίμενε κανείς. Η αιτία είναι ότι τα φυτά δεν έχουν προλάβει να αναπτυχθούν πλήρως και έτσι δεν καλύπτουν όλη την έκταση (εικ.11). Αντιθέτως, σε παλαιότερες φυτείες κυριαρχούν πολυετή ζιζάνια. Είναι λογικό όμως η καταπολέμησή τους και η συντήρηση του αγρού να είναι πολύ δαπανηρή. Απαραίτητο για την σωστή καταπολέμηση εκτός του σκαλίσματος είναι και η χρήση χημικών σκευασμάτων, περιφερειακά των αγρών. Έγιναν αρκετές απόπειρες προκειμένου να γίνει χημική χρήση σε ολόκληρη την έκταση με εκλεκτικά ζιζανιοκτόνα. Κάτι τέτοιο θα συνέφερε αφού θα μειώνονταν κατακόρυφα το κόστος του παραγωγού. Το σχέδιο όμως απέτυχε εξαιτίας της ευαισθησίας του φυτού. Τέλος, γίνεται καταπολέμηση των πρώτων φθινοπωρινών ζιζανίων με χρήση πάλι σκαλιστηριών, η οποία διαρκεί έως μέσα Νοεμβρίου.



Εικόνα 11: Σκάλισμα αγρού για την αντιμετώπιση των ζιζανίων.

2.6.4. ΛΙΠΑΝΣΗ

Η φθινοπωρινή ζιζανιοκτονία συνδέεται με την λίπανση, καθώς εκείνη την χρονική περίοδο γίνεται και η βασική λίπανση του αγρού με κάποιο σύνθετο λίπασμα το οποίο διασκορπίζεται ανάμεσα στα φυτά. Πιο αναλυτικά, χρησιμοποιούνται 3-4 μονάδες αζώτου και 4-5 μονάδες φωσφόρου. Σύμφωνα με την κρίση του κάθε καλλιεργητή και αναλόγως τις απαιτήσεις του χωραφιού κάποιοι πραγματοποιούν και μια ανοιξιάτικη λίπανση γύρω στις 3-4 μονάδες/στρ. με κάποιο αζωτούχο λίπασμα.

2.6.5. ΑΡΔΕΥΣΗ

Δεν έχει μεγάλες ανάγκες σε νερό. Αυτό συμβαίνει γιατί καλλιεργείται και σε ξηρικά χωράφια, αλλά σε περίπτωση που δεν υπάρχουν βροχές είναι απαραίτητο ένα πότισμα πριν την ανθοφορία διότι θα έχουμε μικρές ταξιανθίες. Επίσης, είναι ευαίσθητο σε υψηλές ποσότητες νερού, καθώς δημιουργούνται σήψεις ριζών.

2.6.6. ΕΧΘΡΟΙ ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ

Όπως σε κάθε καλλιέργεια έτσι και εδώ ανάλογα με την εποχή υπάρχουν διάφοροι εχθροί και ασθένειες. Συνηθέστεροι κατά τον μήνα Μάιο είναι οι τετράνυχοι (Εικ.12) και οι αφίδες. Έτσι, περιστασιακά γίνονται ειδικά ραντίσματα με χρήση ακαρεοκτόνων και εντομοκτόνων για την αντιμετώπισή τους. Είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι, οι εντομολογικές προσβολές παρατηρούνται κυρίως σε αγρούς με χαμηλό υψόμετρο και έχουν ως αποτέλεσμα την υποβάθμιση του προϊόντος.



Εικόνα 12: Τετράνουχος.

2.6.7. ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ - ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ - ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ

Για να ξεκινήσει η διαδικασία της συγκομιδής πρέπει τα φυτά να έχουν φτάσει στο στάδιο της πλήρους άνθισης και να ολοκληρωθεί πριν λήξει η περίοδος ανθοφορίας τους (Εικ.13). Βέβαια, ο κυριότερος παράγοντας έναρξης της συγκομιδής είναι οι θερμοκρασίες και γενικότερα, οι συνθήκες της κάθε χρονιάς. Συνήθως, ξεκινούν από μέσα έως τέλη Μαΐου σε αγρούς με χαμηλό υψόμετρο. Όσον αφορά την συγκομιδή του τσαγιού, κόβεται ολόκληρη η ταξιανθία και κάτω από αυτή ένα μέρος βλαστού 5-6 cm. Απαραίτητο εργαλείο είναι τα μικρά δρεπανάκια όπου χρησιμοποιούνται για την κοπή κάθε «χειριάς». Στη συνέχεια, δένεται το κάθε «ματσάκι» και τοποθετείται στο ξηραντήριο. Η αποξήρανση πραγματοποιείται σε υπόστεγα με κατάλληλη σκεπή από κεραμίδια για την απόκτηση του επιθυμητού πρασινοκίτρινου χρώματος (Εικ.14) Σε αντίθετη περίπτωση όπου υπάρχει έλλειψη σκιάς ή το υπόστεγο είναι από λαμαρίνα τα φυτά χάνουν το κατάλληλο χρώμα τους με συνέπεια να υποβαθμίζεται και η ποιότητά τους (Gabrieli and Kokkalou, 1990).

Όσον αφορά τις αποδόσεις της καλλιέργειας, θα πρέπει να γίνει γνωστό ότι, οι μεγαλύτερες αποδόσεις δίνονται για 5-8 χρόνια και πιο συγκεκριμένα, αυξάνεται τα 2-4 πρώτα χρόνια, ενώ από το 5ο έτος αρχίζει και μειώνεται. Βέβαια, ο κάθε παραγωγός ανάλογα με τις καλλιεργητικές φροντίδες που πραγματοποιεί παρατείνει λιγάκι το χρονικό περιθώριο. Σε χρονιά πλήρους παραγωγής οι αποδόσεις σε ξηρό προϊόν αγγίζουν τα 100-150 kg/στρ. Πωλούνται συνήθως σε μπάλες των 20-25 kg και μπορούν να φτάσουν σε οικονομικό κέρδος από 500 έως 700 €. Σε περίπτωση βιολογικής καλλιέργειας, τα έσοδα διπλασιάζονται (Gabrieli and Kokkalou, 1990).



Εικόνα 13: Συγκομιδή.



Εικόνα 14: Ξηραντήριο.

2.6.8. ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Το κόστος για την αγορά ριζωμάτων και φυταρίων από συγκεκριμένα φυτώρια είναι αρκετά υψηλό. Για παράδειγμα, στην Ελλάδα κοστίζουν από 0,15-0,25 €/φυτό, ενώ σε εξειδικευμένα φυτώρια της Ευρώπης 0,05-0,18 €/φυτό. Άρα, μια μέση καλλιέργεια που απαιτεί γύρω στα 4000 φυτά/στρ. το κόστος αγγίζει 600-1000 €/στρ.. Στις πολυετείς καλλιέργειες, όπως είναι το τσάι του βουνού, το κόστος για την απόκτηση πολλαπλασιαστικού υλικού βαρύνει τον παραγωγό κυρίως τον πρώτο χρόνο της καλλιέργειας, εφόσον τα επόμενα χρόνια ο παραγωγός μπορεί από τις έτοιμες φυτείες να δημιουργήσει το δικό του πολλαπλασιαστικό υλικό και να επεκτείνει την καλλιέργεια του (Demo et al., 1998).

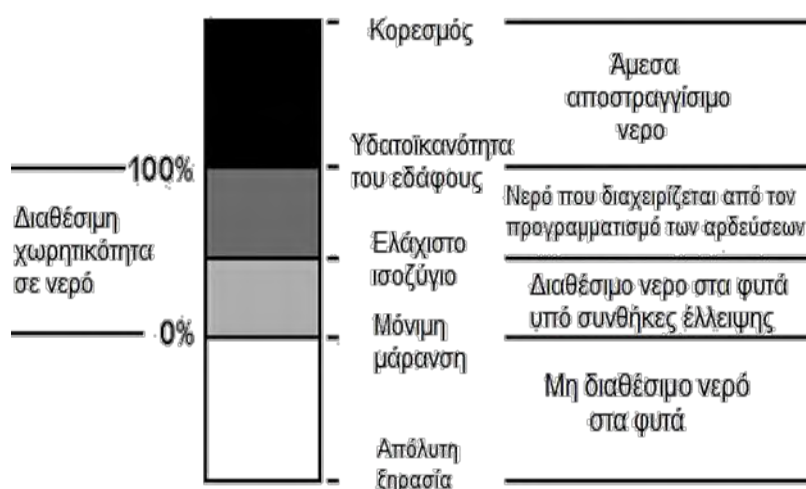
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΑΡΔΕΥΣΗ

3.1. ΓΕΝΙΚΑ

Με τον όρο «άρδευση» ορίζεται η διαδικασία της τεχνητής παροχής νερού στις καλλιέργειες. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι, τα φυτά μπορούν μόνο τους να παράγουν την δικιά τους τροφή, χρησιμοποιώντας φυσικούς πόρους όπως το έδαφος, το νερό, ο αέρας και ήλιος και μάλιστα μεγαλύτερες ποσότητες από τις αναγκαίες για την επιβίωση και την αναπαραγωγή τους. Δεν μπορούν όμως σε καμία περίπτωση να επιβιώσουν και να παράγουν την τροφή τους χωρίς νερό. Έτσι, ένας από τους βασικότερους παράγοντες για την εντατικοποίηση της γεωργικής παραγωγής των φυτών είναι η άρδευση. Για να εξοικονομηθούν τα μέγιστα οφέλη από την άρδευση, είναι απαραίτητο να υπολογιστεί η απαιτούμενη ποσότητα νερού η οποία εξαρτάται από κάποιες παραμέτρους, όπως το περιβάλλον, η υδρολογική κατάσταση του υπεδάφους, ο τύπος της καλλιέργειας και το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας (Ali, 2010). Στη διαρκώς εξελισσόμενη γεωργία, η άρδευση των καλλιεργειών είναι αναγκαίο να προσαρμοστεί σε νέες, πιο αυστηρές διαδικασίες και συνεπώς, η παροχή νερού μέσω μεγάλης κλίμακας αρδευτικών συστημάτων απαιτείται να είναι πιο αξιόπιστη και ευέλικτη από το παρελθόν.

Όσον αφορά τις υγρασιακές συνθήκες του εδάφους, πρέπει να αναφερθεί ότι, τα κρίσιμα χαρακτηριστικά για το σχεδιασμό της διαχείρισης νερού αποτελούν η διαθέσιμη χωρητικότητα σε νερό και η ικανότητα συγκράτησης του νερού από το έδαφος. Στην υδατοϊκανότητα του εκάστοτε εδάφους βασίζεται εν μέρει η λήψη αποφάσεων για το είδος της καλλιέργειας, τον πληθυσμό των φυτών, τον προγραμματισμό των αρδεύσεων και της λίπανσης.



Εικόνα15: Στοιχεία του νερού του εδάφους.

Με τον όρο «υδατοϊκανότητα» του εδάφους (field capacity, FC) χαρακτηρίζεται η ποσότητα του νερού ή της υγρασίας που δύναται να συγκρατεί το έδαφος μετά τη στράγγιση του νερού βαρύτητας. Σαφέστερα, θα μπορούσε να οριστεί ως το όριο της εδαφικής υγρασίας όπου η τριχοειδής αγωγιμότητα έχει πολύ μικρή τιμή και ουσιαστικά έχει σταματήσει να κινείται το νερό στο έδαφος. Σύμφωνα με τον Παπαζαφειρίου (1984), η τιμή της υγρασίας χρειάζεται τρεις με πέντε περίπου μέρες για να φτάσει στην υδατοϊκανότητα.

Ένα ακόμη σημαντικό υδραυλικό χαρακτηριστικό κάθε τύπου εδάφους αποτελεί το σημείο μόνιμης μάρανσης (permanent wilting point, PWP), που είναι το κατώτατο όριο υγρασίας, στο οποίο τα φυτά δεν είναι ικανά να προσλάβουν από το έδαφος όλη την ποσότητα νερού που απαιτείται για την κάλυψη των αναγκών τους και αρχίζουν να μαραίνονται. Η κατάσταση αυτή θεωρείται μη αναστρέψιμη φυτά. Το σημείο μόνιμης μάρανσης εξαρτάται από:

- 1) το είδος του εδάφους,
- 2) το είδος των φυτών,
- 3) τις κλιματικές συνθήκες που υπάρχουν στην περιοχή (Brouwer et al., 1985; Παπαζαφειρίου, 1984).

Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί η διαθέσιμη εδαφική υγρασία, η οποία ορίζεται ως η ποσότητα του νερού που μπορεί να συγκρατήσει ένα έδαφος μεταξύ του σημείου μόνιμης μάρανσης και της υδατοϊκανότητάς του. Τα φυτά δε μπορούν να αντλήσουν όλη τη διαθέσιμη εδαφική υγρασία αλλά ένα ποσοστό αυτής. Το ποσό της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας που μπορεί να εκμεταλλευτεί από τα φυτά, ονομάζεται ωφέλιμη υγρασία (Παπαζαφειρίου, 1984).

Η αναγκαιότητα επίτευξης μικρότερου κόστους κατά την άρδευση και μεγαλύτερης αποτελεσματικότητας οδήγησε στην εξεύρεση και ανάπτυξη πολλών και ποικίλων μεθόδων άρδευσης. Η γενική ταξινόμηση αυτών των μεθόδων είναι δυνατή με διάφορους τρόπους αναλόγως των κριτηρίων ή των χαρακτηριστικών που λαμβάνονται υπόψη ανά περίπτωση. Με κριτήριο τη διαβροχή της επιφάνειας του εδάφους, δηλαδή εάν αυτή είναι ολική ή μερική, διαχωρίζονται σε μεθόδους ολικής ή τοπικής άρδευσης. Λαμβάνοντας ως κριτήριο τη θέση χορήγησης του νερού προς την επιφάνεια του εδάφους, η διάκρισή τους πραγματοποιείται σε μεθόδους επιφανειακής, υπο-επιφανειακής και υπόγειας άρδευσης. Η υπόγεια διακρίνεται από την υπο-επιφανειακή άρδευση στο γεγονός ότι, με τη χρήση της εφαρμόζεται νερό σε βαθύτερα στρώματα και κατόπιν ανέρχεται έως το ριζόστρωμα με τριχοειδή κίνηση. Αντιθέτως, με την χρήση της υπο-επιφανειακής μεθόδου άρδευσης, η εφαρμογή του νερού πραγματοποιείται λίγο κάτω από την επιφάνεια, κατευθείαν εντός της ζώνης ριζοστρώματος. Αναλόγως του είδους της ροής, κατά τη διανομή του νερού στην καλλιέργεια, οι μέθοδοι άρδευσης διακρίνονται σε ελεύθερης ροής και ροής υπό πίεση. Τέλος, με κριτήριο τον τρόπο διανομής του νερού στα φυτά, υπάρχουν διάφορες μέθοδοι άρδευσης, όπως τα αυλάκια, οι πορώδεις σωλήνες, η κατάκλυση, η στάγδην, οι μικροεκτοξευτήρες κ.λπ. (Πίνακας 3.1).

Πίνακας 3.1: Κατάταξη μεθόδων άρδευσης βάσει διαφόρων κριτηρίων.

ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ			
ΔΙΑΒΡΟΧΗ ΕΔΑΦΟΥΣ	ΘΕΣΗ ΧΟΡΗΓΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ	ΕΙΔΟΣ ΡΟΗΣ	ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ
Ολική	Επιφανειακή	Ελεύθερη	Κατάκλυση
		Υπό πίεση	Καταιονισμός
	Υπόγεια	Υπό πίεση	Διάτρητοι Σωλήνες
Τοπική	Επιφανειακή	Ελεύθερη	Αυλάκια
			Λεκάνες
			Λωρίδες
	Υπό πίεση	Στάγδην	
		Μικροεκτοξευτήρες	
		Σωληνίσκοι - Λεκάνες	
	Υπο-επιφανειακή	Υπό πίεση	Πορώδεις Σωλήνες

Μέθοδοι ή συστήματα τοπικής άρδευσης καλείται το σύνολο των μεθόδων που υπάγονται στην κατηγορία της τοπικής επιφανειακής άρδευσης με ροή υπό πίεση. Οι μέθοδοι τοπικής άρδευσης, αναλόγως του σχήματος της διαβρεχόμενης εδαφικής επιφάνειας, διακρίνονται σε μεθόδους σημειακής διαβροχής (π.χ. συστήματα στάγδην), γραμμικής διαβροχής (π.χ. πορώδεις σωλήνες) ή κυκλικής διαβροχής (π.χ. μικροεκτοξευτήρες). Με τον γενικό όρο «μέθοδοι τοπικής ή μερικής άρδευσης» αποκαλούνται εκείνες οι μέθοδοι, οι οποίες χορηγούν το νερό απευθείας και αποκλειστικά στις ζώνες της μεγαλύτερης ριζικής δραστηριότητας των φυτών, εν αντιθέσει με τις διάφορες παραδοσιακές μεθόδους (π.χ. κατάκλυση, καταιονισμός, κ.λπ.), που χορηγούν το νερό σ' ολόκληρη την έκταση που καταλαμβάνει η καλλιέργεια. Σύμφωνα με τον Decroix (1974), η τοπική άρδευση είναι η μέθοδος που περιλαμβάνει συστήματα με μόνιμα δίκτυα διανομής υπό πίεση, τα οποία χορηγούν το νερό σε μέρος μόνο της επιφάνειας του εδάφους.

Η στάγδην άρδευση ανήκει στις μεθόδους τοπικής άρδευσης και το βασικό της χαρακτηριστικό αποτελεί η εφαρμογή νερού στα φυτά με μικρές και συχνές δόσεις. Σύμφωνα με τους Halevy, Boaz, Shani και Dan (1972), η στάγδην άρδευση είναι η μέθοδος που προορίζεται για την εφαρμογή νερού και λιπασμάτων απευθείας στη ρίζα με ειδικά σχεδιασμένους και υπολογισμένους διανεμητές για πολύ μικρές παροχές. Κατ' αυτό τον τρόπο, η κίνηση του νερού μέσα στο έδαφος είναι τρισδιάστατη και παρουσιάζει την τάση να διατηρείται συνεχώς σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Σύμφωνα με τους Marsh, Branson, Gustavson και Davis (1974), με τον όρο «στάγδην άρδευση» καλείται η διανομή του νερού σε μικρές ποσότητες και με μεγάλη συχνότητα, από διανεμητές που ονομάζονται σταλακτήρες και τοποθετούνται κατά προκαθορισμένα διαστήματα στους σωλήνες διανομής. Η παροχή των σταλακτάρων πρέπει να είναι αρκετά χαμηλή, ώστε η κίνηση του νερού στην επιφάνεια του εδάφους να είναι αρκετά περιορισμένη και να μη δημιουργείται «λίμνασμα νερού». Γενικά, η παροχή των σταλακτάρων είναι κατώτερη των 12 lt/h και συνήθως κυμαίνεται στα 2-8 lt/h.

Από φυτοτεχνικής πλευράς, οι μέθοδοι τοπικής άρδευσης έχουν τον ίδιο στόχο με την τεχνική της τοπικής λίπανσης. Τη χορήγηση δηλαδή του νερού στις ακριβείς θέσεις από τις οποίες θα παραληφθεί και θα αξιοποιηθεί από τα φυτά, ούτως ώστε να βελτιωθεί η θρέψη τους, να περιοριστούν οι απώλειες και συνεπώς, να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα της άρδευσης. Άλλωστε, η ομοιότητα αυτή ως προς τους στόχους της τοπικής άρδευσης και της τοπικής λίπανσης αντανακλάται στη πρακτική των διαφόρων συστημάτων τοπικής άρδευσης, στα οποία η εφαρμογή

νερού, σχεδόν πάντοτε συνοδεύεται από παράλληλη εφαρμογή λίπανσης που προστίθεται στο αρδευτικό νερό. Από οικονομικής πλευράς, οι μέθοδοι τοπικής άρδευσης αποτελούν τη διαφαινόμενη λύση στο πρόβλημα της μείωσης του κόστους εφαρμογής του νερού, με περιορισμό κυρίως των απαιτούμενων εργατικών χεριών. Αυτό το επιτυγχάνουν με τη μεταφορά και διανομή του νερού στα φυτά με πλήρη, μόνιμα, δίκτυα και κατάλληλους αυτοματισμούς. Γι' αυτό και πρακτικά τα συστήματα τοπικής άρδευσης συνηθίζεται να ονομάζονται από τους αγρότες και τους εγκαταστάτες, συστήματα αυτόματης άρδευσης.

3.2. ΑΕΙΦΟΡΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΝΕΡΟΥ - ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ - ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΝΕΡΟΥ

Τις τελευταίες δεκαετίες γίνεται ολοένα και εντονότερη συζήτηση σχετικά με την αειφορική διαχείριση του νερού. Κύριος στόχος της αειφόρου διαχείρισης του νερού, είναι ο συνδυασμός της διαθεσιμότητας του νερού και των αναγκών σε ποσότητα και ποιότητα νερού. Φυσικά, σημαντική προϋπόθεση αποτελεί το χαμηλό κόστος και οι περιορισμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Εμπλέκονται όμως τεχνολογικά, οικονομικά, καθώς επίσης και προβλήματα νομικού και θεσμικού πλαισίου (Chartzoulakis and Bertaki, 2015; FAO, 2011). Δόθηκε έτσι μεγάλη προσοχή στον προγραμματισμό των αρδεύσεων. Δηλαδή στη περίοδο άρδευσης, στη ποσότητα του νερού και στη ποιότητά του. Η συχνότητα άρδευσης (η οποία εξαρτάται από διάφορες παραμέτρους) αλλά και ο προγραμματισμός είναι αλληλένδετα με τη μέθοδο άρδευσης (Chartzoulakis and Bertaki, 2015; ICID/FAO, 1995).

Η άρδευση των γεωργικών εκτάσεων απαιτεί συνήθως περισσότερο από το 70% της χρήσης του νερού. Έτσι, ειδικά σε χώρες που αντιμετωπίζουν πρόβλημα με την εύρεση νερού υπάρχει μεγάλος ανταγωνισμός και το πρόβλημα διαιωνίζεται (Feres and Evans, 2006). Για παράδειγμα, μια μικρή αύξηση του ποσοστού νερού της τάξης του 10%, εξασφαλίζει τόσο νερό όσο είναι απαραίτητο για την κάλυψη των αναγκών μιας χώρας σε οικιακό και βιομηχανικό επίπεδο. Είναι λοιπόν φανερό, ότι η άμεση εύρεση νερού ιδιαίτερα σε χώρες της Μεσογείου αποτελεί κύριο πρόβλημα. Το 2012, στην έκθεση της Ε.Ε. για τον εντοπισμό δυνατοτήτων εξοικονόμησης νερού στις χώρες της Ε.Ε., αναφέρεται ότι για τη βελτίωση της απόδοσης στην εφαρμογή του νερού εξοικονομήθηκαν από 15 έως 60% της συνολική χρήσης του νερού (Mudgal et al., 2012). Σύμφωνα με τους Smith et al. (2010), βάσει ερευνητικών αποτελεσμάτων σε περιπτώσεις μεθόδων μεταβλητών ποσοστών άρδευσης είναι δυνατή η εξοικονόμηση νερού κατά μέσο όρο, σε εύρος χρόνου, από 8 έως 20%. Σύμφωνα με τους Ruiz-Sanchez et al. (2010), οι πρόσφατες εξελίξεις στον τομέα της άρδευσης ακριβείας (precision irrigations) έχουν βελτιώσει σημαντικά τις προϋπάρχουσες γνώσεις σχετικά με την ανοχή των καλλιεργειών στην έλλειψη νερού και την ικανότητα των εδαφών για την παροχή νερού. Επίσης, έχουν οδηγήσει στην εφαρμογή των ρυθμιζόμενων ελλειμματικών αρδεύσεων, εξοικονομώντας υδατικούς πόρους μεταξύ 15 και 30%. Επιπλέον, πρέπει να επισημανθεί ότι, η εξοικονόμηση νερού που προκύπτει από τη μη άρδευση των ακαλλιεργητων περιοχών των αγροτεμαχίων συμβάλει θετικά στον

προγραμματισμό των αρδεύσεων για την κάλυψη των πραγματικών υδατικών απαιτήσεων των καλλιεργειών και την πλήρη βελτιστοποίηση της οικονομικής αξίας του νερού που παρέχεται μέσω της άρδευσης (Sadler et al., 2005). Αυτή η δυνατότητα είναι δυνατό να επιτευχθεί μέσω της άρδευσης ακριβείας, που μπορεί να πραγματοποιηθεί από οποιοδήποτε σύστημα το οποίο δύναται να προσδιορίζει το χρονοδιάγραμμα, το μέγεθος και τη χωρική κατανομή κάθε περίπτωσης για την επόμενη άρδευση, έτσι ώστε να προσφέρει την καλύτερη ευκαιρία για την επίτευξη του εποχικού στόχου, δηλαδή τη μεγιστοποίηση της απόδοσης της σοδειάς, της αποτελεσματικότητας και της αποδοτικότητας της χρήσης του νερού (Smith et al., 2010).

Είναι γεγονός πως η σωστή διαχείριση υδατικών αναγκών (water demand management, WDM) μπορεί να μειώσει αρκετά προβλήματα όπως τη λειψυδρία. Έτσι, με την πρόοδο της επιστήμης και της τεχνολογίας πραγματοποιείται ο καλύτερος δυνατός έλεγχος του υδρολογικού κύκλου με εξοικονόμηση νερού ίση με το 25% του νερού (UNEP, 2006). Στον γεωργικό τομέα είναι γνωστό πόσο σημαντική είναι η ύπαρξη του νερού στην τελική παραγωγή. Για τη σωστή διαχείριση του νερού απαιτείται γνώση των υδραυλικών χαρακτηριστικών του συστήματος διανομής νερού, γνώση της διαδραστικής διαδικασίας ανάμεσα στα λιπάσματα, στο νερό, στο έδαφος και στα φυτά. Όλα αυτά όμως απαιτούν ενημέρωση και κατανόηση του θεωρητικού μέρους με σκοπό την σωστή διαχείριση του αγρού και την σωστή άρδευσή του. Η όλη κατάσταση όμως δημιουργεί φόβο για πιθανές απώλειες παραγωγής και έτσι οι αγρότες προκειμένου να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα αυτό οδηγούνται λανθασμένα στην υπεράρδευση του αγρού (EC, 2012, 2007, 2000). Στις μέρες μας υπάρχει μια ευρεία ποικιλία πιθανών λύσεων που διατίθενται στην αγορά. Ξεκινούν από την πιο απλή περίπτωση βασιζόμενη σε χειροκίνητες μεθόδους και φτάνουν ως πολύπλοκες περιπτώσεις όπως η δορυφορική απεικόνιση. Η χρήση τεχνικών όπως είναι οι ευφυείς ελεγκτές άρδευσης, βασίζονται σε ασαφή λογική, και έχουν την δυνατότητα να εκτιμούν το νερό που απαιτείται για την κάλυψη των υδατικών αναγκών των φυτών. Χρησιμοποιούν αξιόπιστα μοντέλα άρδευσης, εξισώσεις υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής, περιβαλλοντικές συνθήκες και άλλες παραμέτρους που επηρεάζουν την άρδευση (Ji et al., 2012).

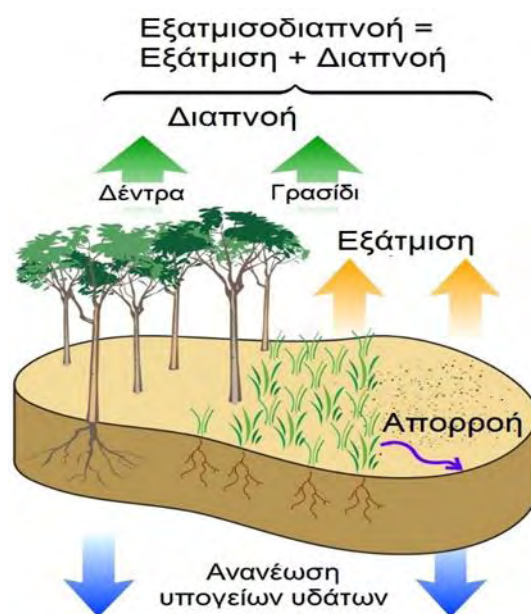
Σύμφωνα με τους Martin et al. (1990), ο προγραμματισμός των αρδεύσεων προσδιορίζεται από το χρονικό σημείο της εφαρμογής του και από την ποσότητα του νερού που θα χρησιμοποιηθεί. Ο προγραμματισμός επηρεάζεται από ένα συνδυασμό παραγόντων που αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους και αφορούν στο έδαφος, στο φυτό, στις επικρατούσες καιρικές συνθήκες και στον αντικειμενικό στόχο της καλλιέργειας. Η κίνηση του νερού στο παραπάνω σύστημα επηρεάζεται από το είδος και το γενότυπο του φυτού, το στάδιο του βιολογικού του κύκλου, τον τύπο του εδάφους, την ώρα της ημέρας, τη θερμοκρασία του αέρα, την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, την ατμοσφαιρική υγρασία, τη βροχόπτωση και την αποθηκευμένη ποσότητα υγρασίας στο έδαφος.

Οι πιο κοινές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τον προγραμματισμό των αρδεύσεων είναι ο προσδιορισμός του υδατικού δυναμικού του εδάφους ή των φύλλων, η χρήση μοντέλων που δίνουν τις υδατικές ανάγκες σε πραγματικό χρόνο, καθώς και η χρήση δεικτών που αφορούν στην υδατική καταπόνηση (Martin et al, 1990). Παρά το γεγονός ότι, με τη χρήση μοντέλων είναι δυνατός ο προσδιορισμός

των υδατικών αναγκών σε πραγματικό χρόνο, υπάρχει η τάση να χρησιμοποιούνται χρονολογικές σειρές κλιματικών δεδομένων. Το υδατικό έλλειμμα είναι δυνατό να προσδιοριστεί, τόσο για ολόκληρη την καλλιεργητική περίοδο, όσο και για ένα ή περισσότερα στάδια του βιολογικού κύκλου του φυτού. Κατά τους Doorenbos and Pruiitt (1977), τα φυτά παρουσιάζουν διαφορετικό βαθμό ευαισθησίας στην υδατική καταπόνηση ανάλογα με το στάδιο, στο οποίο βρίσκονται. Σύμφωνα με τους English et al. (1990), ο σχεδιασμός των αρδεύσεων σε συνθήκες υδατικού ελλείμματος πρέπει να περιλαμβάνει πληροφορίες για το υδατικό δυναμικό των φύλλων και του εδάφους, καθώς και για τη θερμοκρασία του φυλλώματος.

3.3. ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ

Ως εξατμισοδιαπνοή (evapotranspiration, ET) ορίζεται ο συνδυασμός δύο ξεχωριστών διαδικασιών όπου, το νερό κατά την πρώτη διαδικασία χάνεται από την επιφάνεια του εδάφους με την εξάτμιση και κατά τη δεύτερη διαδικασία χάνεται από την καλλιέργεια με τη διαπνοή (Allen et al., 1998) (Εικ.16).



Εικόνα 1612: Κύκλος του νερού στην επιφάνεια της Γης, παρουσιάζοντας ξεχωριστά τα συστατικά της διαπνοής και της εξάτμισης που αποτελούν την εξατμισοδιαπνοή.

Με τον όρο «εξάτμιση» αναφερόμαστε στη διαδικασία κατά την οποία το νερό μετατρέπεται σε ατμούς νερού και μετακινείται από την εξατμιζόμενη επιφάνεια (εδαφική επιφάνεια). Η διαδικασία της εξάτμισης επηρεάζεται από το βαθμό σκίασης της καλλιέργειας και τη διαθέσιμη ποσότητα νερού στην εξατμιζόμενη επιφάνεια. Η διαπνοή αποτελείται από την ατμοποίηση του νερού που περιέχεται στους φυτικούς ιστούς και τη μετακίνηση των ατμών στην ατμόσφαιρα. Οι καλλιέργειες χάνουν το νερό μέσω των στομάτων των φύλλων (είναι μικρά ανοίγματα στα φύλλα των φυτών από όπου περνούν αέρια και ατμοί). Η διαπνοή επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, ορισμένοι από τους οποίους είναι κλιματικοί, χαρακτηριστικά της καλλιέργειας, τεχνικές καλλιέργειας κ.ά..

Σύμφωνα με τους Allen et al. (1998), η εξάτμιση και η διαπνοή συμβαίνουν ταυτόχρονα και δεν υπάρχει εύκολος τρόπος διάκρισης μεταξύ των δύο διαδικασιών. Εκτός από την διαθεσιμότητα του νερού στα επιφανειακά στρώματα του εδάφους, η εξάτμιση από το σπαρμένο έδαφος καθορίζεται κυρίως από το μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους. Αυτό το μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας μειώνεται κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, καθώς η καλλιέργεια αναπτύσσεται και οι σκιές των φυλλωμάτων καλύπτουν όλο και περισσότερο την περιοχή του εδάφους. Σε νεαρές καλλιέργειες, το νερό χάνεται κυρίως λόγω της εξάτμισης του εδάφους. Όταν η καλλιέργεια είναι καλά ανεπτυγμένη και καλύπτει πλήρως το έδαφος, η διαπνοή αποτελεί την κύρια διαδικασία. Κατά τη διάρκεια της σποράς, σχεδόν 100% της εξατμισοδιαπνοής προέρχεται από την εξάτμιση, ενώ σε πλήρη κάλυψη της καλλιέργειας περισσότερο από το 90% της εξατμισοδιαπνοής προέρχεται από τη διαπνοή.

Ο ρυθμός μεταβολής μετράται συνήθως σε χιλιοστά ανά μονάδα χρόνου (mm per unit time) και εκφράζει την ποσότητα του νερού που χάνεται από μια καλλιεργούμενη επιφάνεια σε μονάδες βάθους του νερού. Η μονάδα χρόνου μπορεί να είναι ώρα, ημέρα, μήνας ή ακόμη η καλλιεργητική περίοδος ή ένα έτος. Η εκτίμηση και ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής, όπως και ο προσδιορισμός των εδαφικών σταθερών όπως είναι η χαρακτηριστική καμπύλη υγρασίας, η υδατοϊκανότητα, το σημείο μόνιμης μάρανσης, η διαθέσιμη υγρασία, η ωφέλιμη υγρασία κ.λπ., αποτελούν πολύτιμα στοιχεία για την έγκαιρη πληροφόρηση για το σωστό προγραμματισμό των αρδεύσεων. Η εφαρμογή ορθολογικά σχεδιασμένης άρδευσης ελαχιστοποιεί τους κινδύνους αστοχίας και μη οικονομικών επενδύσεων. Ο ρυθμός της εξατμισοδιαπνοής και το τελικό μέγεθός της επηρεάζονται από τις κλιματικές συνθήκες και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που διαθέτουν τα φυτά (Παπαζαφειρίου, 1984).

Οι σημαντικότεροι κλιματικοί παράγοντες που επηρεάζουν το φαινόμενο της εξατμισοδιαπνοής είναι η διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια και η αεροδυναμική κατάσταση της ατμόσφαιρας. Έτσι, ρυθμίζεται η ταχύτητα απομάκρυνσης των υδρατμών από την περιοχή του φυλλώματος και προσδιορίζεται ο ρυθμός της εξατμισοδιαπνοής. Οπότε, για μια κανονικά αναπτυσσόμενη καλλιέργεια, της οποίας το φύλλωμα καλύπτει σχεδόν ολόκληρη την επιφάνεια του εδάφους, το μέγεθος της εξατμισοδιαπνοής εξαρτάται από το κλίμα που υπάρχει στην περιοχή και κυρίως από τη λανθάνουσα θερμότητα, την καθαρή ακτινοβολία, την ταχύτητα του ανέμου, τη σχετική υγρασία, τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας και τέλος τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας. Τα μεγέθη αυτά συνδέονται με τη μαθηματική έκφραση του ενεργειακού ισοζυγίου της γης, όπως φαίνεται παρακάτω (Παπαζαφειρίου, 1984):

$$R_n + H + LE + G = 0$$

Όπου:

R_n : Η καθαρή ακτινοβολία που παραμένει στη γη,

H : Η ροή θερμότητας σε $\text{cal}/\text{cm}\cdot\text{min}^2$,

LE : Η λανθάνουσα θερμότητα και

G : Η κατακόρυφη μεταφορά της θερμότητας.

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι, υπάρχουν αρκετές μέθοδοι υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής, οι οποίες διακρίνονται σε άμεσες και έμμεσες. Σημαντική θεωρείται η γνώση της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς (E_T). Υπάρχουν

διάφορες προσεγγίσεις και μοντέλα για την εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς ET₀ που έχουν παρουσιαστεί τα τελευταία χρόνια. Οι μέθοδοι αυτές βασίζονται σε μετρημένες μετεωρολογικές παραμέτρους.

3.4. ΥΔΑΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΦΥΤΩΝ

Οι απαιτήσεις σε νερό στην καλλιέργεια των αρωματικών φυτών είναι σχετικά περιορισμένες, γι' αυτό είναι δυνατή η καλλιέργεια τους χωρίς άρδευση, προς αξιοποίηση των επικλινών κυρίως εκτάσεων. Υπό αυτές τις συνθήκες όμως οι αποδόσεις είναι χαμηλές και το κόστος συγκομιδής σχετικά υψηλό. Λαμβάνοντας υπόψη τις ξηροθερμικές συνθήκες που επικρατούν κάθε χρόνο σε περιοχές της Ελλάδας, είναι φανερό ότι, για οικονομικά βιώσιμη εκμετάλλευση ακόμα και των πιο ανθεκτικών στην ξηρασία αρωματικών φυτών, πρέπει η καλλιέργεια να γίνεται στις κατάλληλες περιοχές υπό άρδευση. Γι' αυτό το λόγο είναι αναγκαίος ο προσδιορισμός των απαιτήσεων των φυτών σε νερό και η κατάρτιση των κατάλληλων προγραμμάτων άρδευσης, με στόχο την αύξηση της απόδοσης και τη βελτίωση της ποιότητας του παραγόμενου προϊόντος, η οποία αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην εμπορία των αρωματικών φυτών. Η άρδευση στα αρωματικά φυτά πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος υποβάθμισης της ποιότητας του αιθέριου ελαίου τους. Ο ρόλος του νερού στην ανάπτυξη και παραγωγή των καλλιεργειών είναι θεμελιώδεις και αποφασιστικός.

Στα φυτά που η καλλιέργεια τους είναι αρδευόμενη, πρέπει να πραγματοποιούνται αρδεύσεις, οι οποίες αρχίζουν από τον Ιούνιο και συνεχίζονται ανά 10-15 ημέρες όλο το καλοκαίρι. Συνιστάται προσοχή, ώστε ακόμη και εάν υπάρχει άφθονο νερό, να μη ποτίζουμε φυτά που μπορούν να αναπτυχθούν σε ξηρικές συνθήκες (ρίγανη, τσάι του βουνού κ.λπ.), γιατί αυξάνει βέβαια η παραγωγή, μειώνεται όμως η ποιότητα των προϊόντων τους. Οι απαιτήσεις σε νερό εξαρτώνται από τις κλιματολογικές συνθήκες, τη μηχανική σύσταση του εδάφους, τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους, το ύψος της υπόγειας στάθμης του νερού, την τεχνική της καλλιέργειας (π.χ. πυκνότητα φυτών, αζωτούχος λίπανση κλπ.). Σύμφωνα με μια έρευνα, οι απαιτήσεις σε άρδευση είναι σχετικά χαμηλές σε σύγκριση με άλλες καλλιέργειες. Σε αναπτυγμένες φυτείες για ολόκληρη την αρδευτική περίοδο, η οποία συνήθως αρχίζει τον Απρίλιο και τελειώνει τον Οκτώβριο-Νοέμβριο, χρειάζονται γύρω στους 350-400 τον νερό ανά εκτάριο. Με αυτή την ποσότητα επιτυγχάνονται οι υψηλότερες αποδόσεις. Άρδευση με ποσότητα νερού μικρότερη από τις απαιτήσεις των φυτών μειώνει τόσο την παραγωγή χορτομάζας και αποξηραμένου εμπορεύσιμου προϊόντος, όσο και την απόδοση σε λάδι.

3.5. ΤΡΟΠΟΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΦΥΤΩΝ

Οι συνηθέστερες μέθοδοι άρδευσης των αρωματικών φυτών είναι ο καταιονισμός (ή τεχνητή βροχή), η επιφανειακή άρδευση (με αυλάκια) και η άρδευση με σταγόνες (στάγδην). Διαπιστώθηκε από τα μέχρι σήμερα αποτελέσματα ότι το

σύστημα των σταγόνων είναι το πιο κατάλληλο για την άρδευση των αρωματικών φυτών. Με αυτό το σύστημα μπορεί να γίνει ταυτόχρονα ή αμέσως μετά την άρδευση οποιαδήποτε άλλη εργασία στη φυτεία. Η στάγδην άρδευση πλεονεκτεί εν συγκρίσει με τις υπόλοιπες μεθόδους άρδευσης, καθώς δίνει ομοιόμορφη υγρασία στην περιοχή που εκτείνονται οι ρίζες των καλλιεργούμενων φυτών και όχι των ζιζανίων, διασφαλίζει οικονομία νερού και είναι οικονομικότερη σε κόστος νερού, όμως ο εξοπλισμός είναι ακριβότερος. Εναλλακτικά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν μπεκ καταιονισμού το οποία έχουν το πλεονέκτημα ότι, μετακινούνται εύκολα από αγροτεμάχιο σε αγροτεμάχιο καθώς οι απαιτήσεις άρδευσης στα περισσότερα αρωματικά φυτά περιορίζονται σε 1-2 αρδεύσεις κάθε καλοκαίρι. Πολλά αρωματικά είδη είναι δυνατόν να καλλιεργηθούν ως ξηρικά. Γενικά, η καλλιέργεια των αρωματικών φυτών δεν είναι ιδιαίτερα απαιτητική (Δόρδας, 2009; Μαλούπα κ.ά., 2013; Σκρουμπής, 1998).

3.6. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Παρακάτω παρουσιάζονται τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της στάγδην άρδευσης, καθώς και σύντομη αναφορά σε αυτά.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Οικονομία νερού: Με την βοήθεια τοπικών συστημάτων άρδευσης μειώνονται σημαντικά οι απώλειες νερού. Περιορίζεται αρκετά η ποσότητα νερού που παρασύρεται από τον αέρα και η ποσότητα που εξατμίζεται πριν πέσει στο έδαφος. Εξυπακούεται βέβαια ότι, όσο μικρότερο είναι το ποσοστό της βρεχόμενης επιφάνειας, τόσο μικρότερες είναι και οι απώλειες λόγω εξάτμισης.

Έτσι σε άλλα συστήματα τοπικής άρδευσης όπως οι μικροεκτοξευτήρες, οι απώλειες αυτές φτάνουν αρκετές φορές σε πολύ υψηλά επίπεδα (30-50%) που πλησιάζουν ή υπερβαίνουν τις απώλειες του κλασικού καταιονισμού.

Οικονομία εργατικών: Η ποικιλία των πλαστικών σωλήνων και εξαρτημάτων, που διατίθενται σήμερα, καθώς επίσης και τα διατιθέμενα ποικίλα όργανα ηλεκτροϋδραυλικών αυτοματισμών, καθώς και τα όργανα ελέγχου της υγρασίας του εδάφους και της εξάτμισης δίνουν τη δυνατότητα να αυτοματοποιηθούν μερικώς έως πλήρως όλες οι εργασίες.

Μείωση ζιζανίων: Με το σύστημα τοπικής άρδευσης το έδαφος βρέχεται κατά τμήματα που συνολικά αποτελούν ένα μέρος της όλης έκτασης. Έτσι, η ανάπτυξη ζιζανίων περιορίζεται μόνο στα τμήματα αυτά. Τα ζιζάνια αυτά μπορούν εύκολα και οικονομικά να εξαλειφτούν με ζιζανιοκτόνα τα οποία μπορούν να εφαρμοστούν μέσω του δικτύου άρδευσης.

Εκτέλεση εργασιών κατά τη διάρκεια της άρδευσης: Λόγω της τοπικής εφαρμογής νερού και συνεπώς της διατήρησης του υπόλοιπου μέρους ξηρού μπορούν να συνεχίζονται οι εργασίες (κλάδεμα, συγκομιδή, μεταφορές κ.λπ.) ειδικά σε δενδρώνες.

Εύκολη και αποτελεσματική λίπανση: Μέσω της άρδευσης και του κατάλληλου υδρολιπαντήρα μπορούν να κατανεμηθούν τα περισσότερα λιπάσματα. Έτσι,

υπάρχει και οικονομία εργατικών και αποτελεσματικότερη λίπανση.

Έλεγχος ασθενειών και εντόμων: Η μη διαβροχή του φυλλώματος, με τα συστήματα τοπικής άρδευσης που δεν εκτοξεύουν το νερό, αποτρέπει τη δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών (ύπαρξη σταγονιδίων νερού, υψηλή σχετική υγρασία) για την εμφάνιση μυκητολογικών και εντομολογικών προσβολών.

Επίσης, η μη διαβροχή του φυλλώματος αποτρέπει την έκπλυση των μυκητοκτόνων και εντομοκτόνων που εφαρμόζονται με τους ψεκασμούς και παρατείνει έτσι τη διάρκεια δράσης τους.

Ευνοϊκή επίδραση στην ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών: Οι ευνοϊκότερες συνθήκες εφοδιασμού των φυτών με νερό και θρεπτικά στοιχεία, οι καλύτερες συνθήκες φυτοϋγείας, ο περιορισμός των ζιζανίων και γενικά οι καλύτερες συνθήκες εκτέλεσης των καλλιεργητικών εργασιών φαίνεται να συντελούν, στο βαθμό που εξασφαλίζονται με τα διάφορα συστήματα τοπικής άρδευσης, στην επίτευξη καλύτερης ανάπτυξης και παραγωγής των φυτών.

Ευνοϊκές συνθήκες υγρασίας: Με τις συνθήκες της στάγδην άρδευσης επιτυγχάνεται διατήρηση της υδατοπεριεκτικότητας του εδάφους σε συνεχώς υψηλά επίπεδα και της τάσης σε αντίστοιχα χαμηλά, που συνήθως δεν υπερβαίνουν τα 30 έως 50 cb (centibars).

Γενικώς, όσο μικρότερη είναι η συχνότητα και επομένως μεγαλύτερο το διάστημα μεταξύ δύο αρδεύσεων, τόσο υψηλότερες θα είναι οι τάσεις λίγο πριν την επόμενη άρδευση.

Σήμερα όμως, γίνεται γενικά δεκτό ότι, σε χαμηλά επίπεδα τάσης της εδαφικής υγρασίας, εξασφαλίζεται ευκολότερη πρόσληψη του νερού και των θρεπτικών στοιχείων από το ριζόστρωμα και επομένως επιτυγχάνονται ευνοϊκότερες συνθήκες για την ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών.

Δυνατότητα αξιοποίησης αλατούχων νερών: Αρκετά από τα συστήματα τοπικής άρδευσης, και ιδιαίτερα η στάγδην άρδευση, δίνουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν, για άρδευση καλλιεργειών, αλατούχα νερά. Η δυνατότητα αυτή βασίζεται στους παρακάτω λόγους:

- Η εφαρμογή του νερού κατευθείαν στο έδαφος, επιτρέπει να αποφευχθούν οι ζημιές που μπορούν να προκληθούν στα φύλλα από την αυξημένη ωσμωτική πίεση, που δημιουργείται με την αύξηση της συγκέντρωσης των αλάτων καθώς το νερό εξατμίζεται από τα βρεγμένα φύλλα.
- Η μεγάλη συχνότητα των αρδεύσεων κάνει δυνατή τη διατήρηση της υδατοπεριεκτικότητας του εδάφους σε συνεχώς υψηλά επίπεδα. Αποτέλεσμα αυτού είναι η συγκέντρωση των αλάτων στο εδαφικό διάλυμα και, κατ' επέκταση, η ωσμωτική τάση στο έδαφος να διατηρούνται σε συνεχώς χαμηλά επίπεδα και το ριζόστρωμα να βρίσκεται υπό ανεκτές συνθήκες τάσης. Η κατάσταση αυτή εξασφαλίζεται τόσο περισσότερο, όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα των αρδεύσεων.

Έτσι, ενώ στις περιπτώσεις άρδευσης στάγδην, όπου η συχνότητα των αρδεύσεων είναι μεγάλη, εξασφαλίζεται κατά κανόνα σε ικανοποιητικό βαθμό, στις περιπτώσεις άλλων συστημάτων τοπικής άρδευσης, όπου η συχνότητα άρδευσης είναι μικρότερη, εξασφαλίζεται σε χαμηλότερο βαθμό.

Σύγχρονη άρδευση μεγαλύτερων εκτάσεων-αξιοποίηση μικρών παροχών: Η ανά μονάδα επιφάνειας του εδάφους χορηγούμενη ποσότητα νερού (αναλογούσα ένταση βροχής), στα συστήματα τοπικής άρδευσης, είναι πάντοτε μικρότερη απ' ότι

σε συστήματα γενικής άρδευσης. Έτσι, μια δεδομένη διαθέσιμη παροχή νερού επιτρέπει πάντοτε τη σύγχρονη άρδευση πολύ μεγαλύτερων εκτάσεων (στάσεων άρδευσης), όταν εφαρμόζεται με συστήματα τοπικής άρδευσης απ' ότι με άλλες μεθόδους.

Ανεξαρτητοποίηση της άρδευσης από τον άνεμο και το ανάγλυφο του εδάφους:

Στην περίπτωση της στάγδην άρδευσης, καθώς και άλλων συστημάτων τοπικής άρδευσης, στα οποία το νερό δεν εκτοξεύεται αλλά εκρέει από πολύ κοντά στο έδαφος ανεξαρτητοποιεί την εφαρμογή της άρδευσης από την ταχύτητα του ανέμου. Δε συμβαίνει όμως σε συστήματα που διανέμουν το νερό με μικρή ή μεγάλη εκτόξευση, καθώς και στον κλασικό καταιονισμό.

Η δυσμενής επίδραση του ανέμου, είναι αύξηση των απωλειών (εξάτμιση, απομάκρυνση με τον άνεμο) και μετατόπιση της βρεχόμενης επιφάνειας του εδάφους.

Εξάλλου, η ευκαμψία των πλαστικών σωλήνων, που χρησιμοποιούνται κατά κανόνα στις τοπικές αρδεύσεις, επιτρέπει την τοποθέτηση τους και σε ανώμαλα επικλινή εδάφη. Έτσι, με τα συστήματα τοπικής άρδευσης δίνεται δυνατότητα να αρδευτούν ανώμαλα εδάφη, τα οποία θα ήταν αδύνατο ή πολύ δαπανηρό να αρδευτούν με άλλες μεθόδους.

Αντλητικά συγκροτήματα και δίκτυα μικρότερου κόστους:

Τα μικρά αντλητικά εκτός του ότι είναι μικρότερου κόστους, προσφέρουν και ένα άλλο γενικότερης σημασίας πλεονέκτημα από πλευράς κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, τη λειτουργία τους, που αν και διαρκεί περισσότερο χρόνο, απαιτεί μικρή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά μονάδα χρόνου. Αυτό έχει μεγάλη σημασία από γενικής πλευράς, αφού είναι γνωστό ότι είναι πολύ περισσότερο επιθυμητή η επί μεγαλύτερο χρόνο και μάλιστα κατά τις νυκτερινές ώρες, χαμηλής τάξης ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας απ' ότι η επί μικρό χρόνο, υψηλής τάξης ζήτηση, που δημιουργεί αναπόφευκτα ανεπιθύμητες και αντιοικονομικές αιχμές.

Αποτέλεσμα της απαιτούμενης μικρής παροχής νερού ανά μονάδα επιφάνειας στη μονάδα του χρόνου, στα συστήματα τοπικής άρδευσης, είναι ότι οι απαιτούμενες σωληνώσεις για τη μεταφορά και διανομή του νερού μπορούν να έχουν σχετικά μικρότερες διαμέτρους και επομένως μικρότερο κόστος προμήθειας απ' ότι θα είχαν αν η άρδευση γινόταν με καταιονισμό.

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Φραξίματα: Πρόκειται για τα φραξίματα που μπορούν να παρουσιαστούν στα όργανα διανομής του νερού, στους διανεμητές, όπως ονομάζονται, των διάφορων συστημάτων.

Όσο μικρότερη είναι η διατομή εκροής του νερού, τόσο αυξάνεται το πρόβλημα με τα φραξίματα.

Γενικά τα φραξίματα ανάλογα με το αίτιο που τα προκαλεί, χαρακτηρίζονται ως φυσικά, όταν προκαλούνται από στερεά τεμαχίδια λεπτής άμμου, ιλύος ή αργίλου. Ως χημικά, όταν προκαλούνται από ιζήματα αλάτων και ως βιολογικά, όταν προκαλούνται από άλγες, βακτήρια ή μικροοργανισμούς.

Μηχανικές ζημιές: Μπορούν να προκληθούν στις σωληνώσεις του δικτύου ή στους διανεμητές από απρόσεκτη χρήση μηχανικών μέσων ή από διάφορα ζώα.

Αναφέρονται ζημιές από διάφορα τρωκτικά και ιδίως ποντίκια, έντομα κ.λπ. στους πλευρικούς σωλήνες. Οι ζημιές αυτές και σπάνιες είναι και ασήμαντης έκτασης και

έτσι δεν μπορούν να θεωρηθούν σαν άξιο λόγου μειονέκτημα.

Αδυναμία προστασίας από παγετούς: Στα συστήματα τοπικής άρδευσης, αφού το νερό διανέμεται συνήθως κάτω από την κόμη των δέντρων, δεν υπάρχει δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί το δίκτυο άρδευσης για προστασία από παγετούς, όπως αντίθετα μπορεί να γίνει στην περίπτωση του καταιονισμού.

Συγκέντρωση αλάτων στο έδαφος: Στις περιπτώσεις χρησιμοποίησης αλατούχων νερών με συστήματα τοπικής άρδευσης, δημιουργείται συνήθως μια συγκέντρωση αλάτων στα όρια μεταξύ βρεχόμενου και μη εδάφους. Το πρόβλημα αυτό, σε περιοχές με ικανοποιητικές βροχοπτώσεις, είναι ασήμαντο, γιατί με τις βροχές τα άλατα εκπλύνονται σε βαθύτερα στρώματα. Σε περιοχές όμως με χαμηλές βροχοπτώσεις (κατώτερες από 250 mm το χρόνο) πρέπει να γίνουν ειδικές εκπλύσεις με επιπλέον αρδεύσεις κ.ά..

Άλλα μικρότερα προβλήματα: Αναφέρεται, ότι νεαρά δέντρα, που αρδεύονται με συστήματα τοπικής άρδευσης, τείνουν να δημιουργούν μικρότερο ή μονόπλευρο ριζικό σύστημα. Πειράματα όμως, αλλά και η πράξη, επιβεβαιώνουν ότι τέτοιο πρόβλημα πρακτικά δεν υπάρχει.

Επίσης, αναφέρεται ότι σε περιπτώσεις χορήγησης υπερβολικών και πολύ συχνών δόσεων νερού, είναι πιθανή η ανάπτυξη μυκήτων εδάφους και αυτό όμως αποδείχτηκε στην πράξη χωρίς ιδιαίτερη σημασία.

3.7. ΜΕΡΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα στάγδην άρδευσης αποτελείται από:

- τη μονάδα ελέγχου ή κεφαλή,
- το δίκτυο μεταφοράς,
- το δίκτυο εφαρμογής και
- τους σταλακτήρες.

Η κεφαλή ή μονάδα ελέγχου συνδέεται με την υδροληψία ή το αντλητικό συγκρότημα. Αποτελείται από διάφορα μέρη, όπως ένα υδρόμετρο που καταγράφει την ποσότητα νερού και μπορεί να ρυθμιστεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε το συγκρότημα να διακόπτει την παροχή ύστερα από τη διέλευση της επιθυμητής ποσότητας νερού. Επίσης, είναι δυνατό να περιλαμβάνονται, ανάλογα με την καθαρότητα του νερού, μηχανισμοί για τη συγκράτηση φερτών υλών μεγαλύτερου ειδικού βάρους από το νερό (υδροκυκλώνας) ή φίλτρα για τη συγκράτηση ελαφρύτερων υλικών (φίλτρα χαλικιών ή σίτας) ώστε να μην αποφράσσονται οι σταλακτήρες. Κάτι ανάλογο με τα φίλτρα σίτας είναι και τα φίλτρα δίσκων. Τα φίλτρα κάνουν μηχανικό και όχι χημικό ή άλλου είδους καθαρισμό του νερού και χρειάζονται καθαρισμό. Συνιστάται να υπάρχουν μετρητές πιέσεων πριν και μετά το φίλτρο, ώστε να εκτιμάται μέχρι ποιο σημείο το φίλτρο έχει βουλώσει. Σήμερα, στο εμπόριο υπάρχουν και φίλτρα αυτοκαθαριζόμενα. Η κεφαλή μπορεί να είναι εφοδιασμένη και με δοχείο λίπανσης μέσα στο οποίο τοποθετείται η ποσότητα του λιπάσματος, από το οποίο το νερό που περνάει μέσα από το δίκτυο παίρνει την επιθυμητή ποσότητα λιπάσματος. Ο τρόπος αυτός λέγεται υδρολίπανση και έχει το πλεονέκτημα να γίνεται οικονομία σε ποσότητα λιπάσματος που διατίθεται στα φυτά και οικονομία σε εργατικά χέρια.

Η σύνδεση του υδρολιπαντήρα γίνεται στον κύριο αγωγό με δύο σωληνώσεις εισαγωγής-εξαγωγής. Η εισαγωγή του λιπάσματος στον κύριο αγωγό γίνεται ή με διαφορετική πίεση ή με άντληση. Στο σημείο αυτό να σημειωθεί ότι, όλα τα λιπάσματα δεν είναι κατάλληλα, λόγω περιορισμένης διαλυτότητας στο νερό. Επίσης, μπορεί στο διάλυμα να χρησιμοποιηθούν και ζιζανιοκτόνα, μυκητοκτόνα ή νηματοκτόνα φάρμακα (Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, 2003).

Το δίκτυο μεταφοράς αποτελείται από τους κύριους και τους δευτερεύοντες αγωγούς. Οι κύριοι μεταφέρουν το νερό από την πηγή του στους δευτερεύοντες αγωγούς και είναι κατασκευασμένοι από πολυαιθυλένιο (PE) ή άκαμπτο χλωριούχο πολυβινύλιο (PVC) ή γαλβανισμένο ατσάλι. Οι δευτερεύοντες είναι από πολυαιθυλένιο ή άκαμπτο/εύκαμπτο PVC και μεταφέρουν το νερό από τους κύριους αγωγούς στους αγωγούς εφαρμογής. Το δίκτυο μεταφοράς μπορεί να είναι επιφανειακό (PE) ή υπόγειο (PVC). Στη δεύτερη περίπτωση, διευκολύνεται η μετακίνηση των γεωργικών μηχανημάτων. Το δίκτυο εφαρμογής αποτελείται από αγωγούς μικρότερης εξωτερικής διαμέτρου (12-32 mm). Μεταφέρουν το νερό από τους δευτερεύοντες αγωγούς στους σταλακτήρες και είναι κατασκευασμένοι από πολυαιθυλένιο ή εύκαμπτο PVC. Πρέπει να μην διαβρώνονται, να είναι ανθεκτικοί στην ηλιακή ενέργεια και στη θερμοκρασία, εύχρηστοι και να αντέχουν σε πίεση 4-6 atm. Στη συντριπτική τους πλειοψηφία είναι μαύρου χρώματος για να εμποδίζουν τη διέλευση του φωτός προς ανάπτυξη μικροοργανισμών. Είναι κάθετοι προς τους δευτερεύοντες και παράλληλοι προς τις ισοΰψεις στα εδάφη με κλίση. Είναι επιφανειακοί ή μπορεί να κρέμονται σε ύψος 30-50 cm στις περιπτώσεις που αρδεύουν δενδρώδεις καλλιέργειες σε σχήμα παλμέτας. Οι σταλακτήρες τοποθετούνται είτε εν σειρά είτε σε σύνδεση επί της γραμμής εφαρμογής. Στην πρώτη περίπτωση, ο σταλακτήρας συνδέει δύο τμήματα σωλήνα ίσα με την απόσταση μεταξύ των σταλακτάρων, η θέση των σταλακτάρων δεν μπορεί να αλλάξει και οι σταλακτήρες είναι ορισμένου τύπου (με μακρύ διάδρομο διαδρομής). Στη δεύτερη περίπτωση, οι σταλακτήρες τοποθετούνται με διάτρηση επί του αγωγού μεταφοράς. Οι σταλακτήρες μπορούν να μετακινούνται κατά βούληση και είναι είτε σταλακτήρες με επιστόμιο, είτε με διάφραγμα ή τύποι με μακρύ διάδρομο ροής.

Οι αγωγοί εφαρμογής τοποθετούνται με διάφορους τρόπους σε απλή ευθεία, διπλή ευθεία, απλή ευθεία με σταλακτήρα πολλαπλής εξόδου, ζικ-ζακ, μικτή ευθεία-κυκλική (Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, 2003). Ο τρόπος διάταξης της γραμμής εφαρμογής εξαρτάται από τις αποστάσεις φύτευσης, το έδαφος, το ποσοστό του εδάφους που πρέπει να διαβραχεί και το κόστος (Παπαζαφειρίου, 1984). Πολλές φορές η πίεση κυμαίνεται λόγω του ανάγλυφου του αγρού. Σ' αυτές τις περιπτώσεις τοποθετούνται ρυθμιστές πίεσης οι οποίοι μειώνουν μία υψηλότερη της επιθυμητής πίεσης εισόδου και διατηρούν μία σταθερή προκαθορισμένη πίεση εξόδου.

Οι σταλακτήρες αποτελούν το βασικό στοιχείο της στάγδην άρδευσης, συνδέονται με το δίκτυο εφαρμογής και διοχετεύουν το νερό υπό μορφή σταγόνων στο έδαφος. Αυτό επιτυγχάνεται με την εκμηδένιση της πίεσης του νερού που ρέει στον αγωγό εφαρμογής, εξαιτίας των απωλειών ενέργειας κατά τη διέλευση του από το σταλακτήρα. Οι παροχές των σταλακτάρων κυμαίνονται από 1-10 l/h σε πίεση 0,2-2 atm. Κατασκευάζονται από σκληρή πλαστική ύλη, συνήθως από πολυπροπυλένιο, είναι μαύρου χρώματος και διαφόρου σχήματος ή μεγέθους. Στην αγορά

συναντώνται σε διάφορους τύπους, καθένας με τις δικές του ιδιότητες. Οποιοδήποτε τύπου και αν είναι, πρέπει να παρουσιάζουν τα εξής χαρακτηριστικά (Παπαζαφειρίου, 1984):

- Σταθερή και ομοιόμορφη παροχή, η οποία να μη μεταβάλλεται σημαντικά από περιορισμένες μεταβολές πίεσης στον αγωγό εφαρμογής.
- Δυσκολία έμφραξης. Αυτό επιτυγχάνεται εάν η διατομή εκροής του νερού είναι σχετικά μεγάλη.
- Να έχουν χαμηλό κόστος.
- Να τοποθετούνται εύκολα στις γραμμές άρδευσης.

Κάθε σταλακτήρας αποτελείται από το σώμα του, που περιλαμβάνει το μηχανισμό της πτώσης πίεσης και το συνδετήρα με τον αγωγό με την παρεμβολή του στο σωλήνα. Οι σταλακτήρες αποτελούν το 1/3 του συνολικού κόστους ενός συστήματος άρδευσης με σταγόνες (Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, 2003) και ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους, διακρίνονται σε ορισμένες κατηγορίες. Έτσι, με κριτήριο το είδος ροής του νερού, διακρίνονται σε σταλακτήρες με στρωτή ροή, με μερικώς στροβιλώδη ροή και με στροβιλώδη ροή. Αναλόγως του τρόπου απόσβεσης της πίεσης, διακρίνονται σε σταλακτήρες με μακρύ διάδρομο ροής και με επιστόμιο ή οπή. Στην κατηγορία αυτή, ανήκουν και οι αυτορυθμιζόμενοι που διατηρούν σταθερή παροχή ανεξάρτητα από το φορτίο με κάποιο μηχανισμό αυτόματης ρύθμισης. Ανάλογα με την ικανότητα αυτοκαθαρισμού τους διακρίνονται σε αυτοκαθαριζόμενους και μη αυτοκαθαριζόμενους. Οι αυτορυθμιζόμενοι σταλακτήρες είναι κατά κανόνα και αυτοκαθαριζόμενοι και είναι ο τύπος που χρησιμοποιείται περισσότερο σήμερα (Τερζίδης και Παπαζαφειρίου, 1997).

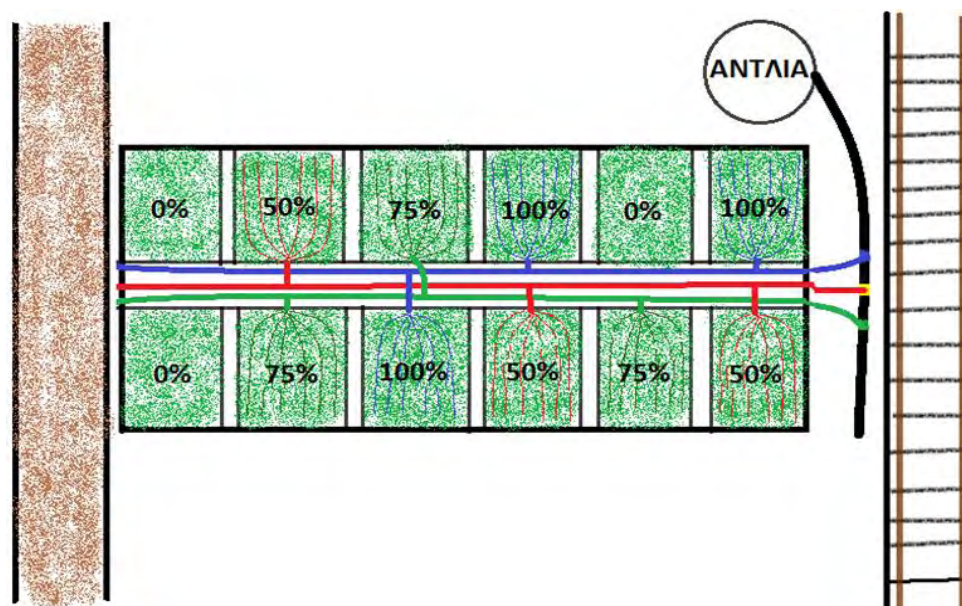
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ - ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

4.1. ΓΕΝΙΚΑ

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε την καλλιεργητική περίοδο 2015. Έλαβε χώρα στο αγρόκτημα Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή του Βελεστίνου. Η περιοχή του Βελεστίνου βρίσκεται δυτικά της πόλης του Βόλου και τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά της τοποθεσίας του αγροκτήματος είναι 39° 23' γεωγραφικό πλάτος, 22° 45' γεωγραφικό μήκος, ενώ το υψόμετρο από την επιφάνεια της θάλασσας αντιστοιχεί σε 80m. Εκεί μελετήθηκε η ανάπτυξη και απόδοση της καλλιέργειας του φυτού "τσάι του βουνού" με την εφαρμογή ελλειμματικής στάγδην άρδευσης (πρώτη καλλιεργητική περίοδος). Τα αγροτεμάχια που παραχωρήθηκαν για την πραγματοποίηση του πειράματος ήταν έκτασης 400m² με ηπειρωτικές κλιματικές συνθήκες. Παρατηρείται επίσης εναλλαγή του κλίματος από ζεστό και ξηρό καλοκαίρι σε ψυχρό και υγρό χειμώνα. Το έδαφος ήταν ασβεστούχο, αργιλοπηλώδες και καλά στραγγιζόμενο. Το pH βρίσκονταν σε αλκαλικά επίπεδα, με καλά αναπτυγμένο πορώδες που αποτελούνταν από μικρούς και μεσαίου μεγέθους πόρους (Μήτσιος et al., 2000; Τερζίδης και Παπαζαφειρίου, 1997).

Το πειραματικό σχέδιο περιελάμβανε δύο μεταχειρίσεις σε τρεις επαναλήψεις (Εικ.17). Με κόκκινο χρώμα παρουσιάζεται η μεταχείριση 50% στην οποία η άρδευση που πραγματοποιούνταν αντιστοιχούσε στο 50% των υδατικών αναγκών της καλλιέργειας και με πράσινο η μεταχείριση 100%, που η άρδευση αντιστοιχούσε στο 100% των υπολογισμένων υδατικών αναγκών της καλλιέργειας.



Εικόνα 137: Διάγραμμα πειραματικού αγροτεμαχίου.

4.2. ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ

Η κατεργασία του εδάφους έγινε με βαρύ καλλιεργητή ενώ στη συνέχεια και λίγες μέρες πριν τη φύτευση, πραγματοποιήθηκε ένα ελαφρύ φρεζάρισμα για αναμόχλευση και απομάκρυνση των ζιζανίων.

Η φύτευση πραγματοποιήθηκε στις 24 Μαρτίου του 2015. Για τη διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκε ένα πλήρως τυχαίοποιημένο σχέδιο με 4 μεταχειρίσεις σε 3 επαναλήψεις. Χρησιμοποιώντας σκαλιστήρι χειρός ανοίχτηκαν 6 αυλάκια βάθους 4-5 cm για κάθε επανάληψη. Η απόσταση μεταξύ των αυλακιών ήταν 50cm και η φύτευση έγινε με το χέρι. Δεν υπήρξε λίπανση μετά τη φύτευση ενώ στις 21 Απριλίου έγινε η εγκατάσταση του αρδευτικού συστήματος.

4.3. ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗ

Η άρδευση με σταγόνες ή στάγδην άρδευση είναι μια μέθοδος κατά την οποία το νερό εφαρμόζεται στο χωράφι σε μικρές ποσότητες. Έτσι, το κάθε φυτό ξεχωριστά εφοδιάζεται με την απαραίτητη υγρασία που χρειάζεται για να αναπτυχθεί φυσιολογικά. Η μέθοδος που εφαρμόζουμε είναι πολύ αποτελεσματική και ενδείκνυται για περιπτώσεις όπου το νερό είναι περιορισμένο και δύσκολα εφαρμόζεται άλλη μέθοδος άρδευσης (Παπαζαφειρίου, 1984; Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, 2003).

Το σύστημα άρδευσης αποτελούνταν από το αντλητικό συγκρότημα, τη μονάδα ελέγχου, το δίκτυο μεταφοράς και το δίκτυο εφαρμογής.

Η μονάδα ελέγχου περιλάμβανε, ένα φίλτρο σίτας, 6 υδρόμετρα (ένα για κάθε επανάληψη) (Εικ.18) και 2 ηλεκτροβάνες συνεχούς ρεύματος με ενσωματωμένο προγραμματιστή άρδευσης, με σκοπό την αυτοματοποίησή της (Εικ. 19). Επίσης, από την δεξαμενή συνολικού όγκου 50m³, από υποβρύχια αντλία και με σωλήνα Φ32, γινόταν η τροφοδοσία με νερό.



Εικόνα 18: Υδρόμετρο.



Εικόνα 19: Προγραμματιστής άρδευσης.

Το δίκτυο μεταφοράς περιλάμβανε τους κύριους αγωγούς μεταφοράς, οι οποίοι ήταν κατασκευασμένοι από πολυαιθυλένιο. Είχαν διάμετρο 32mm και πίεση λειτουργίας που αντιστοιχούσε σε 2atm και μετέφεραν το νερό στους αγωγούς τροφοδοσίας.

Οι αγωγοί τροφοδοσίας, είχαν διάμετρο 25mm και ίδια με την παραπάνω πίεση λειτουργίας και μετέφεραν το νερό στους σταλακτηφόρους σωλήνες, οι οποίοι ήταν κατασκευασμένοι από μαλακό πολυαιθυλένιο και είχαν διάμετρο 20mm.

Οι σταλακτηφόροι σωλήνες τοποθετήθηκαν σε κάθε γραμμή φυτών. Έφεραν εντός τους σταλάκτες, με ισαποχή 50cm επί των σωλήνων, δηλαδή ένας για κάθε φυτό. Η ονομαστική παροχή τους ήταν 4 lt/h, σε ευρύ πεδίο πιέσεων, με σκοπό να διατηρούν σταθερή σε όλο το μήκος της γραμμής άρδευσης την παροχή.

4.4. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

4.4.1. ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΕΤ₀

Η φυσική εξάτμιση είναι ίδια είτε παρατηρείται σε επιφάνειες ελεύθερου νερού, είτε σε επιφάνειες εδάφους είτε σε φυτικές επιφάνειες εκτεθειμένες στην ατμόσφαιρα. Από την άλλη πλευρά με τον όρο διαπνοή ορίζουμε την ποσότητα νερού που εξατμίζεται στις φυτικές επιφάνειες και προϋποθέτει μεταφορά εδαφικού νερού στις φυτικές επιφάνειες διαμέσου του φυτού. Το κύριο φυτικό όργανο απ' το οποίο χάνεται το νερό σε ένα φυτό είναι τα στοματίά του (μικρά ανοίγματα στην επιφάνεια του φύλλου, που αποτελούνται από ένα μεσοκυττάριο χώρο, οριοθετούμενο από επιδερμικά και μεσοφυλλικά κύτταρα, μέσω των οποίων διέρχονται τα αέρια και οι υδρατμοί).

Η εξάτμιση συμβαίνει μμέσα στον μεσοκυττάριο χώρο και ο ρυθμός απώλειας των υδρατμών ελέγχεται από το μεταβαλλόμενο άνοιγμα των στοματίων. Σχεδόν όλη η ποσότητα του προσλαμβανόμενου νερού χάνεται μέσω του μηχανισμού της διαπνοής και μόνο ένα μικρό ποσοστό χρησιμοποιείται εσωτερικά στο φυτό. Η διαπνοή εξαρτάται από την διαθέσιμη ενέργεια, τον άνεμο και την κλίση των υδρατμών. Απ' την άλλη πλευρά η ποσότητα του εδαφικού νερού, η συγκέντρωση αλάτων και η επαφή με το ριζόστρωμα επιδρούν και αυτά στον ρυθμό διαπνοής.

Η εξάτμιση από ένα καλλιεργούμενο έδαφος κατά ένα μεγάλο μέρος προσδιορίζεται από το κλάσμα της ολικής προσπίπτουσας ακτινοβολίας που φθάνει στην εδαφική επιφάνεια. Αυτό το κλάσμα ελαττώνεται συνεχώς κατά την διάρκεια της αύξησης του φυτού, από την αυξανόμενη φυλλική επιφάνεια που σκιάζει το έδαφος. Οι συνολικές απώλειες εξάτμισης του εδαφικού νερού θεωρούνται ενιαίο σύνολο και χαρακτηρίζονται με τον όρο εξατμισοδιαπνοή, ΕΤ. Ο ρυθμός εξατμισοδιαπνοής από μια φυτοκαλυμμένη επιφάνεια αναφοράς, επαρκώς εφοδιασμένης με νερό, ονομάζεται εξατμισοδιαπνοή αναφοράς και συμβολίζεται με ΕΤ₀. Μοναδικοί παράγοντες που επιδρούν συνεπώς είναι, οι κλιματικοί και τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας αναφοράς (Παπαζαφειρίου, 1984).

4.4.2. ΜΕΘΟΔΟΣ PENMAN - MONTEITH

Η μέθοδος FAO Penman-Monteith προτείνεται ως η ακριβέστερη μέθοδος για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς ET_0 . Η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας ET_c κάτω από κανονικές συνθήκες μπορεί να υπολογισθεί από κλιματικά δεδομένα, εισάγοντας τις αντιστάσεις της φυτοκαλλιέργειας, την ανακλαστικότητα (albedo) και τους συντελεστές αντίστασης του αέρα στη μέθοδο Penman-Monteith (Παπαζαφειρίου, 1984). Έτσι λοιπόν, η χρήση των φυτικών συντελεστών K_c σε συνδυασμό με την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς ET_0 θα μπορούσε να οδηγήσει στην εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας ET_c από τον λόγο:

$$ET_c / ET_0 = K_c.$$

4.4.2.1. ΦΥΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ (K_c)

Για τον υπολογισμό του K_c η εξατμισοδιαπνοή ET_c υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς ET_0 με το $ET_c = K_c ET_0$

- ET_c : εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας
- K_c : φυτικός συντελεστής
- ET_0 : εξατμισοδιαπνοή αναφοράς

Η ET_0 αντιπροσωπεύει τον δείκτη επίδρασης των κλιματικών συνθηκών ο K_c διαφοροποιείται με τα ειδικά χαρακτηριστικά κάθε καλλιέργειας και επηρεάζεται μόνο από περίπτωση ακραίων κλιματικών συνθηκών. Ο φυτικός συντελεστής αντιπροσωπεύει μια σφαιρική επιρροή τεσσάρων βασικών χαρακτηριστικών που τον διαφοροποιούν από την καλλιέργεια αναφοράς. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι:

- Το ύψος της καλλιέργειας, το οποίο επηρεάζει τον όρο της αεροδυναμικής αντίστασης r_a .
- Η αντίσταση της φυτοκόμης στην μεταφορά των υδρατμών.
- Η ανακλαστικότητα α (albedo) της φυτικής κόμης και του εδάφους η οποία επηρεάζεται από το βάθος φυτοκάλυψης.
- Η εξάτμιση από το έδαφος.
- Η υγρασιακή κατάσταση της επιφάνειας του εδάφους και το ποσοστό κάλυψής του από την καλλιέργεια επηρεάζει την τιμή της επιφανειακής αντίστασης r_s . Ο συνδυασμός της αντίστασης της φυτοκόμης με εκείνη του εδάφους προσδιορίζει την συνολική αντίσταση της επιφάνειας r_s (bulk surface resistance).

4.4.2.2. ΕΞΙΣΩΣΗ PENMAN - MONTEITH ΚΑΤΑ FAO

Προτάθηκε η συνδυαστικής μέθοδος Penman-Monteith ως μια νέα πρότυπη μέθοδος για την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς. Υποθετικό ύψος φυτών 0.12m, με αντίσταση επιφάνειας 70 s/m. Από την αυθεντική εξίσωση Penman-Monteith και τις εξισώσεις της αεροδυναμικής αντίστασης και της αντίστασης επιφάνειας, η μέθοδος FAO Penman-Monteith για τον προσδιορισμό της ET_0 δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$ET_o = \left[0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_z^0 - e_z) \right] [\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)]^{-1}$$

όπου, ET_o : η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς [mm/day]

R_n : η καθαρή ακτινοβολία στην επιφάνεια φυτικής κόμης [MJ/m² day]

G : η πυκνότητα θερμικής ροής του εδάφους [MJ/m² day]

T : η μέση ημερήσια θερμοκρασία σε ύψος 2m [°C]

u_2 : η ταχύτητα του ανέμου σε ύψος 2m [m/sec]

e : τάση κορεσμένων υδρατμών [kPa]

e : η πραγματική πίεση υδρατμών [kPa]

Δ : η κλίση της καμπύλης της πίεσης του ατμού [kPa °C]

Γ : η ψυχομετρική σταθερά [kPa °C] (Οικονόμου, 2016).

4.4.2.3. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Απαιτείται πέρα από την τοποθεσία, πληροφορίες για την θερμοκρασία του αέρα, την υγρασία, την ακτινοβολία και την ταχύτητα του ανέμου με συγκεκριμένες μετρήσεις προκειμένου να λάβουμε σωστό αποτέλεσμα από την εξίσωση FAO Penman-Monteith.

Τοποθεσία: Το ύψος πάνω από το επίπεδο της θάλασσας (m) και το γεωγραφικό πλάτος της τοποθεσίας θα πρέπει να διευκρινιστεί. Αυτές οι πληροφορίες χρειάζεται να προσαρμοστούν κάποιες καιρικές παράμετροι με τη μέση τοπική τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης και να υπολογίσουν την ακτινοβολία εκτός ατμόσφαιρας (R_a) και σε μερικές περιπτώσεις τις ώρες διάρκειας της ημέρας (N). Στις υπολογιστικές διεργασίες για τα R_a , N, το γεωγραφικό πλάτος εκφράζεται σε ακτίνια. Θετική τιμή χρησιμοποιείται για το βόρειο ημισφαίριο και αρνητική τιμή για το νότιο.

Υγρασία: Η (μέση) ημερήσια πραγματική πίεση ατμού e_a σε kPa είναι αναγκαία. Η πραγματική πίεση ατμού όπου δεν είναι διαθέσιμη, μπορεί να υπολογιστεί από τη μέγιστη και ελάχιστη σχετική υγρασία (%).

Θερμοκρασία: Οι (μεσαίες) ημερήσιες μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες αέρα σε βαθμούς Κελσίου (°C) είναι αναγκαίες. Χρησιμοποιώντας τη μέση θερμοκρασία αέρα αντί των μέγιστων και ελάχιστων θερμοκρασιών αέρα, παράγεται χαμηλότερη κορεσμένη πίεση ατμού e_s και ως εκ τούτου χαμηλότερη διαφορά πίεσης ατμού ($e_s - e_a$), και χαμηλότερη υπολογίσιμη εξατμισοδιαπνοή αναφοράς.

Ταχύτητα ανέμου: Η (μέση) ημερήσια ταχύτητα ανέμου (σε m/sec) μετράται σε ύψος 2m πάνω από το έδαφος. Είναι σημαντικό να διευκρινιστεί το ύψος στο οποίο η ταχύτητα του ανέμου θα μετράται καθώς οι ταχύτητες του ανέμου μετρούμενες σε διαφορετικά ύψη διαφέρουν.

Ακτινοβολία: Η (μέση) ημερήσια καθαρή ακτινοβολία εκφρασμένη σε MJ/m² day είναι αναγκαία. Αυτές οι πληροφορίες δεν είναι συνήθως διαθέσιμες, αλλά μπορούν να παραχθούν από τη (μέση) μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία μετρημένη με πυρανόμετρο.

Ακολουθώντας τα παραπάνω δεδομένα, και τις παραπάνω εξισώσεις, υπολογίστηκαν οι ώρες άρδευσης της καλλιέργειας για 7 μήνες.

4.4.3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΟΣΗΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για τον υπολογισμό της δόσης και της διάρκειας άρδευσης με τη μέθοδο του Penman-Monteith κατά FAO-56 ήταν η παρακάτω. Αρχικά λαμβάνονταν από τον μετεωρολογικό σταθμό η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (ET₀). Στη συνέχεια, καθοριζόταν το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας και υπολογιζόταν ο φυτικός συντελεστής (K_c) και η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας (ET_c).

Η ET_c εκφράζει τις απώλειες μιας καλλιέργειας σε νερό. Επομένως, η αρδευτική δόση θα πρέπει να είναι τουλάχιστον όση και οι απώλειες νερού. Έτσι, η δόση άρδευσης για τις μεταχειρίσεις που αρδεύτηκαν πλήρως υπολογίστηκε από τη σχέση:

$$D_n = \frac{ET_0 \times K_c - P_e}{EFF}$$

όπου:

D_n: είναι η δόση άρδευσης για την πλήρως αρδευόμενη μεταχείριση (E100) (mm),

ET₀: είναι η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (mm),

K_c: είναι ο φυτικός συντελεστής της καλλιέργειας (αδιάστατος),

P_e: είναι η ωφέλιμη βροχόπτωση (mm) και

EFF: είναι ο βαθμός απόδοσης του συστήματος στάγδην άρδευσης.

Η δόση άρδευσης για την ελλειμματικά αρδευόμενη μεταχείριση (E50) ήταν το γινόμενο του D_n επί τον συντελεστή 0,5 ο οποίος εξέφραζε το 50% των αναγκών της καλλιέργειας σε νερό.

4.4.4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΩΦΕΛΙΜΗΣ Ή ΕΝΕΡΓΟΥ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ (P_e)

Ωφέλιμη ή ενεργός βροχόπτωση (P_e) είναι το ποσοστό της συνολικής βροχόπτωσης, σε μια καλλιέργεια και σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο, το οποίο είναι διαθέσιμο για να καλύψει τις ανάγκες της διαπνοής της καλλιεργημένης έκτασης (Bos and Nugteren, 1990).

Όταν η βροχόπτωση είναι μικρότερη από το 20% της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς, θεωρείται αμελητέα, διότι εξατμίζεται πλήρως. Το ποσοστό της βροχόπτωσης που χάνεται μέσω της επιφανειακής απορροής εξαρτάται από την σφοδρότητα της βροχής, την κλίση του αγρού και τον τύπο, τις υδραυλικές παραμέτρους και το ποσοστό της υγρασίας του εδάφους.

Γενικά, η επιφανειακή απορροή θεωρείται αμελητέα για υπολογισμούς ημέρας, διότι το πλεονάζον νερό θεωρείται ότι αναπληρώνει το έδαφος μέχρι το σημείο της υδατοϊκανότητάς του (Allen et al., 1998). Τέλος, σε βροχοπτώσεις με μεγάλο όγκο νερού σε μικρές περιόδους θεωρείται ότι το επιπλέον νερό χάνεται ως βαθιά διήθηση.

Στην παρούσα έρευνα δεν υπήρχαν απώλειες του νερού λόγω βαθιάς διήθησης, ούτε ανύψωση υπογείου νερού. Η βροχόπτωση που ήταν μεγαλύτερη από το 20% της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής αναφοράς, πολλαπλασιάστηκε με έναν

συντελεστή ωφελιμότητας ίσο με 0,8 ώστε να καλυφθούν απώλειες λόγω εξάτμισης από την επιφάνεια του εδάφους.

4.4.5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΗΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΜΕ ΣΤΑΓΟΝΕΣ (EFF)

Κάθε μέθοδος άρδευσης έχει σχεδιαστεί ώστε να παρέχει όσο δυνατόν πιο ομοιόμορφα το νερό σε όλα τα φυτά. Παρόλα αυτά όμως, κάθε μέθοδος παρέχει περισσότερο νερό σε ορισμένα φυτά και λιγότερο σε κάποια άλλα. Λόγω της διαφορετικότητας των μεθόδων άρδευσης, η αποδοτικότητα εκφράζεται σε κάθε μέθοδο με διαφορετικό τρόπο.

Στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της επιφανειακής στάγδην άρδευσης, της οποίας η αποδοτικότητα υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση:

$$EFF = TR \cdot EU$$

όπου EFF είναι η αποδοτικότητα εφαρμογής της άρδευσης με σταγόνες ή βαθμός εφαρμογής του νερού, TR είναι το μέρος του νερού που διηθήθηκε στο έδαφος και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ωφέλιμα από την καλλιέργεια και EU είναι η ομοιομορφία ενστάλαξης.

Οι τιμές του TR κυμαίνονται από 0,9 σε ξηρά κλίματα με μικρό ποσοστό ύγρανσης και αυξημένη συγκέντρωση αλάτων στο νερό, έως 1 σε υγρά κλίματα χωρίς προβλήματα αλάτων. Γενικά, σε ένα σύστημα που λειτουργεί σωστά σε Ελληνικές συνθήκες, η τιμή του TR είναι περίπου 0,95 (Τερζίδης και Παπαζαφειρίου, 1997).

Η ομοιομορφία ενστάλαξης (EU) σχετίζεται με την καλή λειτουργία των σταλακτών και την σταθερότητα της παροχής τους. Σε δίκτυο άρδευσης που λειτουργεί ικανοποιητικά, η ομοιομορφία ενστάλαξης μπορεί να φτάσει από 0,9 έως 0,95. Αν οι σταλάκτες είναι αυτορρυθμιζόμενοι, τότε η ομοιομορφία ενστάλαξης είναι ίση με 1 (Τερζίδης και Παπαζαφειρίου, 1997).

Στην παρούσα έρευνα η αποδοτικότητα εφαρμογής της άρδευσης θεωρήθηκε ίση με 1 (TR=1 και EU=1).

4.4.6. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Για τον υπολογισμό της διάρκειας στάγδην άρδευσης απαιτείται να είναι γνωστό το ωριαίο ύψος βροχής που εφαρμόζεται από το σύστημα άρδευσης που χρησιμοποιείται. Τα χαρακτηριστικά του συστήματος άρδευσης (στάγδην) που πρέπει να γνωρίζει ο μελετητής για να υπολογίσει το ωριαίο ύψος βροχής είναι:

- η παροχή κάθε σταλάκτη (L/h),
- ο αριθμός σταλακτών ανά φυτό (αδιάστατος) και
- η ισαποχή των σταλακτών επί του σταλακτηφόρου σωλήνα (m).

Επιπλέον, απαραίτητη είναι και η γνώση των αποστάσεων σποράς ή φύτευσης, καθώς και η πυκνότητα φύτευσης, δηλαδή ο αριθμός των φυτών επί της γραμμής σποράς. Επομένως, όταν είναι γνωστές οι παραπάνω παράμετροι, η διάρκεια άρδευσης και το ωριαίο ύψος βροχής υπολογίζονται από τις ακόλουθες σχέσεις:

$$t = \frac{Dn}{Dh} \text{ και } Dh = \frac{q \times n}{St \times Sr}$$

όπου:

t: η διάρκεια άρδευσης (h),

Dn: η δόση άρδευσης (mm)

Dh: το ωριαίο ύψος βροχής (mm/h),

q: η παροχή του σταλάκτη (L/h),

St: η ισαποχή των φυτών επί της γραμμής σποράς ή φύτευσης (m),

Sr: η ισαποχή των γραμμών σποράς ή φύτευσης (m),

n: ο αριθμός σταλακτών ανά δύο γραμμές φυτών και ο οποίος δίνεται από τη σχέση

$$n = \frac{St}{Se}$$

όπου Se: η ισαποχή των σταλακτών επί του σταλακτηφόρου σωλήνα (αδιάστατος).

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΤΣΑΙ Ρ-MON FAO 56

Ημερομηνία	Ημέρες από την σπορά (24/3/2015)	Εξατμισοδιαπνοή αναφοράς ΕΤο (mm)	Βροχή Β (mm)	Ωφέλιμη βροχή Ρε=0,8*Β (mm)	Φυτικός Συντελεστής Κc	Εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας ΕΤc=ΕΤο*Κc (mm)	Δόση άρδευσης (100%) Dn=(ΕΤc-Ρε)/ΕFF (mm)		Δόση άρδευσης (50%) Dn=((ΕΤc-Ρε)/ΕFF)*0,5 (mm)	Σταλάκτες ανά φυτό n=St/Se	Ωριαίο ύψος βροχής Dh=(q*n)/(St*Sr) (mm/h)	Διάρκεια άρδευσης (100%) t= Dn(100%)/Dh (h)	Διάρκεια άρδευσης (50%) t= Dn(50%)/Dh (h)	Διάρκεια άρδευσης (Ε100) (h)	Διάρκεια άρδευσης (Ε50) (h)
24/3/2015	0	0,85	0,20	0,16		0	-0,16		-0,08	1	16	-0,01	-0,01		
25/3/2015	1	0,10	6,20	4,96		0	-4,96		-2,48	1	16	-0,31	-0,16		
26/3/2015	2	0,00	9,00	7,20		0	-7,20		-3,60	1	16	-0,45	-0,23		
27/3/2015	3	0,30	4,20	3,36		0	-3,36		-1,68	1	16	-0,21	-0,11		
28/3/2015	4	1,19	2,40	1,92		0	-1,92		-0,96	1	16	-0,12	-0,06		
29/3/2015	5	1,85	1,00	0,80		0	-0,80		-0,40	1	16	-0,05	-0,03		
30/3/2015	6	2,85	1,80	1,44		0	-1,44		-0,72	1	16	-0,09	-0,05		
31/3/2015	7	3,16	0,60	0,48		0	-0,48		-0,24	1	16	-0,03	-0,02		
1/4/2015	8	3,57	0,00	0,00		0	0,00		0,00	1	16	0,00	0,00		
2/4/2015	9	4,21	0,00	0,00		0	0,00		0,00	1	16	0,00	0,00		
3/4/2015	10	3,40	0,00	0,00		0	0,00		0,00	1	16	0,00	0,00		
4/4/2015	11	3,74	0,00	0,00		0	0,00		0,00	1	16	0,00	0,00		
5/4/2015	12	1,17	0,00	0,00		0	0,00		0,00	1	16	0,00	0,00		
6/4/2015	13	1,74	6,00	4,80		0	-4,80		-2,40	1	16	-0,30	-0,15		
7/4/2015	14	2,12	2,00	1,60		0	-1,60		-0,80	1	16	-0,10	-0,05		
8/4/2015	15	1,24	10,00	8,00		0	-8,00		-4,00	1	16	-0,50	-0,25		
9/4/2015	16	2,67	1,60	1,28		0	-1,28		-0,64	1	16	-0,08	-0,04		
10/4/2015	17	3,90	0,00	0,00		0	0,00		0,00	1	16	0,00	0,00		
11/4/2015	18	3,39	0,00	0,00		0	0,00		0,00	1	16	0,00	0,00		
12/4/2015	19	3,55	0,00	0,00		0	0,00		0,00	1	16	0,00	0,00		
13/4/2015	20	3,35	0,00	0,00		0	0,00		0,00	1	16	0,00	0,00		

Ημερομηνία	Ημέρες από την σπορά (24/3/2015)	Εξατμισοδιαπνοή αναφοράς ETo (mm)	Βροχή B (mm)	Ωφέλιμη βροχή Pe=0,8*B (mm)	Φυτικός Συντελεστής Kc	Εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας ETc=ETo*Kc (mm)	Δόση άρδευσης (100%) Dn=(ETc-Pe)/EFF (mm)		Δόση άρδευσης (50%) Dn=((ETc-Pe)/EFF)*0,5 (mm)	Σταλάκτες ανά φυτό n=St/Se	Ωριαίο ύψος βροχής Dh=(q*n)/(St*Sr) (mm/h)	Διάρκεια άρδευσης (100%) t= Dn(100%)/Dh (h)	Διάρκεια άρδευσης (50%) t= Dn(50%)/Dh (h)	Διάρκεια άρδευσης (E100) (h)	Διάρκεια άρδευσης (E50) (h)
14/4/2015	21	2,92	1,00	0,80		0	-0,80		-0,40	1	16	-0,05	-0,03		
15/4/2015	22	3,79	0,80	0,64		0	-0,64		-0,32	1	16	-0,04	-0,02		
16/4/2015	23	3,79	0,00	0,00		0	0,00		0,00	1	16	0,00	0,00		
17/4/2015	24	4,88	0,00	0,00		0	0,00		0,00	1	16	0,00	0,00		
18/4/2015	25	5,69	0,00	0,00		0	0,00		0,00	1	16	0,00	0,00		
19/4/2015	26	3,72	0,00	0,00		0	0,00		0,00	1	16	0,00	0,00		
20/4/2015	27	0,95	2,00	1,60		0	-1,60		-0,80	1	16	-0,10	-0,05		
21/4/2015	28	2,75	0,00	0,00		0	0,00		0,00	1	16	0,00	0,00		
22/4/2015	29	3,60	0,00	0,00		0	0,00		0,00	1	16	0,00	0,00		
23/4/2015	30	3,31	0,00	0,00		0	0,00		0,00	1	16	0,00	0,00		
24/4/2015	31	2,49	0,00	0,00	0,10	0,25	0,25		0,12	1	16	0,02	0,01		
25/4/2015	32	2,27	0,80	0,64	0,10	0,23	-0,41		-0,21	1	16	-0,03	-0,01		
26/4/2015	33	3,33	0,20	0,16	0,10	0,33	0,17		0,09	1	16	0,01	0,01		
27/4/2015	34	3,61	0,00	0,00	0,10	0,36	0,36		0,18	1	16	0,02	0,01		
28/4/2015	35	4,68	0,00	0,00	0,10	0,47	0,47		0,23	1	16	0,03	0,01		
29/4/2015	36	4,17	0,00	0,00	0,10	0,42	0,42		0,21	1	16	0,03	0,01		
30/4/2015	37	2,95	0,00	0,00	0,10	0,30	0,30		0,15	1	16	0,02	0,01		
1/5/2015	38	3,82	0,00	0,00	0,10	0,38	0,38	1,55	0,19	1	16	0,02	0,01	0,10	0,05
2/5/2015	39	2,89	0,00	0,00	0,10	0,29	0,29		0,14	1	16	0,02	0,01		
3/5/2015	40	4,12	0,00	0,00	0,10	0,41	0,41		0,21	1	16	0,03	0,01		
4/5/2015	41	4,69	0,00	0,00	0,10	0,47	0,47		0,23	1	16	0,03	0,01		
5/5/2015	42	4,70	0,00	0,00	0,10	0,47	0,47		0,24	1	16	0,03	0,01		

Ημερομηνία	Ημέρες από την σπορά (24/3/2015)	Εξατμισοδιαπνοή αναφοράς ETo (mm)	Βροχή B (mm)	Ωφέλιμη βροχή Pe=0,8*B (mm)	Φυτικός Συντελεστής Kc	Εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας ETc=ETo*Kc (mm)	Δόση άρδευσης (100%) Dn=(ETc-Pe)/EFF (mm)		Δόση άρδευσης (50%) Dn=((ETc-Pe)/EFF)*0,5 (mm)	Σταλάκτες ανά φυτό n=St/Se	Ωριαίο ύψος βροχής Dh=(q*n)/(St*Sr) (mm/h)	Διάρκεια άρδευσης (100%) t= Dn(100%)/Dh (h)	Διάρκεια άρδευσης (50%) t= Dn(50%)/Dh (h)	Διάρκεια άρδευσης (E100) (h)	Διάρκεια άρδευσης (E50) (h)
6/5/2015	43	4,95	0,00	0,00	0,10	0,50	0,50		0,25	1	16	0,03	0,02		
7/5/2015	44	3,78	0,00	0,00	0,10	0,38	0,38		0,19	1	16	0,02	0,01		
8/5/2015	45	4,98	0,00	0,00	0,10	0,50	0,50	2,90	0,25	1	16	0,03	0,02	0,18	0,09
9/5/2015	46	3,27	0,80	0,64	0,10	0,33	-0,31		-0,16	1	16	-0,02	-0,01		
10/5/2015	47	2,97	0,40	0,32	0,10	0,30	-0,02		-0,01	1	16	0,00	0,00		
11/5/2015	48	1,75	1,00	0,80	0,10	0,18	-0,63		-0,31	1	16	-0,04	-0,02		
12/5/2015	49	4,64	0,20	0,16	0,10	0,46	0,30		0,15	1	16	0,02	0,01		
13/5/2015	50	4,15	0,00	0,00	0,10	0,42	0,42		0,21	1	16	0,03	0,01		
14/5/2015	51	4,71	0,00	0,00	0,10	0,47	0,47		0,24	1	16	0,03	0,01		
15/5/2015	52	4,98	0,00	0,00	0,10	0,50	0,50	0,73	0,25	1	16	0,03	0,02	0,05	0,02
16/5/2015	53	4,69	0,00	0,00	0,10	0,47	0,47		0,23	1	16	0,03	0,01		
17/5/2015	54	4,51	0,00	0,00	0,10	0,45	0,45		0,23	1	16	0,03	0,01		
18/5/2015	55	4,64	0,00	0,00	0,10	0,46	0,46		0,23	1	16	0,03	0,01		
19/5/2015	56	3,42	0,00	0,00	0,10	0,34	0,34		0,17	1	16	0,02	0,01		
20/5/2015	57	4,40	0,00	0,00	0,10	0,44	0,44		0,22	1	16	0,03	0,01		
21/5/2015	58	3,62	0,00	0,00	0,10	0,36	0,36		0,18	1	16	0,02	0,01		
22/5/2015	59	2,68	0,00	0,00	0,10	0,27	0,27	3,03	0,13	1	16	0,02	0,01	0,19	0,09
23/5/2015	60	4,87	0,00	0,00	0,10	0,49	0,49		0,24	1	16	0,03	0,02		
24/5/2015	61	4,32	0,00	0,00	0,10	0,43	0,43		0,22	1	16	0,03	0,01		
25/5/2015	62	6,34	0,00	0,00	0,20	1,27	1,27		0,63	1	16	0,08	0,04		
26/5/2015	63	5,11	0,00	0,00	0,20	1,02	1,02		0,51	1	16	0,06	0,03		
27/5/2015	64	1,97	11,40	9,12	0,20	0,39	-8,73		-4,36	1	16	-0,55	-0,27		

Ημερομηνία	Ημέρες από την σπορά (24/3/2015)	Εξατμισοδιαπονή αναφοράς ETo (mm)	Βροχή B (mm)	Ωφέλιμη βροχή Pe=0,8*B (mm)	Φυτικός Συντελεστής Kc	Εξατμισοδιαπονή καλλιέργειας ETc=ETo*Kc (mm)	Δόση άρδευσης (100%) Dn=(ETc-Pe)/EFF (mm)		Δόση άρδευσης (50%) Dn=((ETc-Pe)/EFF)*0,5 (mm)	Σταλάκτες ανά φυτό n=St/Se	Ωριαίο ύψος βροχής Dh=(q*n)/(St*Sr) (mm/h)	Διάρκεια άρδευσης (100%) t= Dn(100%)/Dh (h)	Διάρκεια άρδευσης (50%) t= Dn(50%)/Dh (h)	Διάρκεια άρδευσης (E100) (h)	Διάρκεια άρδευσης (E50) (h)
28/5/2015	65	0,71	0,60	0,48	0,20	0,14	-0,34		-0,17	1	16	-0,02	-0,01		
29/5/2015	66	3,02	0,00	0,00	0,20	0,60	0,60	-5,59	0,30	1	16	0,04	0,02	-0,35	-0,17
30/5/2015	67	3,91	0,00	0,00	0,20	0,78	0,78		0,39	1	16	0,05	0,02		
31/5/2015	68	4,49	0,00	0,00	0,20	0,90	0,90		0,45	1	16	0,06	0,03		
1/6/2015	69	4,59	0,00	0,00	0,20	0,92	0,92		0,46	1	16	0,06	0,03		
2/6/2015	70	5,00	0,00	0,00	0,20	1,00	1,00		0,50	1	16	0,06	0,03		
3/6/2015	71	5,56	0,00	0,00	0,20	1,11	1,11		0,56	1	16	0,07	0,03		
4/6/2015	72	5,29	0,00	0,00	0,20	1,06	1,06		0,53	1	16	0,07	0,03		
5/6/2015	73	5,78	0,00	0,00	0,20	1,16	1,16	6,37	0,58	1	16	0,07	0,04	0,40	0,20
6/6/2015	74	3,51	0,00	0,00	0,20	0,70	0,70		0,35	1	16	0,04	0,02		
7/6/2015	75	0,82	5,00	4,00	0,20	0,16	-3,84		-1,92	1	16	-0,24	-0,12		
8/6/2015	76	1,64	0,00	0,00	0,20	0,33	0,33		0,16	1	16	0,02	0,01		
9/6/2015	77	3,56	0,00	0,00	0,20	0,71	0,71		0,36	1	16	0,04	0,02		
10/6/2015	78	3,95	0,00	0,00	0,20	0,79	0,79		0,40	1	16	0,05	0,02		
11/6/2015	79	4,64	0,00	0,00	0,20	0,93	0,93		0,46	1	16	0,06	0,03		
12/6/2015	80	5,70	0,00	0,00	0,20	1,14	1,14	0,78	0,57	1	16	0,07	0,04	0,05	0,02
13/6/2015	81	5,33	0,00	0,00	0,20	1,07	1,07		0,53	1	16	0,07	0,03		
14/6/2015	82	5,64	0,00	0,00	0,20	1,13	1,13		0,56	1	16	0,07	0,04		
15/6/2015	83	6,10	0,00	0,00	0,20	1,22	1,22		0,61	1	16	0,08	0,04		
16/6/2015	84	5,59	0,00	0,00	0,20	1,12	1,12		0,56	1	16	0,07	0,03		
17/6/2015	85	5,60	0,00	0,00	0,20	1,12	1,12		0,56	1	16	0,07	0,04		
18/6/2015	86	2,11	20,40	16,32	0,20	0,42	-15,90		-7,95	1	16	-0,99	-0,50		

Ημερομηνία	Ημέρες από την σπορά (24/3/2015)	Εξατμισοδιαπνοή αναφοράς ETo (mm)	Βροχή B (mm)	Ωφέλιμη βροχή Pe=0,8*B (mm)	Φυτικός Συντελεστής Kc	Εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας ETc=ETo*Kc (mm)	Δόση άρδευσης (100%) Dn=(ETc-Pe)/EFF (mm)		Δόση άρδευσης (50%) Dn=((ETc-Pe)/EFF)*0,5 (mm)	Σταλάκτες ανά φυτό n=St/Se	Ωριαίο ύψος βροχής Dh=(q*n)/(St*Sr) (mm/h)	Διάρκεια άρδευσης (100%) t= Dn(100%)/Dh (h)	Διάρκεια άρδευσης (50%) t= Dn(50%)/Dh (h)	Διάρκεια άρδευσης (E100) (h)	Διάρκεια άρδευσης (E50) (h)
19/6/2015	87	4,11	2,20	1,76	0,20	0,82	-0,94	-9,11	-0,47	1	16	-0,06	-0,03	-0,57	-0,28
20/6/2015	88	4,81	0,00	0,00	0,20	0,96	0,96		0,48	1	16	0,06	0,03		
21/6/2015	89	2,00	14,20	11,36	0,20	0,40	-10,96		-5,48	1	16	-0,69	-0,34		
22/6/2015	90	4,20	4,00	3,20	0,20	0,84	-2,36		-1,18	1	16	-0,15	-0,07		
23/6/2015	91	4,43	0,00	0,00	0,20	0,89	0,89		0,44	1	16	0,06	0,03		
24/6/2015	92	4,88	0,00	0,00	0,20	0,98	0,98		0,49	1	16	0,06	0,03		
25/6/2015	93	5,25	0,00	0,00	0,40	2,10	2,10		1,05	1	16	0,13	0,07		
26/6/2015	94	6,84	0,00	0,00	0,40	2,74	2,74	-9,33	1,37	1	16	0,17	0,09	-0,58	-0,29

4.5. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΟΥ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν για την συγκεκριμένη έρευνα αφορούσαν μόνο δύο (2) από τις τέσσερις (4) μεταχειρίσεις του συνολικού πειράματος (πλήρης έρευνα) και αυτές ήταν η μεταχείριση που αρδεύτηκε με το 100% των αναγκών σε νερό της καλλιέργειας και εκείνη που δέχτηκε το 50% των αναγκών σε νερό της καλλιέργειας. Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν ήταν στο ύψος των φυτών, στο βάρος χλωρής και ξηρής παραγωγής (βιομάζα) και αναλύσεις ποιοτικών χαρακτηριστικών. Ακολούθησε η στατιστική ανάλυση των δεδομένων για την εξαγωγή αποτελεσμάτων - συμπερασμάτων.

4.5.1. ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ

Για την παρατήρηση του ρυθμού ανάπτυξης στο τσάι του βουνού, έγινε μέτρηση του ύψους των φυτών στις δύο μεταχειρίσεις. Σε κάθε μια επανάληψη, επιλέχθηκαν τυχαία 10 φυτά για δειγματοληψία, στα οποία και μετρήθηκε το ύψος τους.

Το μέσο ύψος κάθε μεταχείρισης προέκυψε από το σύνολο των φυτών και των τριών επαναλήψεων. Πραγματοποιήθηκαν 2 συνολικά μετρήσεις. Η πρώτη έγινε στις 4/6/2015 και η δεύτερη 26/6/2015.

4.5.2. ΧΛΩΡΗ ΚΑΙ ΞΗΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ

Πραγματοποιήθηκαν 2 συγκομιδές. Μετά από κάθε συγκομιδή, ζυγίστηκε σε ζυγαριά ακριβείας το χλωρό βάρος του τσαγιού (Εικ.20).

Στη συνέχεια τα κομμένα φυτά δεματοποιήθηκαν σε δέσμες, και μεταφέρθηκε σε κλειστό θερμοκήπιο. Εκεί παρέμειναν με ανοιχτά τα παράθυρα για 10 μέρες έτσι ώστε να αποξηραθεί (Εικ.21). Μετά από 10 μέρες ζυγίστηκε το ξηρό βάρος πάλι με ζυγαριά ακριβείας.



Εικόνα 2014: Δέσμες τσαγιού για ζύγισμα.



Εικόνα 2115: Δέσμες τσαγιού στο ξηραντήριο του θερμοκηπίου.

4.5.3. ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Η ποσότητα του νερού άρδευσης που εφαρμοζόταν σε κάθε πειραματικό τεμάχιο, σε κάθε μεταχείριση, αλλά και συνολικά, ελεγχόταν μέσω υδρομετρητών. Οι υδρομετρητές ήταν εγκαταστημένοι στο σημείο υδροληψίας του κάθε πειραματικού τεμαχίου δηλαδή στο σημείο όπου συνδεόταν ο αγωγός τροφοδοσίας με τους αγωγούς εφαρμογής όπως έχει προαναφερθεί. Για όλες τις μεταχειρίσεις χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 6 υδρομετρητές νερού. Η καταγραφή των ποσοτήτων νερού που εφαρμόζονταν, γίνονταν πριν και μετά το τέλος κάθε άρδευσης. Επιπλέον, πραγματοποιούνταν σύγκριση της συνολικής ποσότητας νερού που κατέγραφαν οι υδρομετρητές, με την ποσότητα που κατέγραφαν οι κεντρικοί υδρομετρητές στις κεφαλές ελέγχου.

Με τακτικό έλεγχο των υδρομετρητών εξασφαλιζόταν η έγκαιρη διαπίστωση και αποκατάσταση τυχόν δυσλειτουργιών ή αστοχίας του συστήματος. Έτσι, κατέστη δυνατόν ο έλεγχος της ομοιομορφίας εφαρμογής του νερού άρδευσης και των τυχόν αποκλίσεων από την επιθυμητή δόση άρδευσης.

4.5.4. ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ

Το πόσο αποδοτική είναι μια άρδευση εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως από την ποσότητα του νερού που χρησιμοποιήθηκε από την καλλιέργεια, την ποσότητα του αρδευτικού νερού που εφαρμόστηκε στην καλλιέργεια και την ομοιομορφία της άρδευσης. Αυτοί οι παράγοντες επηρεάζουν το κόστος της άρδευσης, το σχεδιασμό της και την παραγωγικότητα της καλλιέργειας. Η αποδοτικότητα της χρήσης του νερού ή αλλιώς WUE (water use efficiency) αποτελεί

την πιο διαδεδομένη παράμετρο βάσει της οποίας μπορεί να αποδοθεί η αποτελεσματικότητα της άρδευσης συναρτήσει της παραγωγής της καλλιέργειας.

Ο Viets (1962) όρισε την αποδοτικότητα χρήσης νερού σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση:

$$WUE = \frac{Y_g}{ET}$$

όπου:

WUE είναι η αποδοτικότητα χρήσης νερού (kg/m³),

Y_g είναι η οικονομική παραγωγή (kg/στρ.) και

ET είναι το συνολικό νερό που χρησιμοποιήθηκε από την καλλιέργεια (m³/στρ.).

Η αποδοτικότητα χρήσης νερού εκφράζεται κυρίως από την οικονομική παραγωγή αλλά έχει επικρατήσει να εκφράζεται ως η παραγωγή σε ξηρή βιομάζα (Bos, 1979; Howell, 2001). Ο Monteith (1993) όρισε την WUE ως:

$$WUE = \frac{Y_g}{W_{total}}$$

όπου:

WUE είναι η αποδοτικότητα χρήσης νερού (kg/m³),

Y_g είναι η παραγωγή ξηρής βιομάζας (kg/στρ.) και

W_{total} είναι η συνολική ποσότητα νερού που εφαρμόστηκε στην καλλιέργεια (άρδευση, βροχόπτωση και συμβολή εδαφικής υγρασίας) (m³/στρ.).

Οι δύο παραπάνω ορισμοί της WUE δεν περιγράφουν πλήρως την επίδραση της άρδευσης στην παραγωγή. Η WUE επηρεάζεται από την ποσότητα νερού που χρησιμοποίησε η καλλιέργεια (ET). Ο Bos (1979) εισήγαγε μια άλλη έκφραση για τον υπολογισμό της WUE, η οποία είναι:

$$WUE = \frac{(Y_{gi} - Y_{gd})}{(ET_i - ET_d)}$$

όπου:

WUE είναι η αποδοτικότητα χρήσης νερού (kg/m³),

Y_{gi} είναι η οικονομική παραγωγή (kg/στρ.) για επίπεδο άρδευσης i,

Y_{gd} είναι η παραγωγή (kg/στρ.) για επίπεδο μηδενικής άρδευσης,

ET_i είναι η εξατμισοδιαπνοή (m³/στρ.) για επίπεδο άρδευσης i και

ET_d είναι η εξατμισοδιαπνοή (m³/στρ.) για επίπεδο μηδενικής άρδευσης.

Συχνά σε ξηρές και ημίξηρες περιοχές, η τιμή του Y_{gd} είναι ίση με 0. Σε τέτοιες περιπτώσεις εφαρμόζεται η WUE της άρδευσης (IWUE). Η IWUE ορίζεται ως:

$$IWUE = \frac{(Y_{gi} - Y_{gd})}{IRR_i}$$

όπου:

IWUE είναι η αποδοτικότητα χρήσης νερού άρδευσης (kg/m³) και

IRR_i είναι η ποσότητα νερού άρδευσης που εφαρμόστηκε (m³/στρ.) για επίπεδο άρδευσης i.

Στην εξίσωση η τιμή της Y_{gd} είναι 0 για άνυδρες περιοχές.

4.5.5. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Οι αναλύσεις των ποιοτικών χαρακτηριστικών πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Αναλύσεων Βιολογικών Υλικών - Φυτικών και Ζωικών ιστών - Νερών - Εδαφών και Αγροχημικών Προϊόντων του Τμήματος Τεχνολόγων Γεωπόνων του ΤΕΙ Λάρισας. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν η παρακάτω.

Ομογενοποιήσαμε (φύλλα, άνθη, στέλεχος μαζί) 3 g δείγματος σε 100 ml βρασμένου απεσταγμένου νερού για 10 min και παραλάβαμε το εκχύλισμα με διήθηση (τα 3 g αντιστοιχούν σε μια δόση και τα 100 ml νερό αντιστοιχούν σε ένα φλιτζάνι, ενώ 10 min είναι ο χρόνος παραμονής του τσαγιού στο βρασμένο νερό).

Οι ολικές Φαινόλες εκφράστηκαν ως ισοδύναμο Γαλλικού οξέος με το αντιδραστήριο Folin και η αντιοξειδωτική ικανότητα εκφράστηκε ως Trolox ισοδύναμο αντιοξειδωτικής ικανότητας (TEAC) με την μέθοδο FRAP.

4.5.6. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Για την πραγματοποίηση της στατιστικής ανάλυσης χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS v.18. Επειδή έπρεπε να γίνει σύγκριση μεταξύ μέσων όρων κάθε φορά (μεταχειρίσεις 100% και 50%) για το χλωρό και ξηρό βάρους καθώς και για το ύψος των φυτών χρησιμοποιήθηκε η λειτουργία ONEWAY ANOVA (statistics descriptives, missing analysis και posthoc=duncan lsd alpha(0.05)) του λογισμικού - στατιστικού πακέτου.

Η παρουσίαση των επεξεργασμένων δεδομένων είναι τόσο ανά ημερομηνία μέτρησης όσο και στο σύνολο των μετρήσεων.

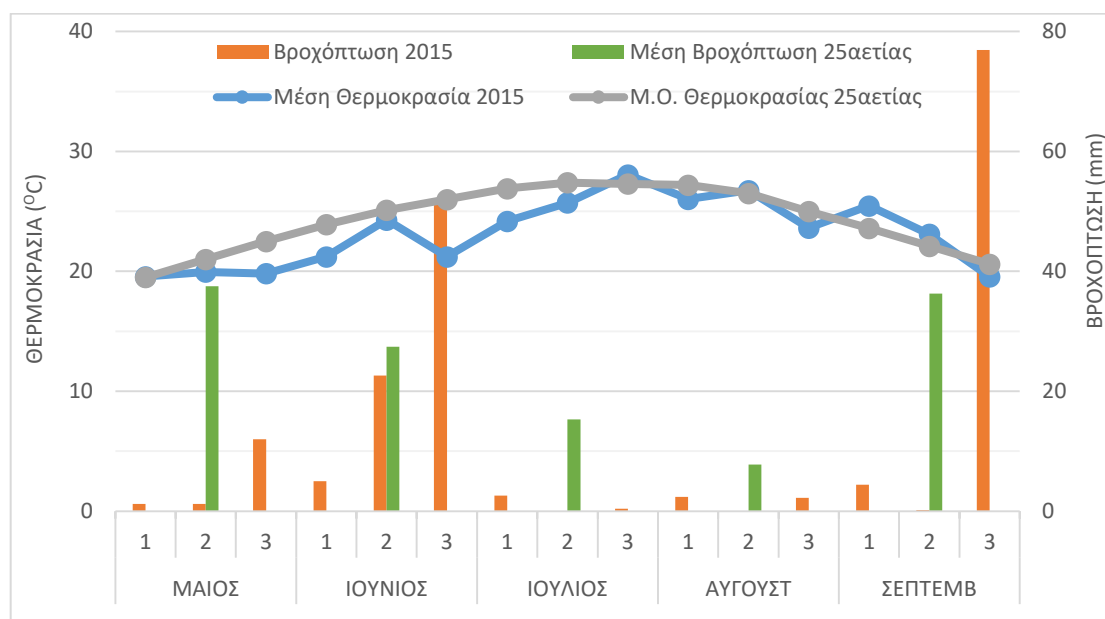
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

5.1. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Στο Διάγραμμα 5.1 παρουσιάζονται η μέση θερμοκρασία και η ωφέλιμη βροχόπτωση κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου του 2015, καθώς και οι μέσες τιμές θερμοκρασίας και βροχόπτωσης της τελευταίας 25αετίας.

Όπως φαίνεται από το διάγραμμα, η βροχόπτωση κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου 2015 δεν κινήθηκε στα γενικότερα πλαίσια της μέσης βροχόπτωσης της 25αετίας. Στο συγκεκριμένο διάγραμμα είναι ευδιάκριτο το γεγονός ότι, κατά το δεύτερο δεκαήμερο του Μαΐου δεν σημειώθηκε βροχόπτωση σε σχέση με τη μέση βροχόπτωση της 25αετίας. Το ίδιο φαινόμενο παρατηρήθηκε και στο δεύτερο δεκαήμερο του Σεπτεμβρίου. Ακριβώς η αντίθετη εικόνα παρατηρήθηκε κατά το τρίτο δεκαήμερο των μηνών Ιουνίου και Σεπτεμβρίου.



Διάγραμμα 5.1: Μέσοι όροι θερμοκρασίας και βροχόπτωσης Μαΐου-Οκτωβρίου 2015 εν συγκρίσει με της τελευταίας 25αετίας, ανά δεκαήμερο.

Όσον αφορά τη θερμοκρασία, υπήρξε μια «αναλογική» κίνηση σε σχέση με τη μέση θερμοκρασία της 25ετίας. Εξάιρεση θα μπορούσε να αποτελέσει το τρίτο δεκαήμερο του Ιουνίου, κατά το οποίο παρατηρήθηκε πτώση της θερμοκρασίας.

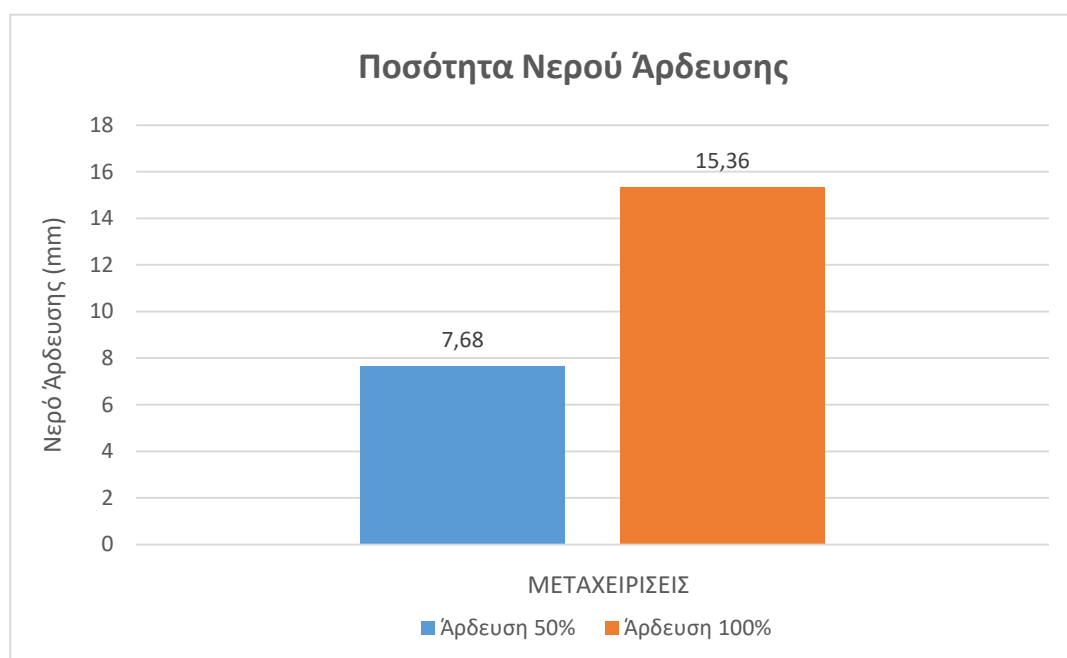
Έως τη συγκομιδή, οι βροχοπτώσεις και οι θερμοκρασίες κινήθηκαν σε ευνοϊκά πλαίσια για την καλλιέργεια. Όμως κατά τη δεύτερη συγκομιδή, η οποία συνέπεσε χρονικά με το τρίτο δεκαήμερο του Ιουνίου, πιθανόν εξαιτίας της αυξημένης βροχόπτωσης και μειωμένης θερμοκρασίας να επηρεάστηκε η ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος.

5.2. ΕΦΑΡΜΟΖΟΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ

Στο Διάγραμμα 5.2 παρουσιάζονται οι συνολικές ποσότητες νερού που εφαρμόστηκαν στην στάγδην άρδευση και στις δύο μεταχειρίσεις όπως αυτές προέκυψαν από τις καταγραφές των υδρομέτρων. Στις ποσότητες αυτές δεν συμπεριλαμβάνεται η ωφέλιμη ή ενεργός βροχόπτωση. Στην μεταχείριση 100% εφαρμόστηκαν συνολικά 15,36 mm νερού μέσω της άρδευσης, ενώ στη μεταχείριση 50% εφαρμόστηκαν 7,68 mm νερού. Παρατηρούμε πως οι ποσότητες αυτές ήταν μικρές εξ' αιτίας του ότι υπήρχαν έντονες βροχοπτώσεις κατά την πρώτη καλλιεργητική περίοδο.

Από τη στατιστική ανάλυση οι μεταχειρίσεις διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Η εξοικονόμηση νερού που επιτυγχάνεται είναι στο 50%.



Διάγραμμα 5.2: Εφαρμοσθείσες ποσότητες νερού στάγδην άρδευσης (mm).

5.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΟΣΟΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

5.3.1. ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ

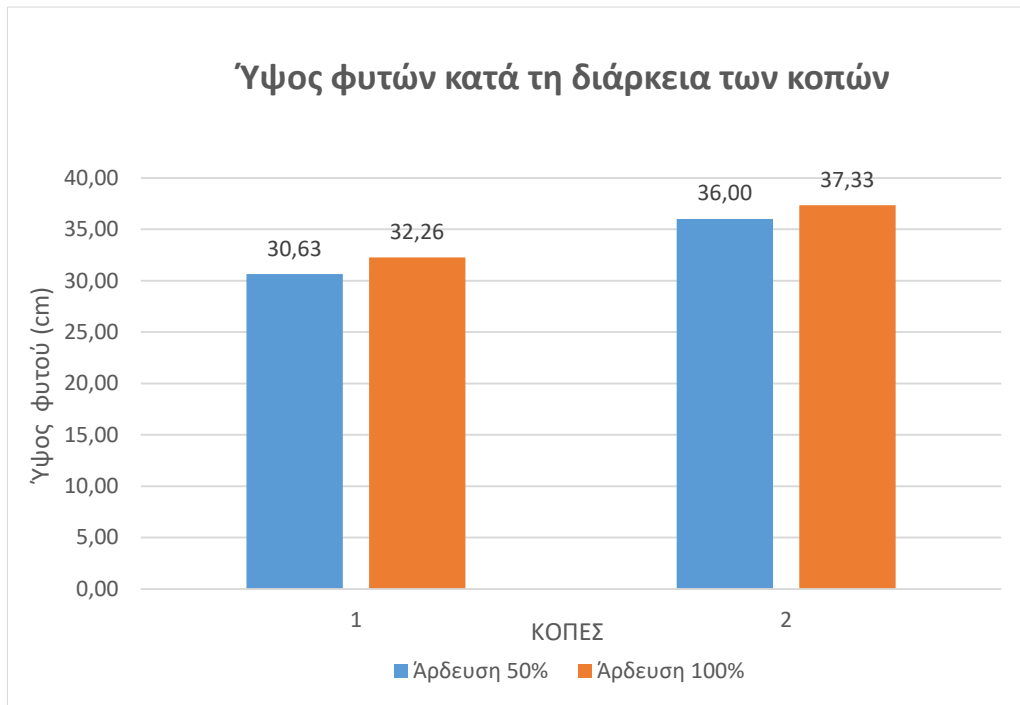
Συνολικά, πραγματοποιήθηκαν δύο κοπές - συγκομιδές για την πραγματοποίηση των μετρήσεων του ύψους των φυτών. Η πρώτη πραγματοποιήθηκε στις 04/06/2015 και η δεύτερη στις 26/06/2015. Όπως φαίνεται από το Διάγραμμα 5.3, το μέσο ύψος των φυτών κατά την πρώτη μέτρηση, στη μεταχείριση όπου η δόση άρδευσης που εφαρμόστηκε κάλυπτε το 50% της εξατμισοδιαπνοής της

καλλιέργειας, έφτασε τα 30,63 cm. Κατά την ίδια μέτρηση, η δεύτερη μεταχείριση στην οποία, η δόση άρδευσης που εφαρμόστηκε κάλυπτε το 100% της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας άγγιξε τα 32,26 cm. Κατά τη δεύτερη μέτρηση, παρατηρήθηκε μεγάλη μεταβολή του μέσου ύψους των φυτών, δηλαδή κατά 6 cm περίπου για τη μεταχείριση 50% και 5 cm περίπου για τη μεταχείριση 100%, σε σχέση με τη πρώτη κοπή. Από τα παραπάνω είναι φανερό ότι, η δεύτερη μεταχείριση (100%) προσφέρει μεγαλύτερη ανάπτυξη στα φυτά, αλλά κατά μέσο όρο το ύψος των φυτών στις δύο κοπές, φαίνεται να διαφέρει ελάχιστα (33,3 cm για την μεταχείριση 50% και 34,8 cm για την 100%) (Διάγραμμα 5.4). Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 5.1) παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων.

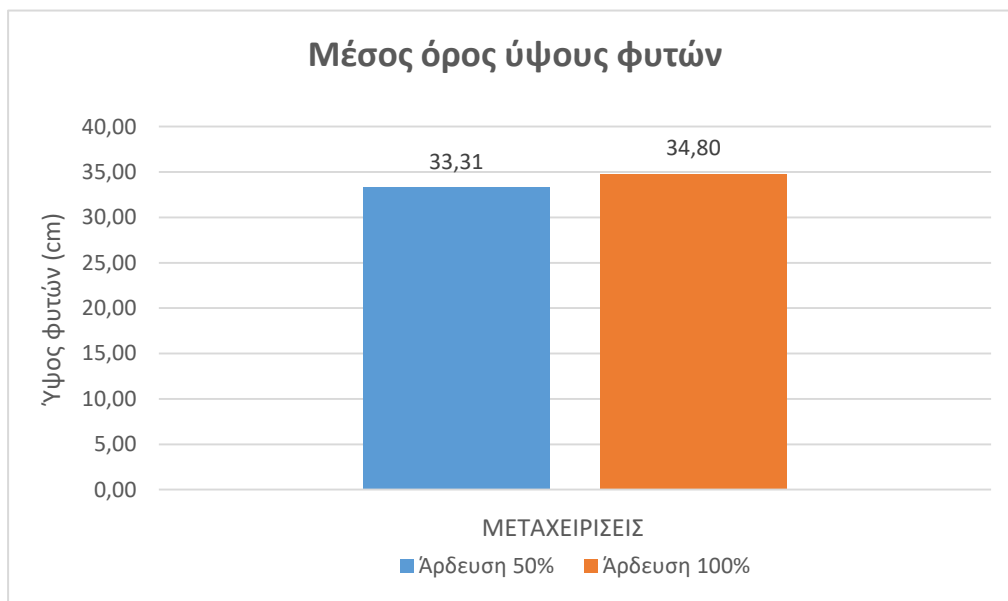
Πίνακας 5.1: Μέσος όρος και Σημαντικότητα του ύψους των φυτών των δύο μεταχειρίσεων ανά ημερομηνία μέτρησης.

Μέσοι όροι επαναληπτικών			
	Μεταχειρίσεις	μετρήσεων (cm)	Σημαντικότητα
1^η μέτρηση			
04/06/2015	50%	30,63	0,169
	100%	32,26	
2^η μέτρηση			
26/06/2015	50%	36,00	0,772
	100%	37,30	

Όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα, οι σημαντικότητες είναι μεγαλύτερες από 0,05 (δείκτης σημαντικότητας), οπότε δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.



Διάγραμμα 5.3: Διακύμανση του ύψους των φυτών ανά συγκομιδή.



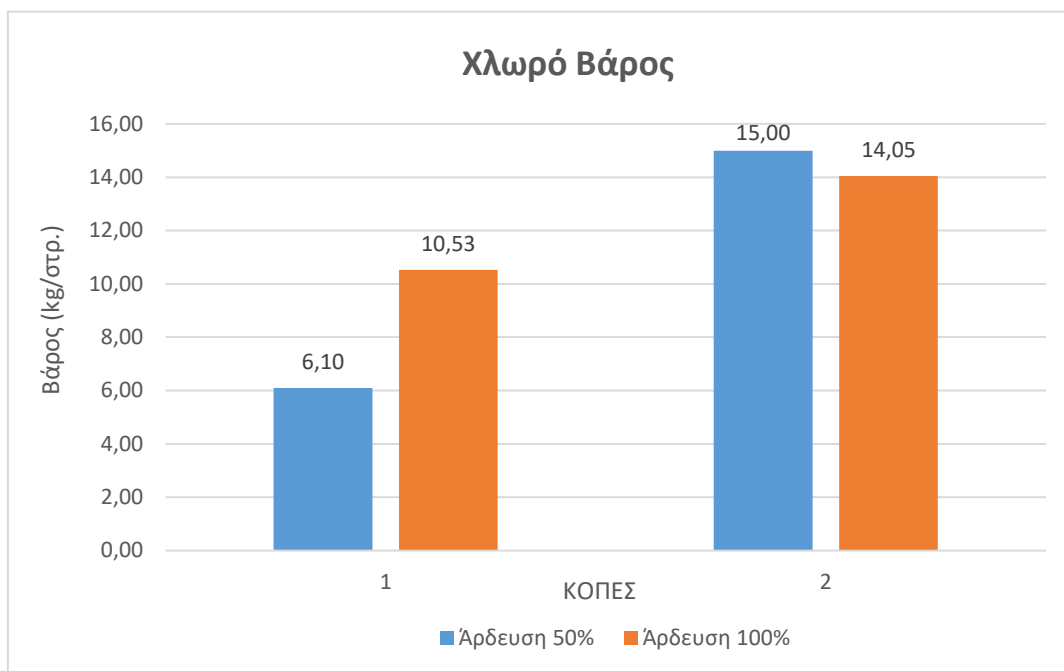
Διάγραμμα 5.4: Μέσος όρος ύψους για κάθε μεταχείριση.

5.3.2. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΧΛΩΡΟΥ ΚΑΙ ΞΗΡΟΥ ΒΑΡΟΥΣ

Για κάθε μεταχείριση πραγματοποιήθηκαν συνολικά δύο κοπές - συγκομιδές, όπου έγιναν από δύο μετρήσεις χλωρού και ξηρού βάρους. Οι μετρήσεις χλωρού βάρους πραγματοποιήθηκαν ταυτόχρονα με τις προαναφερθείσες μετρήσεις ύψους των φυτών, δηλαδή, η πρώτη πραγματοποιήθηκε στις 04/06/2015 και η δεύτερη στις 26/06/2015. Οι μετρήσεις ξηρού βάρους πραγματοποιήθηκαν δέκα (10) ημέρες

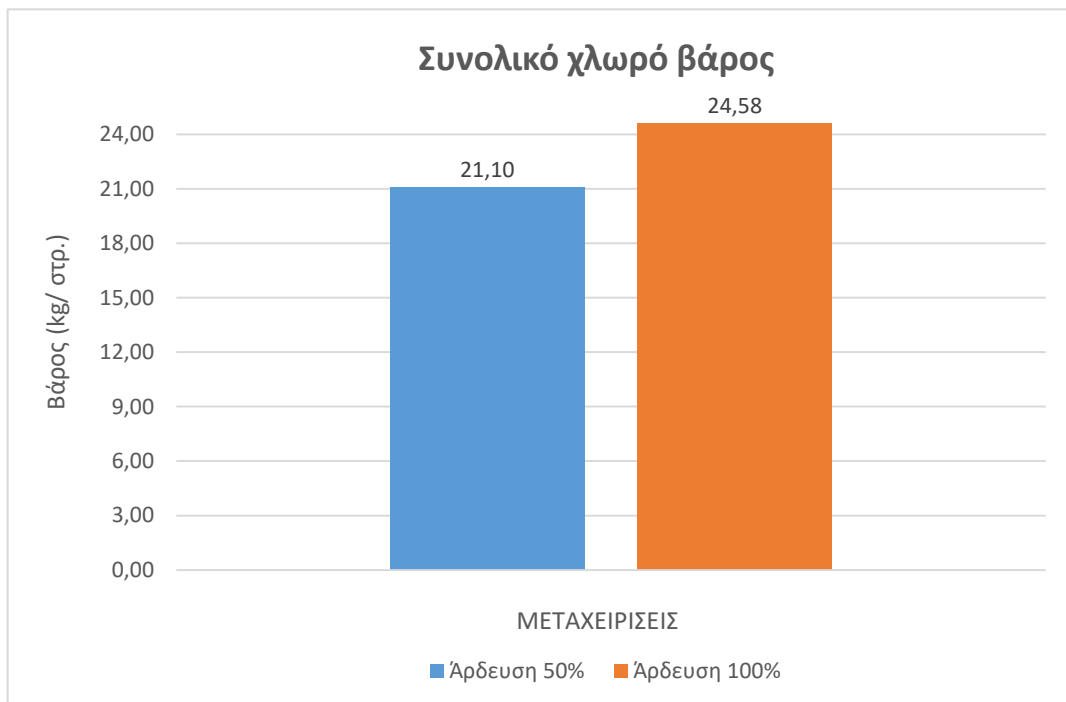
μετά από κάθε κοπή. Όπως φαίνεται από τα διαγράμματα που ακολουθούν (Διάγραμμα 5.5, 5.6 και 5.7), τα αποτελέσματα ως προς την απόδοση ήταν πολύ μικρά (χαμηλή παραγωγή) συγκριτικά με την απόδοση που επιτυγχάνεται από έκταση ενός στρέμματος. Αιτία του γεγονότος αυτού είναι ότι η καλλιέργεια βρισκόταν στο πρώτο έτος (όψιμη σπορά).

Μετά από την καταγραφή των μετρήσεων πραγματοποιήθηκε ο υπολογισμός του βάρους (kg) που αντιστοιχεί στην έκταση ενός στρέμματος.



Διάγραμμα 5.5: Χλωρό βάρος καλλιέργειας ανά συγκομιδή.

Στο Διάγραμμα 5.6 παρουσιάζεται ο μέσος όρος του συνολικού χλωρού βάρους για κάθε μεταχείριση και για τις δύο κοπές. Άξιο αναφοράς θεωρείται το γεγονός ότι η διαφορά του συνολικού χλωρού βάρους είναι αρκετά μικρή, χωρίς να σημειώνεται στατιστικά σημαντική διαφορά. Η μεταχείριση 50% είχε συνολικό βάρος 21,1 kg/στρ. και η μεταχείριση 100%, 24,58 kg/στρ. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί ότι, αυτό που είναι πρωτίστως σημαντικό είναι τα αποτελέσματα του Διαγράμματος 5.6, τα οποία αναφέρονται στο σύνολο των δύο κοπών, καθώς οι όποιες διαφορές προκύπτουν ανάμεσα στις δύο κοπές, οφείλονται κυρίως στην ανομοιόμορφη ανάπτυξη των φυτών εξαιτίας της 1^{ης} καλλιεργητικής περιόδου και της όψιμης φύτευσης. Με απλά λόγια δηλαδή, το γεγονός ότι προέκυψαν δύο κοπές δεν οφείλεται σε διπλή παραγωγή μέσα στην ίδια καλλιεργητική περίοδο, αλλά σε ανομοιόμορφο εγκλιματισμό και ανάπτυξη των φυτών.



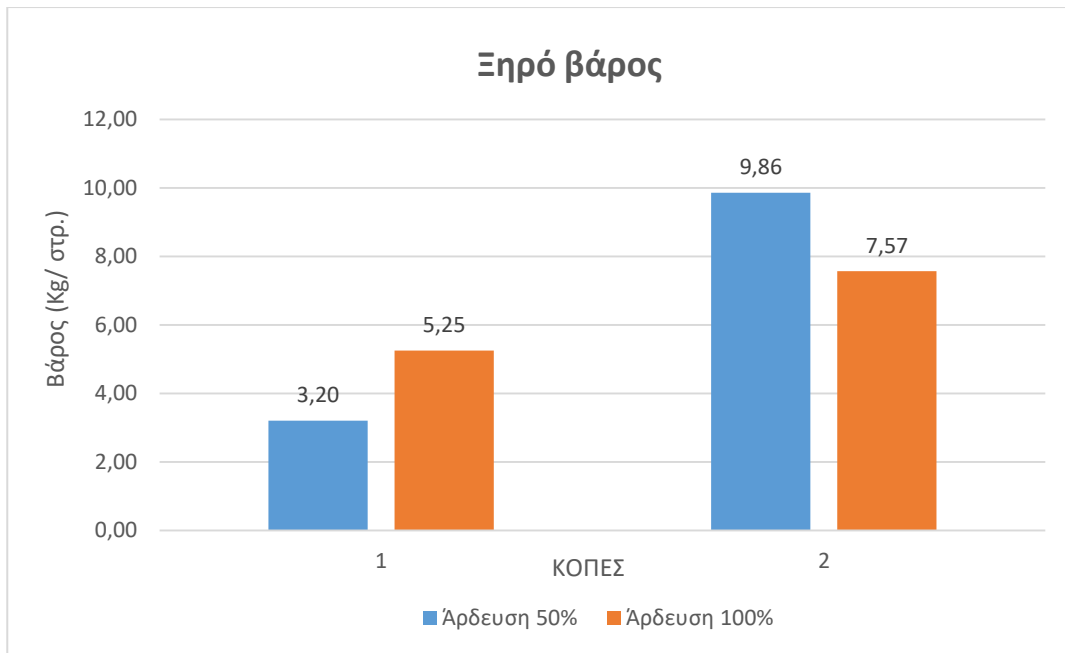
Διάγραμμα 5.6: Συνολικό χλωρό βάρος.

Στα Διαγράμματα 5.7 και 5.8 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων για το ξηρό βάρος, τα οποία υποδεικνύουν ότι και στο συνολικό ξηρό βάρος των δύο μεταχειρίσεων η διαφορά είναι αρκετά μικρή, χωρίς να παρατηρείται στατιστικώς σημαντική διαφορά. Η μεταχείριση του 50% είχε συνολικό βάρος 13,06 kg/στρ. και εκείνου του 100% 12,82 kg/στρ.

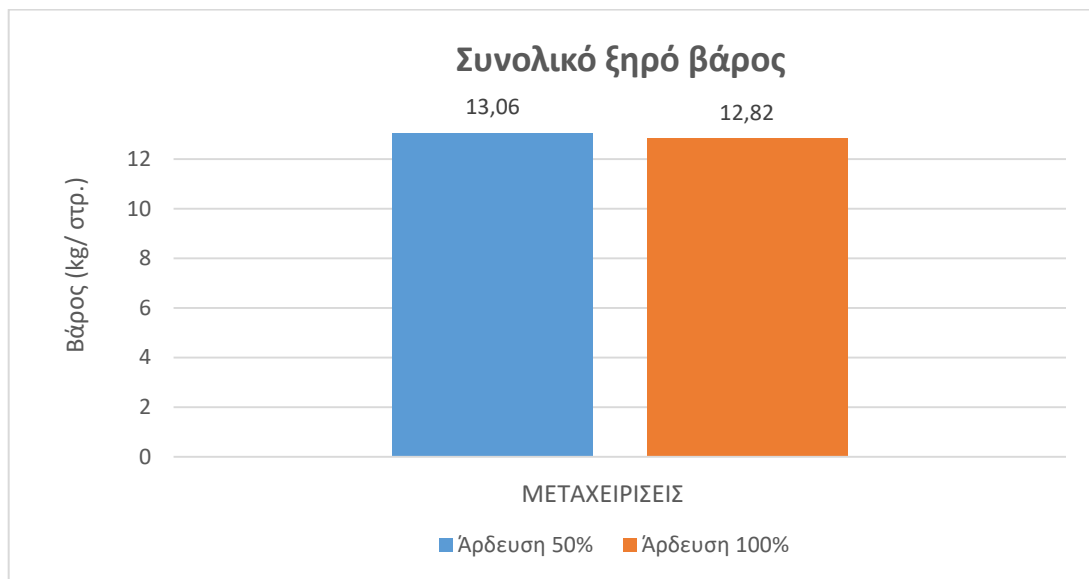
Παρατηρείται ότι, στο συνολικό χλωρό βάρος, η μεταχείριση 100% έχει μεγαλύτερη απόδοση από τη μεταχείριση 50%, μετά την αποξήρανση συμβαίνει το αντίθετο. Δηλαδή η μεταχείριση (50%) έχει μεγαλύτερη απόδοση από την μεταχείριση (100%).

Και πάλι δεν δίνεται βαρύτητα στην σύγκριση των δύο κοπών (Διάγραμμα 5.7) αλλά στο σύνολο της παραγωγής (Διάγραμμα 5.8) για τους ίδιους λόγους όπως και για το χλωρό βάρος.

Η υπεροχή του ξηρού βάρους στην μεταχείριση 50% (Διάγραμμα 5.8) σε αντίθεση με ότι συμβαίνει στο χλωρό βάρος της παραγωγής της καλλιέργειας (Διάγραμμα 5.6) εξηγείται από το πώς επηρεάζει ο παράγοντας νερό την ανάπτυξη και την απόδοση της καλλιέργειας.



Διάγραμμα 5.7: Ξηρό βάρος.



Διάγραμμα 5.8: Συνολικό ξηρό βάρος.

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων:

Πίνακας 5.2: Μέσος όρος και Σημαντικότητα του χλωρού βάρους των φυτών των δύο μεταχειρίσεων ανά ημερομηνία μέτρησης.

Μέσοι όροι επαναληπτικών			
	Μεταχειρίσεις	μετρήσεων (kg/στρ)	Σημαντικότητα
1^η μέτρηση			
04/06/2015	50%	6,10	0,433
	100%	10,53	
2^η μέτρηση			
26/06/2015	50%	15,00	0,839
	100%	14,05	

Πίνακας 5.3: Μέσος όρος και Σημαντικότητα του ξηρού βάρους των φυτών των δύο μεταχειρίσεων ανά ημερομηνία μέτρησης.

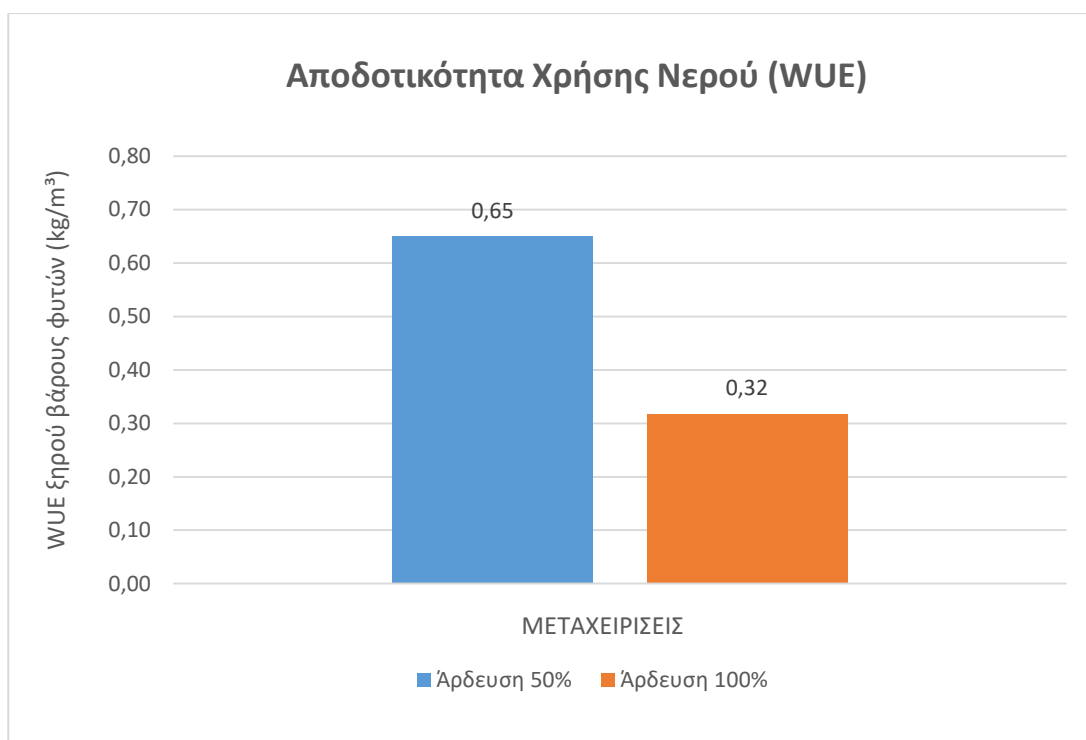
Μέσοι όροι επαναληπτικών			
	Μεταχειρίσεις	μετρήσεων	Σημαντικότητα
1^η μέτρηση			
04/06/2015	50%	3,20	0,445
	100%	5,25	
2^η μέτρηση			
26/06/2015	50%	9,86	0,430
	100%	7,57	

5.3.3. ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που αφορούν την αποδοτικότητα χρήσης νερού της καλλιέργειας στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις βάσει της παραγωγής σε ξηρό βάρος.

Γνωρίζοντας το συνολικό ξηρό βάρος και την συνολική ποσότητα νερού βρίσκουμε την αποδοτικότητα χρήσης νερού.

Από την μελέτη της αποδοτικότητας χρήσης αρδευτικού νερού (WUE) προκύπτει ότι η ελλειμματική άρδευση εφαρμόζει αποδοτικότερα το νερό της άρδευσης (Διάγραμμα 5.9).



Διάγραμμα 5.9: Μέσοι όροι της αποδοτικότητας χρήσης νερού της καλλιέργειας βάσει της παραγωγής σε ξηρό βάρος (kg/m³) στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις.

5.3.4. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

Στον Πίνακα 5.4 παρουσιάζονται αναλυτικά οι ολικές φαινόλες και η αντιοξειδωτική ικανότητα (FRAP) και των τριών επαναλήψεων των δύο μεταχειρίσεων της καλλιέργειας. Παρατηρούμε ότι και στις τρεις επαναλήψεις της μεταχείρισης 50%, τόσο οι ολικές φαινόλες όσο και η αντιοξειδωτική ικανότητα σε σχέση με την μεταχείριση 100 %, είναι αρκετά αυξημένη. Αυτό είναι πολύ ενθαρρυντικό μιας και το συμπέρασμα που προκύπτει είναι πως με την ελλειμματική άρδευση πετυχαίνουμε εκτός από την εξοικονόμηση αρδευτικού νερού, μεγαλύτερη παραγωγή ξηρής βιομάζας προϊόντος αλλά και καλύτερη ποιότητα παραγωγής.

Πίνακας 5.4: Ολικές Φαινόλες και Αντιοξειδωτική Ικανότητα (FRAP) και των τριών επαναλήψεων των δύο μεταχειρίσεων της καλλιέργειας αναλυτικά.

Δείγματα	TP (Ολικές Φαινόλες)	Αντιοξειδωτική Ικανότητα FRAP
	mg (GAE) /3 g ξηρό βάρος	mM (TEAC)
50%	63,43	3,6
50%	65,76	3,6
50%	62,94	3,7
100%	50,54	3,3
100%	51,20	3,3
100%	51,20	3,1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα ακόλουθα συμπεράσματα προέκυψαν από τη μελέτη και σύγκριση των αποτελεσμάτων, για τις δύο μεταχειρίσεις στην πειραματική καλλιέργεια του φυτού «τσάι του βουνού»:

- i. Διαπιστώθηκε ότι, εάν και είθισται να καλλιεργείται από κάποιο υψόμετρο και πάνω, το φυτό «τσάι του βουνού» μπορεί να καλλιεργηθεί εξίσου ικανοποιητικά και σε χαμηλά υψόμετρα (κάμπο) υπό την προϋπόθεση εφαρμογής άρδευσης.
- ii. Το φυτό «τσάι του βουνού» δίνει ικανοποιητική παραγωγή ακόμη και στις περιπτώσεις όψιμης φύτευσης. Αυτό αποδείχτηκε από την παρούσα μελέτη, καθώς η φύτευση έγινε 24/03/2015 (μέσα Άνοιξης), ενώ έπρεπε να γίνει στα μέσα φθινοπώρου όπως συνήθως γίνεται από τους παραγωγούς της περιοχής.
- iii. Η μέθοδος της επιφανειακής στάγδην άρδευσης είναι η πλέον επικρατέστερη μεταξύ των σύγχρονων και των παραδοσιακών μεθόδων άρδευσης για τη μεγιστοποίηση των αποδόσεων. Αυτό οφείλεται στην άμεση διοχέτευση του αρδευτικού νερού απευθείας στην επιφάνεια του φυτού και ακολούθως, στο τμήμα του ενεργού ριζοστρώματος με την ταυτόχρονη διατήρηση ικανοποιητικών τιμών εδαφικής υγρασίας μετά το πέρας της κάθε εφαρμογής και για ικανό χρονικό διάστημα.
- iv. Εξαρχής ήταν αναμενόμενο, η παραγωγή να είναι αρκετά μειωμένη σε σχέση με την μέγιστη απόδοση της καλλιέργειας. Μετά από τις μετρήσεις που συλλέχθηκαν, οι αποδόσεις ήταν περίπου 100 φορές πιο μικρές από τη μέγιστη απόδοση ανά στρέμμα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι, η καλλιέργεια βρισκόταν στην πρώτη της χρονιά και τα φυτά δεν είχαν ακόμη αναπτυχθεί ικανοποιητικά (μέγιστη απόδοση παραγωγής 3^ο με 4^ο έτος καλλιέργειας).
- v. Στις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στην καλλιέργεια για την κάθε μεταχείριση, παρατηρήθηκε διαφορά στα ύψη και στις αποδόσεις μεταξύ των δύο συγκομιδών, εξαιτίας της έλλειψης επαρκούς χρόνου να εγκλιματιστούν και να αναπτυχθούν ομοιόμορφα τα φυτά (1^ο έτος όψιμης φύτευσης).
- vi. Για τον ίδιο λόγο που αναφέρθηκε παραπάνω, δηλαδή για την μη ομοιόμορφη ανάπτυξη των φυτών, πραγματοποιήθηκαν δύο κοπές. Το σύνολο της παραγωγής των δύο κοπών για την κάθε μεταχείριση, καθώς και το μέσο ύψος των δύο κοπών για κάθε μεταχείριση είναι αυτό που ενδιαφέρει και μελετήθηκε τελικά για να διατυπωθούν καλύτερα και πιο ξεκάθαρα αποτελέσματα.
- vii. Οι βροχοπτώσεις και οι θερμοκρασίες μέχρι την πρώτη συγκομιδή κινήθηκαν σε ευνοϊκά πλαίσια για την καλλιέργεια. Κατά τη δεύτερη συγκομιδή όμως,

- (3^ο δεκαήμερο Ιουνίου) πιθανόν να επηρέασαν την ποιότητα του τσαγιού, αλλά όπως αποδείχτηκε από τις ποιοτικές αναλύσεις μόνο αισθητικά, εξαιτίας της αυξημένης βροχόπτωσης και μειωμένης θερμοκρασίας.
- viii. Όσον αφορά τα χαρακτηριστικά ανάπτυξης της καλλιέργειας, από την διακύμανση των μετρήσεων και μέσω της στατιστικής ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε, στο ύψος των φυτών η σημαντικότητα για τις δύο μετρήσεις είναι 0,169 και 0,772. Αυτό σημαίνει ότι, τα ύψη και των δύο μεταχειρίσεων δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ του και στις δύο μετρήσεις.
- ix. Όσον αφορά τα παραγωγικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας, από την διακύμανση των μετρήσεων και μέσω της στατιστικής ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε, τόσο για το χλωρό όσο και για το ξηρό βάρος της παραγωγής, δεν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές.
- x. Στα ποιοτικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας που μελετήθηκαν, οι ολικές φαινόλες και η αντιοξειδωτική ικανότητα (FRAP) και στις τρεις επαναλήψεις των δύο μεταχειρίσεων, παρατηρήθηκε ότι στη μεταχείριση 50%, τόσο οι ολικές φαινόλες όσο και η αντιοξειδωτική ικανότητα σε σχέση με την μεταχείριση 100 %, είναι αρκετά αυξημένη.
- xi. Το τελικό συμπέρασμα της συγκεκριμένης μελέτης για την 1^η καλλιεργητική περίοδο είναι ότι, η ελλειμματική άρδευση (μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων) είναι εξίσου ικανοποιητική, καθώς έδωσε ικανοποιητικές αποδόσεις και παράλληλα επετεύχθη μεγάλη εξοικονόμηση αρδευτικού νερού. Το συμπέρασμα αυτό στηρίζεται στους μέσους όρους των μετρήσεων τόσο στα παραγωγικά όσο και στα αναπτυξιακά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας ήταν καλύτερα στη μεταχείριση 50%.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΔΙΕΘΝΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ali, M.H., 2010. Fundamentals of Irrigation and On-farm Water Management: Volume 1. Springer New York, New York, NY.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop Evapotranspiration - Guidelines for Computing Crop Water Requirements - FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Irrigation and Drainage 300, 300.
- Azaz AD, Kurkcuoglu M, Satil F, et al. (2005). In vitro antimicrobial activity and chemical composition of some Satureja essential oils. Flavour Frag J 20:587–91.
- Bos, M.G. 1979. Standards for Irrigation Efficiencies of ICID. J. Irrig. Drain. Div., 105:37-43.
- Bos, M.G. and Nugteren, J. 1990. On irrigation efficiencies. 4th edition [1st edition 1974]. Wageningen: International Institute for Land Reclamation and Improvement. ILRI Publication 19.
- Brouwer, C., Goffeau, A., Heibloem, M., 1985. Irrigation Water Management: Introduction to Irrigation. Training Manual No.1, Training M. ed. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Chartzoulakis, K., Bertaki, M., 2015. Sustainable Water Management in Agriculture under Climate Change. Agriculture and Agricultural Science Procedia 4, 88–98.
- Decroix, M. and Malaval, A. 1985. Laboratory evaluation of trickle irrigation equipment for field system design. Proceedings of the third International Drip/Trickle Irrigation Congress, Volume I, California, USA. pp. 325-338.
- Demo A., C. Petrakis, P. Kefalas, and Dimitrios Boskou. 1998. Nutrient antioxidants in some herbs and Mediterranean plant leaves. Food Research International, Vol. 31, No. 5, pp. 351-354.
- Doorenbos, J. and Pruitt, W.O. (1977) Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 24, FAO, Rome, 144 p.

- EC, 2012. A Blueprint to Safeguard Europe's Water Resources. Communication from the Commission to the Council and the European Parliament.
- EC, 2007. Addressing the Challenge of Water Scarcity and Droughts in the European Union. Communication from the Commission to the Council and the European Parliament.
- EC, 2000. Water Framework Directive-Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 Establishing a Framework for Community Action in the Field of Water Policy.
- English, M. 1990. Deficit irrigation. I. Analytical framework. J. Irrig. Drain E. ASCE, 116:399-412.
- Ezer N., R. Vila, S. Canigueral and T. Adzet. 1996. Essential oil composition of four Turkish species of *Sideritis*. *Phytochemistry* , Vol. 41, No 1 pp. 203-205.
- FAO, 2011. The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture (SOLAW)-Managing Systems at Risk. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and Earthscan, London.
- Fereres, E., Evans, R.G., 2006. Irrigation of Fruit Trees and Vines: An Introduction. *Irrigation Science* 24, 55–57.
- Flocq, Voyadjis, Iconomou. 1981. Etude chimique de *Sideritis scardica*. University of Thessaloniki.
- Francisco A., B. Tomas, M. Rejdali, J. Harborne, and V. Heywood. 1988. External and vacuolar flavonoids from Ibero-north African *Sideritis* species. A chemosystematic approach. *Phytochemistry* . Vol. 27, No. 1. pp. 165-170.
- Gabrieli C., E. Kokkalou. 1990. A Glucosylated Acylflavone from *Sideritis raeseri*. *Phytochemistry* , Vol. 29, No. 2 pp. 681-683.
- Galati E., M. Germano, A. Rossito, O. Tzakou, H. Skaltsa, and V. Roussis .1996. Essential Oil of *Sideritis raeseri* Boiss. Et Heldr. ssp. *raeseri* J.Essent. Oil Res., 8, 303-304 .
- Gonzalez-Burgos E., Carretero M.E., Gomez-Serranillos M.P.,2011. *Sideritis* spp.: Uses, chemical composition and pharmacological activities A Review, *Journal of Ethnopharmacology*, 135,209–225.
- Guenther E., 1948. The essential oils. Lancaster Press., New York.

- Halevy, I., Boas, M., Zohar, Y., Shani, M. and Dan, H. 1972. Trickle Irrigation. In: Trickle Irrigation. European Commission on Agriculture Working Party on Water Resources and Irrigation. Bucharest, Romania, 1972. FAO, Rome, Irrigation and Drainage Paper No. 14.
- Howell, T.A. 2001. Enhancing Water Use Efficiency in Irrigated Agriculture. *Agronomy Journal*, 93:281-289.
- ICID/FAO, 1995. Irrigation Scheduling: From Theory to Practice : Proceedings of the ICID/FAO Workshop on Irrigation Scheduling, Rome, Italy, 12-13 September 1995. Rome.
- Jacobson, M. 1989. Botanical insecticides: Past, present and future. In: Insecticides of plant origin. Arnason, J.T., Philogene, B.J.R. and Morand, P. (ed.). *Am. Chem. Soc. Symp. Ser.*, 387: 1-10.
- Ji, R., Qi, L., Huo, Z., 2012. Design of Fuzzy Control Algorithm for Precious Irrigation System in Greenhouse, in: Li, D., Chen, Y. (Eds.), CCTA 2011, Part III, IFIP AICT 370. IFIP International Federation for Information Processing, pp. 278–283.
- Koedam A. 1986. Volatile Oil Composition of Greek Mountain Tea *Sideritis* spp. *J. Sci. Food Agric.*, 36, 681-684.
- Laer U., K Glombitza, and M. Neugebauer. 1996. The Essential Oil of *Sideritis syriaca*. *Planta Med.* 62.
- Mateo C., J. Calderon, and J. Sanz. 1988. Essential oils of some *Sideritis* species from central and southern Spain. *Phytochemistry*, Vol. 27, No. 1. pp. 151-153.
- Monteith, J.L. 1993. The exchange of water and carbon by crops in a Mediterranean climate. *Irrigation Science*, 14:85-91.
- Mudgal, S., Tan, A., Lockwood, S., Eisenmenger, N., Fischer-Kowalski, M., Giljum, S., Brûcker, M., 2012. Assessment of Resource Efficiency Indicators and Targets. Final Report Prepared for the European Commission, DG Environment. Paris.
- Nemeth E., 2005. Essential oil composition of species in the genus *Achillea*. *J. Essent. Oil Res.* 17(5):501-512.
- Ruiz-Sanchez, M.C., Domingo-Miguel, R., Castel-Sanchez, J.R., 2010. Review.

- Deficit Irrigation in Fruit Trees and Vines in Spain. Spanish Journal of Agricultural Research 8, 5–20.
- Sadler, E.J., Evans, R.G., Stone, K.C., Camp, C.R., 2005. Opportunities for Conservation with Precision Irrigation. Journal of Soil and Water Conservation 60, 371–378.
 - Smith, R.J., Baillie, J.N., McCarthy, A.C., Raine, S.R., Baillie, C.P., 2010. Review of Precision Irrigation Technologies and Their Application. NCEA Publication 1003017.
 - Taiz L. and Zeiger E., 1998. Plant Physiology. 2nd Edition, Sinauer Associates Publishers, Sunderland, Massachusetts.
 - UNEP, 2006. UNEP Annual Report.
 - Venturela P., A. Bellino, and M. L. Marino. 1983. Ucriol, an epoxy-diterpene from *Sideritis syriaca*. Phytochemistry . Vol. 22, No. 2, pp. 600-601.
 - Viets, F.G. 1962. Fertilizers and the Efficient Use of Water. Advances in Agronomy, 14:223-264.
 - Villar A., A. Navarro, M. C. Zafra-Polo, and J. L Rios. 1984. Constituents of the essential oil of *sideritis mugronensis* Piantes medicinales et phytotherapie, Tome XVIII, p.150-153.
 - Villar a., J. Esplugues, and M. J. Alcaraz. 1990. Isolation of an Antiflammatory Compound from *Sideritis mugronensis*. Planta Medica 39.
 - Yadegarinia D., Gachkar L., Rezaei M.B., Taghizadeh M., Astaneh S.A., Rasool, I., 2006. Biochemical activities of Iranian *Mentha piperita* L. and *Myrtus communis* L. essential oils, Phytochemistry, 67(12):1249-1255.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ανάσης Ε., 1976. Τα φαρμακευτικά βότανα της Ελλάδας: ονομασία, ιστορία, βοτανικοί χαρακτήρες, χρησιμότητες, φαρμακευτικές ιδιότητες, καλλιέργεια. Μακρής.
- Βουρλιώτη-Αράπη Φ., 2010. Μελέτη των αιθέριων ελαίων του γένους *Juniperus* της ελληνικής χλωρίδας: χημική σύσταση και βιοδραστικότητα. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- Γαρδέλη Χ., 2009. Μελέτη της Χημικής Σύστασης Αιθέριων Ελαίων ορισμένων Αρωματικών Φυτών της Ελληνικής Χλωρίδας. Διδακτορική Διατριβή. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- Γεννάδιος Π., 1959. Λεξικόν Φυτολογικόν, Γκιούρδα.
- Γκόλιαρης Α. 1984. Το Τσάι του βουνού, από αυτοφυές τώρα στην καλλιέργεια. Υπουργείο Γεωργίας " Τα Αγροτικά" Τεύχος 16 : 29-31.
- Δόρδας Χ., 2009. Συμπληρωματικές Σημειώσεις για το μάθημα των Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών. Γεωπονική Σχολή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- Θανασούλια Β., Σιατής Ν., 2008. Περί βοτάνων: πλήρης οδηγός βοτάνων, μορφολογία, ιδιότητες, τρόποι χρήσης. Αγγελάκη.
- Κατσιώτης Σ.Θ. και Χατζοπούλου Σ.Π., 2010. Αρωματικά και Φαρμακευτικά Φυτά και Αιθέρια Έλαια. Εκδοτικός οίκος: Αδερφών Κυριακίδη Α.Ε., Θεσσαλονίκη.
- MarketAgri. 2003 Αρωματικά και Φαρμακευτικά φυτά. Δυνατότητες επενδύσεως στην Ελλάδα. Εκδόσεις Γεωργική Τεχνολογία Νο. 2/2003.
- Μαλούπα, Ε., Γρηγοριάδου, Κ., Λάζαρη, Δ. και Κρίγκας Ν., 2013. Καλλιέργεια, μεταποίηση και διασφάλιση ποιότητας των Ελληνικών αρωματικών – φαρμακευτικών φυτών: Βασικές αρχές, καθετοποιημένης παραγωγής, Γεωτεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας – Παράρτημα Ανατολικής Μακεδονίας.
- Μαρκαντωνάτος Γ. 1990. Επεξεργασία και διάθεση υγρών αποβλήτων. Εκδόσεις Γαρταγάνης.
- Μήτσιος, Ι., Τούλιος Μ., Χαρούλης Α., Γάτσιος Φ. και Φλωράς Σ., 2000. Εδαφολογική μελέτη και εδαφολογικός Χάρτης του αγροκτήματος του

Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή του Βελεστίνου. Εκδόσεις Ζημέ, Αθήνα.

- Οικονόμου Ν., 2016. Ευφυής έλεγχος με ασαφή λογική για τον αυτοματισμό ενός συστήματος άρδευσης. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.
- Σκρουμπής, Β. 1998. Αρωματικά, Φαρμακευτικά και Μελισσοτροφικά Φυτά της Ελλάδος. Εκδόσεις Αγρότυπος, Αθήνα.
- Σωτηροπούλου Δ.Ε., 2008. Μελέτη ανάπτυξης αποδόσεων και τεχνολογικών χαρακτηριστικών ρίγανης (*Origanum heracleoticum* = *O. Vulgare* ssp *hirtum*) σε διαφορετικά επίπεδα αζώτου. Διδακτορική Διατριβή, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- Παπαζαφειρίου Ζ. Γ., 1984. Αρχές και πρακτική των αρδεύσεων. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη Μ., 2003. Σημειώσεις αρδεύσεων. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος.
- Τερζίδης Γ.Α. και Παπαζαφειρίου Ζ.Γ., 1997. Γεωργική υδραυλική. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

ONEWAY IPSOS BY METAXEIRISI

Oneway

Descriptives

IPSOS

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
50	3	29,9667	1,18462	,68394	27,0239	32,9094
75	3	28,1333	2,75741	1,59199	21,2835	34,9831
100	3	32,2667	,85049	,49103	30,1539	34,3794
Total	9	30,1222	2,37686	,79229	28,2952	31,9492

Descriptives

IPSOS

	Minimum	Maximum
50	28,60	30,70
75	25,50	31,00
100	31,30	32,90
Total	25,50	32,90

ANOVA

IPSOS

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	25,736	2	12,868	3,967	,080
Within Groups	19,460	6	3,243		
Total	45,196	8			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: IPSOS

	(I) METAXEIRISI	(J) METAXEIRISI	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
LSD	50	75	1,83333	1,47045	,259
		100	-2,30000	1,47045	,169
	75	50	-1,83333	1,47045	,259
		100	-4,13333*	1,47045	,031
	100	50	2,30000	1,47045	,169
		75	4,13333*	1,47045	,031

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

IPSOS

	METAXEIRISI	N	Subset for alpha = 0.05	
			1	2
Duncan ^a	75	3	28,1333	
	50	3	29,9667	29,9667
	100	3		32,2667
	Sig.		,259	,169

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

ONEWAY IPSOS_2_KOPI BY METAXEIRISI

Oneway

Descriptives

IPSOS_2_KOPI

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
50	3	36,0000	3,40441	1,96554	27,5430	44,4570
75	3	37,7333	5,66157	3,26871	23,6692	51,7974
100	3	37,3333	6,61539	3,81939	20,8998	53,7669
Total	9	37,0222	4,74019	1,58006	33,3786	40,6659

Descriptives

IPSOS_2_KOPI

	Minimum	Maximum
50	32,30	39,00
75	31,20	41,20
100	31,90	44,70
Total	31,20	44,70

ANOVA

IPSOS_2_KOPI

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4,942	2	2,471	,085	,920
Within Groups	174,813	6	29,136		
Total	179,756	8			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable:IPSOS_2_KOPI

	(I) METAXEIRISI	(J) METAXEIRISI	Mean	Std. Error	Sig.
			Difference (I-J)		
LSD	50	75	-1,73333	4,40723	,708
		100	-1,33333	4,40723	,772
	75	50	1,73333	4,40723	,708
		100	,40000	4,40723	,931
	100	50	1,33333	4,40723	,772
		75	-,40000	4,40723	,931

Homogeneous Subsets

IPSOS_2_KOPI

METAXEIRISI		N	Subset for alpha = 0.05
			1
Duncan ^a	50	3	36,0000
	100	3	37,3333
	75	3	37,7333
	Sig.		,716

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

ONEWAY APODOSI_XLORO_1 BY METAXEIRISI

Oneway

Descriptives

APODOSI_XLORO_1

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
50	3	91,6667	45,36886	26,19372	-21,0358	204,3692
75	3	41,1000	17,41637	10,05535	-2,1647	84,3647
100	3	158,3333	161,06624	92,99164	-241,7774	558,4441
Total	9	97,0333	98,33176	32,77725	21,4489	172,6178

Descriptives

APODOSI_XLORO_1

	Minimum	Maximum
50	40,00	125,00
75	21,50	54,80
100	33,00	340,00
Total	21,50	340,00

ANOVA

APODOSI_XLORO_1

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	20745,087	2	10372,543	1,099	,392
Within Groups	56607,993	6	9434,666		
Total	77353,080	8			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable:APODOSI_XLORO_1

	(I) METAXEIRISI	(J) METAXEIRISI	Mean	Std. Error	Sig.
			Difference (I-J)		
LSD	50	75	50,56667	79,30811	,547
		100	-66,66667	79,30811	,433
	75	50	-50,56667	79,30811	,547
		100	-117,23333	79,30811	,190
	100	50	66,66667	79,30811	,433
		75	117,23333	79,30811	,190

Homogeneous Subsets

APODOSI_XLORO_1

METAXEIRISI		N	Subset for alpha = 0.05
			1
Duncan ^a	75	3	41,1000
	50	3	91,6667
	100	3	158,3333
	Sig.		,203

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

ONEWAY APODOSI_XLORO_2 BY METAXEIRISI

Oneway

ANOVA

APODOSI_XLORO_2

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5680,727	2	2840,363	,422	,674
Within Groups	40402,133	6	6733,689		
Total	46082,860	8			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: APODOSI_XLORO_2

	(I) METAXEIRISI	(J) METAXEIRISI	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
LSD	50	75	-44,73333	67,00094	,529
		100	14,23333	67,00094	,839
	75	50	44,73333	67,00094	,529
		100	58,96667	67,00094	,413
	100	50	-14,23333	67,00094	,839
		75	-58,96667	67,00094	,413

Homogeneous Subsets

APODOSI_XLORO_2

METAXEIRISI		N	Subset for alpha = 0.05
			1
Duncan ^a	100	3	211,5000
	50	3	225,7333
	75	3	270,4667
	Sig.		,427

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

ONEWAY APODOSI_KSIRO_1 BY METAXEIRISI

Oneway

Descriptives

APODOSI_KSIRO_1

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
50	3	48,8333	24,71282	14,26795	-12,5567	110,2234
75	3	24,2333	9,72951	5,61733	,0639	48,4028
100	3	80,0333	76,45746	44,14274	-109,8975	269,9642
Total	9	51,0333	47,16262	15,72087	14,7809	87,2857

Descriptives

APODOSI_KSIRO_1

	Minimum	Maximum
50	21,00	68,20
75	13,00	30,00
100	20,30	166,20
Total	13,00	166,20

ANOVA

APODOSI_KSIRO_1

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4692,240	2	2346,120	1,074	,399
Within Groups	13102,260	6	2183,710		
Total	17794,500	8			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable:APODOSI_KSIRO_1

	(I) METAXEIRISI	(J) METAXEIRISI	Mean	Std. Error	Sig.
			Difference (I-J)		
LSD	50	75	24,60000	38,15503	,543
		100	-31,20000	38,15503	,445
	75	50	-24,60000	38,15503	,543
		100	-55,80000	38,15503	,194
	100	50	31,20000	38,15503	,445
		75	55,80000	38,15503	,194

Homogeneous Subsets

APODOSI_KSIRO_1

METAXEIRISI		N	Subset for alpha = 0.05
			1
Duncan ^a	75	3	24,2333
	50	3	48,8333
	100	3	80,0333
	Sig.		,207

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

ONEWAY APODOSI_KSIRO_2 BY METAXEIRISI

Oneway

Descriptives

APODOSI_KSIRO_2

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
50	3	148,0000	15,09967	8,71780	110,4903	185,5097
75	3	150,6667	53,16327	30,69383	18,6018	282,7316
100	3	113,6667	66,07824	38,15029	-50,4808	277,8141
Total	9	137,4444	46,63183	15,54394	101,6000	173,2888

Descriptives

APODOSI_KSIRO_2

	Minimum	Maximum
50	132,00	162,00
75	103,00	208,00
100	38,00	160,00
Total	38,00	208,00

ANOVA

APODOSI_KSIRO_2

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2554,889	2	1277,444	,516	,621
Within Groups	14841,333	6	2473,556		
Total	17396,222	8			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable:APODOSI_KSIRO_2

	(I) METAXEIRISI	(J) METAXEIRISI	Mean	Std. Error	Sig.
			Difference (I-J)		
LSD	50	75	-2,66667	40,60834	,950
		100	34,33333	40,60834	,430
	75	50	2,66667	40,60834	,950
		100	37,00000	40,60834	,397
	100	50	-34,33333	40,60834	,430
		75	-37,00000	40,60834	,397

Homogeneous Subsets

APODOSI_KSIRO_2

METAXEIRISI		N	Subset for alpha = 0.05
			1
Duncan ^a	100	3	113,6667
	50	3	148,0000
	75	3	150,6667
	Sig.		,411

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.