



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και  
Αγροτικού Περιβάλλοντος**

## **Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής**

### **Πτυχιακή Εργασία**

**<<Επίδραση του ποσοστού υδατοκατανάλωσης στα  
αναπτυξιακά χαρακτηριστικά αρωματικού φυτού>>  
(2<sup>η</sup> καλλιεργητική περίοδος)**



**ΓΕΩΡΓΙΟΣ Κ. ΚΑΛΟΓΗΡΟΥ**

**ΒΟΛΟΣ 2018**

**Αφιερώνεται  
στους γονείς μου  
και στον αδερφό μου**

**<<Επίδραση του ποσοστού υδατοκατανάλωσης στα  
αναπτυξιακά χαρακτηριστικά αρωματικού φυτού>>  
(2<sup>η</sup> καλλιεργητική περίοδος)**

**<<Effect of the water consumption on the growing  
characteristics of an aromatic plant>>  
(2<sup>nd</sup> Growing Period)**

**Αρωματικό Φυτό Πειράματος:  
Τσάι του βουνού (*Sideritis raeseri*)**

**ΜΕΛΗ ΤΗΣ ΤΡΙΜΕΛΟΥΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ  
ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ**

- **ΜΑΡΙΑ ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ-ΜΑΚΡΑΝΤΩΝΑΚΗ, ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ**  
(Αρδεύσεις-Στραγγίσεις-Υδραυλική, Καθηγήτρια Π.Θ.)
- **ΧΡΗΣΤΟΣ ΛΥΚΑΣ** (Ανθοκομία, Επίκουρος Καθηγητής Π.Θ.)
- **ΧΡΗΣΤΟΣ ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ** (Αρδεύσεις, Διδάσκων Π.Δ. 407/80)

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η πτυχιακή αυτή εργασία αποτελεί την κορύφωση των σπουδών μου στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, στην Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, στο Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, και αποτελεί εργασία έρευνας και καταγραφής. Η μελέτη πεδίου πραγματοποιήθηκε το 2016 στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, που βρίσκεται την περιοχή του Βελεστίνου, ενώ η επεξεργασία των αποτελεσμάτων και η τελική συγγραφή της εργασίας πραγματοποιήθηκε τον Φεβρουάριο του 2018.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω πολύ την Καθηγήτριά μου, κυρία Μαρία Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, για την επιλογή του θέματος της πτυχιακής μου εργασίας, καθώς επίσης και για την δυνατότητα που μου έδωσε να έρθω σε επαφή με την καλλιέργεια του φυτού <<Τσάι του βουνού>> από την μελέτη του οποίου έχω εξάγει χρήσιμα συμπεράσματα και παρατηρήσεις σχετικά με την επίδραση του ποσοστού υδατοκατανάλωσης στα αναπτυξιακά χαρακτηριστικά του παραπάνω φυτού.

Θα ήθελα ακόμη να ευχαριστήσω τον Επίκουρο Καθηγητή του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, κύριο Χρήστο Λύκα, και τον διδάσκοντα Π.Δ. 407/80, κύριο Χρήστο Παπανικολάου, για την συμμετοχή τους στην τριμελή συμβουλευτική και εξεταστική επιτροπή, και για τις παρατηρήσεις τους.

Επίσης ευχαριστώ τον διδάκτορα, κύριο Βασίλη Γιουβάνη, για την βοήθειά του σε όλη την διάρκεια του πειράματος.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στους γονείς μου, Κωνσταντίνο και Πολυξένη, καθώς και στον αδερφό μου Δημήτρη, για όλα όσα μου προσέφεραν κατά την διάρκεια των μαθητικών και φοιτητικών μου χρόνων και την αμέριστη υποστήριξή τους σε κάθε μου επιλογή.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι να μελετηθεί η επίδραση της εφαρμογής άρδευσης στα ποσοτικά χαρακτηριστικά του φυτού τσάι του βουνού, που καλλιεργήθηκε κατά το έτος 2016 (2η καλλιεργητική περίοδος) και σε υψόμετρο 70 μέτρων από την επιφάνεια της θάλασσας, ενώ ως φυτικό υλικό χρησιμοποιήθηκε το είδος *Sideritis raeseri* (Boiss. & Heldr.).

Εφαρμόστηκαν τρεις διαφορετικές μεταχειρίσεις άρδευσης με τρεις επαναλήψεις η κάθε μία. Στη μία μεταχείριση δεν έγινε εφαρμογή άρδευσης και χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας. Στις άλλες δύο μεταχειρίσεις έγινε εφαρμογή άρδευσης σε δύο διαφορετικά επίπεδα, στο 100% και στο 75% των αναγκών της καλλιέργειας σε νερό αντίστοιχα. Ο προσδιορισμός της ποσότητας νερού που χορηγήθηκε στη μεταχείριση που εφαρμόστηκε το 100% των αναγκών σε νερό της καλλιέργειας, έγινε με βάση την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς ( $E_T$ ), η οποία υπολογίστηκε σύμφωνα με την εξίσωση FAO-56 Penman-Monteith. Το σύστημα άρδευσης εγκαταστάθηκε στις 24 Μαρτίου και η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε ήταν η στάγδην άρδευση.

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν αφορούσαν την ανάπτυξη – ύψος του φυτού, την απόδοση της καλλιέργειας σε χλωρό και ξηρό βάρος και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας. Η αποτελεσματικότητα χρήσης νερού (WUE) εκτιμήθηκε με βάση το δείκτη της αποτελεσματικότητας χρήσης αρδευτικού νερού (IWUE).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, όλες οι μεταχειρίσεις στις οποίες έγινε εφαρμογή άρδευσης υπερέχαν σε σχέση με τη μεταχείριση που δεν εφαρμόστηκε άρδευση, τόσο ως προς το ύψος, όσο και ως προς την απόδοση σε χλωρό και ξηρό βάρος, ενώ ο δείκτης IWUE έδειξε ότι η εφαρμογή άρδευσης στο 75% των αναγκών της καλλιέργειας σε νερό, δίνει καλύτερα αποτελέσματα. Ακόμη, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όσον αφορά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά (ολικές φαινόλες και αντιοξειδωτική ικανότητα), η μεταχείριση που έγινε εφαρμογή άρδευσης στο 75% των αναγκών της καλλιέργειας σε νερό (E75) έδωσε καλύτερα αποτελέσματα από τις άλλες δύο (E0 και E100).

# Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή.....	1
1.1	ΤΣΑΪ ΤΟΥ ΒΟΥΝΟΥ.....	2
1.1.1	Γενικά στοιχεία.....	2
1.1.2	Κατανομή-Ταξινόμηση.....	2
1.1.3	Παγκόσμια κατανομή και Σημασία για την Ελλάδα.....	4
1.1.4	Χημική σύνθεση.....	5
1.1.5	Καλλιεργητικές φροντίδες.....	8
1.2	Άρδευση.....	10
1.2.1	Το νερό ως φυσικός πόρος.....	10
1.2.2	Άρδευση καλλιεργειών.....	12
1.2.3	Εξατμισοδιαπνοή (ET).....	14
1.2.4	Αποτελεσματικότητα χρήσης αρδευτικού νερού.....	17
	ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	18
2	Υλικά και Μέθοδοι.....	20
2.1	Περιοχή εκπόνησης του πειράματος.....	21
2.2	Πειραματικό σχέδιο και μεταχειρίσεις άρδευσης.....	22
2.3	Καλλιεργητικές φροντίδες.....	23
2.3.1	Σκάλισμα.....	23
2.3.2	Βοτάνισμα.....	23
2.3.3	Λίπανση.....	25
2.3.4	Φυτοπροστασία.....	25
2.4	Σύστημα άρδευσης.....	25
2.5	Προσδιορισμός αναγκών της καλλιέργειας σε νερό.....	27
2.6	Συγκομιδή.....	33
2.7	Ξήρανση.....	33
2.8	Μεθοδολογία μετρήσεων.....	33

2.9	Μετρήσεις .....	34
2.9.1	Ύψος φυτών .....	34
2.9.2	Χλωρό βάρος φυτών .....	34
2.9.3	Ξηρό βάρος φυτών .....	34
2.9.4	Χρήση δεικτών για τον υπολογισμό της αποτελεσματικότητας χρήσης αρδευτικού νερού (IWUE) .....	35
2.10	Αναλύσεις ποιοτικών χαρακτηριστικών .....	36
2.11	Κλιματικά δεδομένα .....	37
2.12	Στατιστική ανάλυση .....	37
3	Αποτελέσματα .....	38
3.1	Μετεωρολογικά δεδομένα .....	39
3.2	Πρόγραμμα άρδευσης καλλιέργειας (FAO-56 Penman-Monteith) 40	
3.3	Εφαρμοζόμενη ποσότητα αρδευτικού νερού .....	42
3.4	Ποσοτικά χαρακτηριστικά .....	43
3.4.1	Ύψος φυτών .....	43
3.4.2	Χλωρό βάρος φυτών .....	44
3.4.3	Ξηρό βάρος φυτών .....	46
3.5	Αποτελεσματικότητα χρήσης αρδευτικού νερού (IWUE) .....	48
3.6	Ποιοτικά χαρακτηριστικά καλλιέργειας .....	49
4	Συζήτηση .....	52
4.1	Κλιματικές συνθήκες κατά την διάρκεια του πειράματος .....	53
4.1.1	Θερμοκρασία .....	53
4.1.2	Βροχοπτώσεις .....	53
4.2	Υψόμετρο .....	53
4.3	Έδαφος .....	53
4.4	Ύψος φυτών .....	54
4.5	Συγκομιδή .....	54
4.6	Απόδοση καλλιέργειας .....	55

4.7	Αποτελεσματικότητα άρδευσης .....	55
4.8	Ποιοτικά χαρακτηριστικά .....	55
5	Συμπεράσματα .....	57
6	Βιβλιογραφία.....	60
6.1	Ξένη βιβλιογραφία .....	61
6.2	Ελληνική βιβλιογραφία .....	68



## Κατάλογος Συντομογραφιών

<b>ET</b>	Εξατμισοδιαπνοή
<b>ET<sub>o</sub></b>	Βασική εξατμισοδιαπνοή
<b>ET<sub>c</sub></b>	Εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας
<b>K<sub>c</sub></b>	Συντελεστής καλλιέργειας
<b>WUE</b>	Αποτελεσματικότητα χρήσης νερού
<b>IWUE</b>	Αποτελεσματικότητα χρήσης αρδευτικού νερού
<b>Μεταχείριση E0</b>	Μεταχείριση που δεν εφαρμόστηκε άρδευση
<b>Μεταχείριση E75</b>	Μεταχείριση που εφαρμόστηκε άρδευση με ποσότητα νερού ίση με το 75% των αναγκών της καλλιέργειας
<b>Μεταχείριση E100</b>	Μεταχείριση που εφαρμόστηκε άρδευση με ποσότητα νερού ίση με το 100% των αναγκών της καλλιέργειας

# 1 Εισαγωγή

# **ΕΝΟΤΗΤΑ 1<sup>η</sup>**

## **1.1 ΤΣΑΪ ΤΟΥ ΒΟΥΝΟΥ**

### **1.1.1 Γενικά στοιχεία**

Το τσαΐ του βουνού ανήκει στα αρωματικά φυτά και βότανα, τα οποία χρησιμοποιούνται για τις φαρμακευτικές τους ιδιότητες, αλλά και για τα δευτερογενή προϊόντα που παράγουν, τα αιθέρια έλαια. Το επιστημονικό όνομα του φυτού, είναι *Sideritis*, το οποίο παραπέμπει στην ελληνική λέξη σιδηρίτης-σίδηρος (Giouvanis et al., 2017).

Οι ερμηνείες, οι οποίες δόθηκαν για την προέλευση του ονόματος του, στηρίζονται στις ακόλουθες εκδοχές. Στην ικανότητα του φυτού να θεραπεύει τις πληγές που προκαλούνται από σιδερένια αντικείμενα, στο γεγονός ότι αποτελεί φυσική πηγή σιδήρου, αφού τα ροφήματα που παρασκευάζονται από αυτό έχουν μεγάλη ποσότητα σιδήρου και στο σχήμα των δοντιών του κάλυκα, που μοιάζουν με αιχμή λόγχης (Σκρουμπής, 1988).

### **1.1.2 Κατανομή-Ταξινόμηση**

Το γένος *Sideritis* ανήκει στην οικογένεια *Lamiaceae*, φυλή *Lamieae*. Αυτό το γένος περιλαμβάνει περισσότερα από 150 είδη, που διανέμονται σε εύκρατες και τροπικές περιοχές του Βόρειου Ημισφαιρίου, από τις Μπαχάμες μέχρι τη Δυτική Κίνα και από τη Γερμανία μέχρι το Μαρόκο. Τα περισσότερα είδη φαίνεται να εμφανίζονται κυρίως στη Μεσόγειο. Η Ισπανία και η Τουρκία διαθέτουν τον μεγαλύτερο αριθμό διαφορετικών ειδών. Στην Ισπανία, τα περισσότερα από αυτά είναι εγκατεστημένα στη Νοτιοανατολική Ιβηρική Χερσόνησο και των Καναρίων Νήσων. (Güvenc, et al., 2005, Aslan et al., 2006, Loğgoğlu et al. 2006).

Το γένος *Sideritis* χαρακτηρίζεται από ισχυρή τάση να υβριδοποιείται μεταξύ των ειδών. Παραδείγματος χάρη το *Sideritis rodriguezii* είναι ένα υβρίδιο μεταξύ του *Sideritis serrata* και του *Sideritis bourgaeana* (Rivera και Obón, 1990), το *Sideritis laderoii* είναι ένα υβρίδιο μεταξύ του *Sideritis hirsuta* και του *Sideritis lagascana* (Socorro et al., 1984) και το *Sideritis arizagae* είναι ένα υβρίδιο μεταξύ

του *Sideritis hyssopifolia* και του *Sideritis incana* (Mateo και Pisco, 2000). Ως αποτέλεσμα των υβριδικών, η ταξινόμησή του είναι δύσκολη. Αυτό το πρόβλημα φαίνεται να λύνεται με την μελέτη ορισμένων μορφολογικών χαρακτήρων και την ανάλυση των δευτερογενών μεταβολιτών, όπως τα διτερπενοειδή και τα φλαβονοειδή.

Με το πέρασμα των χρόνων είχαμε πολλές απόπειρες ταξινόμησης του γένους *Sideritis*. Ο βαθμός πολυμορφισμού του, η παρουσία παραλλαγής οικοτύπου και ο συχνός υβριδισμός μεταξύ των ήδη ονομασμένων ειδών, έκαναν αυτό το γένος να είναι πολύ πιο δύσκολο στο να ταξινομηθεί. Η ταξινόμηση αυτού του γένους γίνεται με βάση τις μορφολογικές, καρυολογικές, παλινολογικές και γενετικές τους πτυχές. Σύμφωνα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά, το γένος *Sideritis* έχει ταξινομηθεί σε δύο υποκατηγορίες, *Sideritis* και *Marrubiastrum* (La-Serna Ramos et al., 1994). Μια σημαντική διαφορά μεταξύ των υποειδών *Sideritis* και *Marrubiastrum* εντοπίζεται στον αριθμό των χρωμοσωμάτων. Ενώ το υποείδος του *Sideritis* παρουσιάζει ένα συνεχές εννέα διπλοειδών αριθμών ( $2n = 22-34$ ) (Boscaiu et al., 1998), το υποείδος *Marrubiastrum* έχει μια μεγάλη ποικιλία στον χρωμοσωμικό αριθμό (Marrero, 1986, 1988, 1992, Barber et al., 2000).

Τα περισσότερα είδη *Sideritis* spp. ανήκουν στο υποείδος του *Sideritis*. Αυτό το υπο-είδος, με συνολικά περίπου 125 είδη, περιλαμβάνει ηπειρωτικά ενδημικά είδη, που εξαπλώνονται μέσω της Δυτικής περιοχής της Μεσογείου, Δυτικά της Αφρικής (Obón de Castro και Rivera-Nuñez, 1994). Το υπογένος *Sidiritis* χωρίζεται σε τέσσερα τμήματα. Δύο τμήματα, που περιλαμβάνουν τα πολυετή είδη *Sideritis* και *Empedoclea*, τα οποία διανέμονται στην περιοχή της Δυτικής Μεσογείου και στην Ανατολική Μεσόγειο, και άλλα δύο τμήματα που περιλαμβάνουν μια πολύ μικρή ομάδα ετήσιων ειδών, *Hesiodia* και *Burgsdorfia*, τα οποία αναπτύσσονται στη Μεσόγειο και τις περιφέρειες της Κεντρικής Ασίας.

Κάπου εδώ θα πρέπει να επισημανθεί, ότι το γένος *Sideritis* περιέχει ένα μεγάλο αριθμό ενδημικών ειδών. 46 είδη, 12 υποείδη και δύο ποικιλίες αναπτύσσονται στην Τουρκία, 36 είδη, 10 υποείδη και δύο ποικιλίες από αυτές είναι ενδημικές (Carikci, 2007). Είκοσι πέντε είδη *Sideritis* μεγαλώνουν στο Μαρόκο, 16 των οποίων είναι ενδημικά (Ghoumari et al., 2005). Η Ιβηρική χερσόνησος και τα νησιά *Baleares* περιέχουν 49 είδη *Sideritis*, 36 από τα οποία είναι ενδημικά. Στις Καναρίους Νήσους, το γένος αυτό αντιπροσωπεύεται από 19 ενδημικά είδη (Fraga et al., 2009, Morales, 2000, 2010).

### 1.1.3 Παγκόσμια κατανομή και Σημασία για την Ελλάδα

Τα είδη *Sideritis* αυτοφύονται στις παραμεσόγειες περιοχές και κυρίως στην χώρα μας. Στην Ελλάδα υπάρχουν 13 είδη τσάι του βουνού, που απαντώνται σε υψόμετρο άνω των 1000 μέτρων. Όλα τα είδη *Sideritis* στην πατρίδα μας είναι πολυετείς πόες και συναντώνται είτε μεμονωμένα είτε σε φυτοκοινωνίες, κυρίως σε φτωχές ασβεστολιθικές εκτάσεις. Παλαιότερα, το τσάι του βουνού εξετάζονταν από τον λαό ως μελισσοτροφικό φυτό, γι' αυτό και συνήθως συλλεγόταν σε μικρές ποσότητες, για την παρασκευή των γνωστών ροφημάτων. Αυτό συνέβαινε μέχρι τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο, αφού μετά από αυτόν παρατηρήθηκε αύξηση της ζήτησης και της κατανάλωσής του, λόγω της μεγάλης διάδοσής του (Σκρούμπης, 1988).

Τα κυριότερα είδη που εμφανίζονται και αυτοφύονται στην Ελλάδα είναι τα εξής:

- 1) **Sideritis athoa**: Η κοινή του ονομασία είναι τσάι βλάχικο. Είναι πολυετής πόα, που το ύψος του φτάνει μέχρι τα 40 εκ. και που όλη η επιφάνεια του βλαστού του καλύπτεται από αδενώδεις τρίχες. Αυτοφύεται στον Άθω, στην Πίνδο και στη Σαμοθράκη.
- 2) **Sideritis clandestina**: Η κοινή του ονομασία είναι τσάι Μαλεβού. Είναι πολυετής πόα, που το ύψος της φτάνει μέχρι τα 40 εκ.. Αυτοφύεται σε βράχους σε υποαλπικές και αλπικές περιοχές του Μαλεβού, του Ταΰγετου και της Κυλίνης.
- 3) **Sideritis syriaca**: Η κοινή του ονομασία είναι τσάι της Κρήτης. Είναι πολυετής πόα, που το ύψος της φτάνει μέχρι τα 50 εκ. και μεγάλο μέρος της επιφάνειας του βλαστού καλύπτεται με πυκνό χνούδι. Αυτοφύεται στα βουνά της Κρήτης και κυρίως στα Λευκά Όρη και στον Ψηλορείτη σε υψόμετρο 1300-2000 μέτρα.
- 4) **Sideritis euboea**: Η κοινή του ονομασία είναι τσάι της Εύβοιας. Είναι πολυετής πόα, που το ύψος της φτάνει τα 30-50 εκ. και με βλαστό που καλύπτεται σε όλη του την επιφάνεια με πυκνό και λευκό χνούδι. Αυτοφύεται στην Εύβοια και κυρίως στα βουνά Δίρφου σε υψόμετρο 1000-1500 μέτρα.
- 5) **Sideritis scardica**: Η κοινή του ονομασία είναι τσάι του Ολύμπου. Είναι πολυετής πόα, με τετραγωνικό βλαστό. Αυτοφύεται σε

βραχώδεις περιοχές και σε υψόμετρο πάνω από 1000 μέτρα στον Όλυμπο, στον Κίσαβο και στο Πήλιο.

- 6) **Sideritis raeseri**: Η κοινή του ονομασία είναι τσάι του Παρνασσού. Είναι πολυετής πόα, που το ύψος της φτάνει μέχρι τα 40 εκ. και ο βλαστός της είναι λεπτός και χνοώδης. Τα κατώτερα φύλλα του φυτού είναι έμμισχα, ενώ τα ανώτερα άμισχα, λογχοειδή, λίγο πριονωτά και με άσπρο χνούδι. Αυτοφύεται στον Νομό Μαγνησίας (Σκρούμπης, 1988).

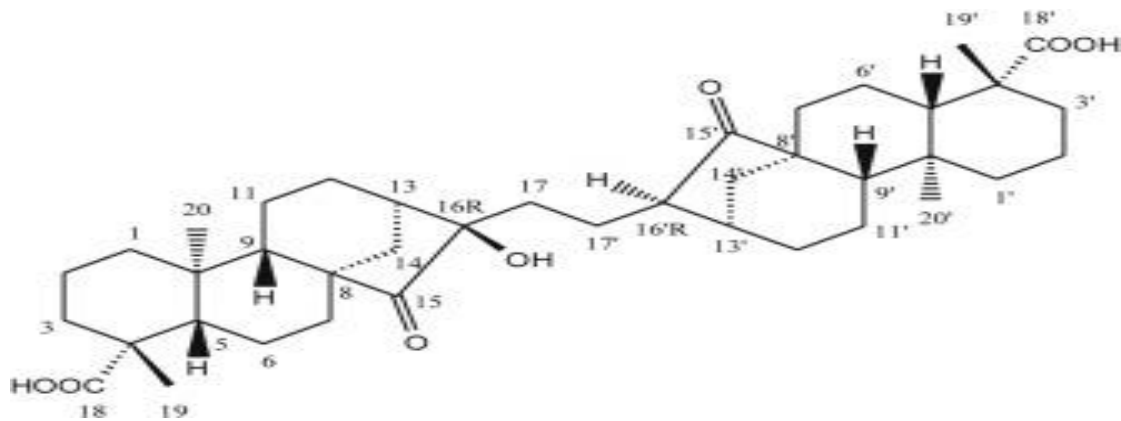
#### **1.1.4 Χημική σύνθεση**

Στο γένος *Sideritis* βρέθηκαν πολλά χημικά συστατικά. Ορισμένα από αυτά, ήταν τερπένια, φλαβονοειδή, αιθέρια έλαια, ιριδοειδή, κουμαρίνες, λιγνάνες και στερόλες. Από αυτά, τα διτερπένια, τα φλαβονοειδή και τα αιθέρια έλαια είναι οι ενώσεις που ευθύνονται κατά κύριο λόγο για τις φαρμακολογικές δραστηριότητες των φυτών αυτού του γένους. Αυτές οι χημικές ενώσεις εντοπίζονται σχεδόν σε όλα τα είδη του γένους (Γιουβάνης και Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, 2017).

##### **1.1.4.1 Διτερπένια**

Τα είδη *Sideritis* είναι πλούσια σε διτερπένια. Τουλάχιστον 160 διαφορετικά διτερπένια με αξιόλογη δομική μεταβλητότητα έχουν ταυτοποιηθεί και απομονωθεί από τα εναέρια μέρη (Piozzi et al., 2006).

Τα διτερπένια, αρχικά εντοπίστηκαν στο *Sideritis italica* (Venturella και Bellino, 1965, Piozzi et al., 1968). Μετά από αναλύσεις ανακαλύφθηκε ότι τα είδη που εμφανίζονται στην περιοχή της Ανατολικής και της Κεντρικής Μεσογείου περιέχουν σχεδόν αποκλειστικά διτερπένια καουρανίου (Torcu et al., 1999, 2002a,b; Fraga et al., 2003a,b; Kilic et al., 2003; Kilic, 2006), σε αντίθεση με τα είδη που εντοπίζονται στις περιοχές της Δυτικής Μεσογείου, που περιέχουν διτερπένια με διαφορετικούς σκελετούς άνθρακα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων διτερπενίων είναι τα ent-kaurene, labdane, atisene, pimarane, beyerane, trachilobane και rosane (de Quasada et al., 1974; Marquez et al., 1975; Garcia-Granados et al., 1982; Cabrera et al., 1983).



**Εικόνα 1:** Δομή διτερπενίου του ent-kaurane (Πηγή: Biochemical Systematics and Ecology 74 (2017), pages 51-56.

#### 1.1.4.2 Φλαβονοειδή

Τα φυτά του γένους *Sideritis*, είναι πλούσια πηγή φλαβονοειδών. Μελέτες έδειξαν ότι οι 5,6,7-τριοξυγονωμένες φλαβόνες κυριαρχούν στα Μακαρονήσια είδη, ενώ η παρουσία των 5,6,7,8-τετραοξυγονωμένων φλαβονών είναι υψηλότερη στα μεσογειακά είδη (Gil et al., 1993).

Η απομόνωση και η ταυτοποίηση των φλαβονοειδών γίνεται κυρίως με την χρήση χρωματογραφικών μεθόδων και φασματοσκοπικών τεχνικών, όπως η χρήση υψηλής απόδοσης υγρής χρωματογραφίας (HPLC) σε συνδυασμό με φασματοσκοπία υπεριώδους ή φασματομετρία μαζών (Janeska et al., 2007; Vasilopoulou et al., 2013).

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, τα φλαβονοειδή παίζουν σημαντικό ρόλο στις φαρμακολογικές ιδιότητες των φυτών του γένους *Sideritis*, έχοντας αντιοξειδωτική δράση, η οποία βοηθά στην καταπολέμηση του οξειδωτικού stress (Linardaki et al., 2011; Pljevljakusic et al., 2011), αλλά και αντιμικροβιακή δράση (Goulas et al., 2014).

Η αντιοξειδωτική δράση εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το βοτανικό είδος, την μέθοδο της εκχύλισης που θα χρησιμοποιηθεί, το υψόμετρο και από το στάδιο της ανάπτυξης του φυτού κατά την συγκομιδή (Gabrieli et al., 2005; Charami et al., 2008; Janeska et al., 2007; Armata et al., 2008; Pljevljakusic et al., 2011).

### **1.1.4.3 Αιθέρια έλαια**

Τα τελευταία απ' τα χημικά συστατικά του γένους *Sideritis*, που θα αναφερθούν, είναι τα αιθέρια έλαια. Για τα αιθέρια έλαια έχουν πραγματοποιηθεί πολλές μελέτες, έτσι ώστε να διασαφηνιστεί η χημική τους σύνθεση. Από αυτές παρατηρήθηκαν κάποιες ποιοτικές και ποσοτικές διαφορές μεταξύ των συστατικών των αιθέριων ελαίων του ίδιου είδους. Οι διαφορές αυτές φαίνεται να αποδίδονται σε κλιματολογικούς και γενετικούς παράγοντες, σε καλλιεργητικές πρακτικές της καλλιέργειας του φυτού και στην θρεπτική κατάσταση του φυτού. Η οικογένεια *Lamiaceae*, στην οποία και ανήκει το τσάι του βουνού, είναι ιδιαιτέρως γνωστή για την περιεκτικότητά της σε αιθέρια έλαια. Βέβαια, εδώ θα πρέπει να τονιστεί ότι υπάρχουν και είδη *Sideritis* "φτωχά" σε αιθέρια έλαια (Kirimer et al., 2001).

Τα αιθέρια έλαια απομονώνονται από τα φυτά, από αποξηραμένα εναέρια μέρη, με υδροατμοαπόσταξη και αναλύονται με την χρήση αέριας χρωματογραφίας-φασματομετρίας μάζας (GC-MS) και με την χρήση αέριας χρωματογραφίας (GC).

Οι Baser (2002) και Kirimer et al (2004), μετά από την μελέτη τους στα τουρκικά είδη *Sideritis bilgeram* και *Sideritis ozturkii*, διαπίστωσαν ότι τα κύρια συστατικά αιθέριων ελαίων αυτών των ενδημικών ειδών ήταν το β-πιπένιο (48% και 20% αντίστοιχα) και α-πιπένιο (32% και 31% αντίστοιχα). Αντίθετα το τούρκικο ενδημικό είδος *Sideritis cilicira* ήταν πλούσιο σε α-πιπένιο (28%), β-πιπένιο (39%) και β-φελλανδρένιο (20%) (Kirimer et al., 2001; Iscan et al., 2005).

Στο είδος *Sideritis raeseri* βρέθηκε ότι η κύρια ομάδα αιθέριων ελαίων είναι οι μονοτερπενικοί υδρογονάνθρακες, με κύρια συστατικά το β-πιπένιο (9.06%), το Ar-κουρκουμένιο (6.14%) και το α-πιπένιο (3.63%) (Galati et al., 1996).

Μετά από πολύχρονες μελέτες βρέθηκε ότι τα αιθέρια έλαια παρουσιάζουν πολλές φαρμακευτικές ιδιότητες, με χαρακτηριστικά παραδείγματα την αντιμικροβιακή και αντισηπτική τους δράση (Gergis et al., 1990 ; Aligiannis et al., 2001; Ugur et al., 2005).

Η αντιμικροβιακή δράση φαίνεται να εξαρτάται από την σύσταση του αιθέριου ελαίου. Αυτό γίνεται αντιληπτό αν παρατηρήσει κάποιος τα είδη *Sideritis syriaca* και *Sideritis raeseri*, αφού το *Sideritis syriaca*, που τα αιθέρια ελαία του περιέχουν μεγάλο ποσοστό της ένωσης καρβοκρόλης (33.68%), εμφανίζει μεγαλύτερη δραστικότητα



από το *Sideritis raeseri* (σχεδόν ανενεργή αντιμικροβιακή δράση), που περιέχει μικρά ποσοστά ενώσεων α-πιπενίου και καρβοκρόλης (4.48%) (Aligiannis et al., 2001).

Τέλος, όσον αφορά την αντιμικροβιακή δράση, φαίνεται να παίζει σημαντικό ρόλο και το μέρος του φυτού από το οποίο συλλέχθηκαν τα αιθέρια έλαια (τα αιθέρια έλαια που συλλέχθηκαν από τα φύλλα παρουσιάζουν μεγαλύτερη αντιμικροβιακή δράση από αυτά που συλλέχθηκαν από τις ταξιανθίες) (Basile et al., 2006).

## **1.1.5 Καλλιεργητικές φροντίδες**

### **1.1.5.1 Προετοιμασία αγρού**

Το τσάι του βουνού είναι μια πολυετής και ξηρική καλλιέργεια και γι' αυτόν τον λόγο θα πρέπει το χωράφι που θα εγκατασταθεί η καλλιέργεια να έχει προετοιμαστεί κατάλληλα. Απαραίτητο είναι ένα βαθύ όργωμα το καλοκαίρι πριν το φύτεμα και ένα φρεζάρισμα ή ένα ελαφρύ όργωμα και δισκοσβάρνισμα πριν την φύτευση, και πάντα έχοντας λάβει υπόψιν το είδος του εδάφους, για να καταστραφούν τα ζιζάνια, να ενσωματωθεί το λίπασμα και για να διευκολυνθεί το φύτεμα της καλλιέργειας και οι μετέπειτα καλλιεργητικές φροντίδες (Σκρουμπής, 1988).

### **1.1.5.2 Λίπανση**

Η λίπανση θα πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή και σε μικρές δόσεις, έτσι ώστε να αποφευχθεί η μεγάλη βλαστική αύξηση των φυτών, που θα συνεπάγεται και με μείωση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων. Για την συγκεκριμένη καλλιέργεια δεν υπάρχουν πειραματικά δεδομένα για την λίπανση. Ωστόσο, από δοκιμαστικές καλλιέργειες στην χώρα μας, καλά αποτελέσματα προέκυψαν με την προσθήκη 3 έως 4 μονάδων αζώτου και 4 έως 5 μονάδων φωσφόρου αργά το φθινόπωρο, όταν η φυτεία είναι αδύνατη. Στην περίπτωση τώρα που η φυτεία είναι ζωηρή, θα πρέπει να αποφεύγεται η λίπανση (Σκρουμπής, 1988).

### **1.1.5.3 Καταπολέμηση ζιζανίων**

Η καταπολέμηση ζιζανίων αποτελεί την κυριότερη εργασία στην συγκεκριμένη καλλιέργεια, γιατί το τσάι του βουνού είναι μια ξηρική καλλιέργεια.

Σήμερα χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό το σκάλισμα, για την καταστροφή των ζιζανίων (συνήθως 2 σκαλίσματα την άνοιξη, όπου εκτός των ζιζανίων θα αφαιρεθούν και όλοι οι ξηροί βλαστοί που υπάρχουν). Λόγω όμως του υψηλού κόστους του σκαλίσματος, γίνονται προσπάθειες να βρεθεί κατάλληλο ζιζανιοκτόνο, ώστε με ψεκασμό να καταστρέφονται όλα τα επιζήμια για την καλλιέργεια ζιζάνια (Σκρουμπής, 1988).

### **1.1.5.4 Πολλαπλασιαστικό υλικό**

Υπάρχουν δύο τρόποι με τους οποίους πολλαπλασιάζεται το τσάι του βουνού. Είτε εγγενώς (με σπόρο), είτε αγενώς (με παραφυάδες) (Σκρουμπής, 1988).

### **1.1.5.5 Μεταφύτευση**

Η μεταφύτευση ξεκινά όταν τα φυτά φθάσουν στο ύψος των 10 εκατοστών. Οι εποχές που κρίνονται κατάλληλες για την φύτευση είναι το φθινόπωρο (Οκτώβριος-Νοέμβριος) και στις αρχές της άνοιξης (Φλεβάρης-Μάρτης), ωστόσο στην Ελλάδα η καλύτερη εποχή για την φύτευση είναι το φθινόπωρο λόγω των βροχοπτώσεων.

Οι αποστάσεις γραμμών που συνίσταται είναι 50-60 εκατοστά μεταξύ των γραμμών και 40-50 εκατοστά επάνω στις γραμμές. Η φύτευση γίνεται είτε με το χέρι, είτε με φυτευτήρι, είτε με φυτευτικές μηχανές (καπνού-ντομάτας) ρυθμισμένες κατάλληλα. Ο αριθμός των φυτών ανέρχεται σε 4000-5000 στο στρέμμα (Σκρουμπής, 1988).

### **1.1.5.6 Συγκομιδή και ξήρανση**

Η περίοδος συγκομιδής της φυτείας εξαρτάται από την περιοχή που έχει φυτευτεί η καλλιέργεια. Αυτή γίνεται όταν έχουν ανθίσει τα 2/3 των ανθέων και έχουν αρχίσει να ξυλοποιούνται οι βλαστοί (περίπου τέλη Μαΐου μέχρι τα μέσα Ιουλίου).

Η συγκομιδή γίνεται με το χέρι, είτε με μαχαίρι, είτε με δρεπάνι. Κατά την διάρκεια αυτής, συγκομίζεται το άνθος και ένα μέρος του βλαστού (περίπου 5-6 εκατοστά) (Σκρουμπής, 1988). Αφού πραγματοποιηθεί η συγκομιδή, ακολουθεί η ξήρανση.

Η ξήρανση των συγκομισθέντων φυτών γίνεται σε σκιερά μέρη ή σε υπόστεγα, ενώ σαν δείκτες καλής ξήρανσης θεωρούνται το δυνατό και ευχάριστο άρωμα και το πρασινοκίτρινο χρώμα των ανθοφόρων βλαστών (Κατσιώτης και Χατζοπούλου, 2016).

### **1.1.5.7 Αποθήκευση**

Αφού γίνει η ξήρανση, ακολουθεί η φάση της αποθήκευσης. Εδώ έχουμε την διαφύλαξη του αποξηραμένου προϊόντος, τη διαλογή του, τη συσκευασία και την συντήρησή του.

Το τσάι του βουνού συμπιέζεται και δεματοποιείται με πρέσα σε δέματα 20 κιλών, τα οποία αποτελούνται από συμπιεσμένα ματσάκια των 100 γραμμαρίων. Τα δέματα καλύπτονται περιμετρικά με λινάτσα και τοποθετούνται σε αποθήκες, όπου θα έχουμε καλό αερισμό έως ότου διατεθούν στο εμπόριο (Σκρουμπής, 1988).

## **ΕΝΟΤΗΤΑ 2<sup>η</sup>**

### **1.2 Άρδευση**

#### **1.2.1 Το νερό ως φυσικός πόρος**

Οι μορφές με τις οποίες το νερό βρίσκεται στην φύση είναι τρεις (υγρό, στερεό και αέριο) (Βουδούρης, 2009). Η γη προμηθεύεται με νερό διαμέσου των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, τα οποία είναι κυρίως η βροχή και το χιόνι, τα οποία προέρχονται από την εξάτμιση του θαλασσινού νερού. Επομένως γίνεται αντιληπτή η ύπαρξη ενός κύκλου του νερού, ο οποίος είναι γνωστός ως υδρολογικός κύκλος, κατά τον οποίο το νερό εξατμίζεται από την θάλασσα, οδηγείται στην ατμόσφαιρα, όπου αποθηκεύεται με τη μορφή υδρατμών και αφού επικρατήσουν οι κατάλληλες συνθήκες επιστρέφει στην γη, είτε έχοντας τη μορφή της βροχής, είτε έχοντας τη μορφή του χιονιού (Τερζίδης και Παπαζαφειρίου, 1997).

Τα 2/3 του νερού περίπου, που επιστρέφουν στη γη από την ατμόσφαιρα με την μορφή των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, επιστρέφουν και πάλι στην ατμόσφαιρα μέσω εξάτμισης, ενώ το υπόλοιπο νερό είτε διηθείται στο έδαφος, είτε απορρέει επιφανειακά (Τερζίδης και Παπαζαφειρίου, 1997).

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, γίνεται αντιληπτό, ότι το νερό αποτελεί μια ανεξάντλητη πηγή το οποίο μπορεί εύκολα να υποβαθμιστεί, τόσο ποιοτικά, όσο και ποσοτικά, με την κακή χρήση του, καθιστώντας το έτσι αδύνατο να χρησιμοποιηθεί από τον άνθρωπο (Postel, 2000).

### **1.2.1.1 Ατμοσφαιρικό νερό και κατακρημνίσματα**

Η κατακρήμνιση αποτελεί την κύρια κινητήρια δύναμη για τις υδρολογικές επιφανειακές διεργασίες και έχει μεγάλη επίδραση τόσο στο φυσικό περιβάλλον όσο και στην ανθρωπότητα. Το ευρύ φάσμα των διαδικασιών, που εμπλέκονται στο σχηματισμό της καθίζησης, από την αρχική εξάτμιση από την επιφάνεια έως τον τελικό σχηματισμό βροχής και χιονιού στα σύννεφα, οδηγεί σε υψηλό βαθμό μεταβλητότητας και δομής σε ένα μεγάλο πλαίσιο χωρικών και χρονικών κλιμάκων. Για να ληφθεί υπόψη αυτή η μεταβλητότητα στο σύνολό της, απαιτούνται πολλές διαφορετικές τεχνικές μέτρησης, συμπεριλαμβανομένων των βροχομέτρων, του ραντάρ εδάφους και της δορυφορικής τηλεπισκόπησης.

Ομοίως, για την κατασκευή υδρολογικών ή μετεωρολογικών μοντέλων, που ενσωματώνουν κατακρήμνιση, απαιτείται η προσεκτική εξέταση των κλιμακωτών χώρων, συμπεριλαμβανομένου του βαθμού μεταβλητότητας σε κάθε κλίμακα και των επιδράσεων, διαδικασιών ή δομών σε κλίμακες κάτω από την ανάλυση του μοντέλου. Τα κλίμακα-αμετάβλητα στατιστικά μοντέλα παρέχουν μια αποτελεσματική προσέγγιση σε πολλά από αυτά τα ζητήματα της χωροχρονικής δομής της βροχόπτωσης (K. Fienberg και E. Foufoula-Georgiou, 2009).

### **1.2.1.2 Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα στον Ελλαδικό χώρο**

Η βροχή έχει ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά, τα οποία είναι το μέγεθος και η κατανομή της στον χώρο και τον χρόνο. Στην Ελλάδα τα παραπάνω χαρακτηριστικά έχουν μεγάλη ανισοκατανομή. Όσον

αφορά την κατανομή των βροχών στο χώρο, τους ψυχρούς μήνες παρατηρείται το μεγαλύτερο ύψος των κατακρημνισμάτων με σημαντικές διαφορές από περιοχή σε περιοχή. Αυτό γίνεται αντιληπτό, αν σκεφτούμε ότι το φθινόπωρο και το χειμώνα στα νότια και στα νησιά έχουμε το μέγιστο βροχής και την άνοιξη και το καλοκαίρι είναι ξηρά, ενώ στα βόρεια το φθινόπωρο, τον χειμώνα και την άνοιξη έχουμε ισοκατανομή της βροχής, με το καλοκαίρι να είναι και πάλι ξηρό.

Από τα παραπάνω, φθάνουμε στο συμπέρασμα, ότι το καλοκαίρι είναι απαραίτητη η εφαρμογή άρδευσης για την καλή ανάπτυξη των καλλιεργειών (Τερζίδης και Παπαζαφειρίου, 1997).

## **1.2.2 Άρδευση καλλιεργειών**

### **1.2.2.1 Ορισμός άρδευσης**

Ως άρδευση, ορίζεται η εφαρμογή νερού στο έδαφος με τεχνητά μέσα κοντά στην περιοχή του ριζοστρώματος, που έχει ως σκοπό τον εφοδιασμό των φυτών της καλλιέργειας με νερό, προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες τους, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται κανονική ανάπτυξη της καλλιέργειας και μεγιστοποίηση της απόδοσης και της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων (Τερζίδης και Παπαζαφειρίου, 1997).

### **1.2.2.2 Μέθοδοι άρδευσης**

Ως μέθοδοι άρδευσης, ορίζονται οι τρόποι με τους οποίους το νερό γίνεται άμεσα διαθέσιμο στο χωράφι για τον εφοδιασμό των φυτών της καλλιέργειας. Οι παράγοντες που το επηρεάζουν είναι το είδος της καλλιέργειας, οι κλιματικές, εδαφικές καθώς και οι υδρολογικές συνθήκες της περιοχής, η κλίση, το υψόμετρο, καθώς και οι σύγχρονες τάσεις που διαμορφώνονται στις μέρες μας στον τομέα των αρδεύσεων (Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, 2004).

Οι μέθοδοι άρδευσης διακρίνονται σε ορισμένες κατηγορίες. Αυτές είναι η επιφανειακή άρδευση, ο καταιονισμός και η στάγδην άρδευση, που είναι γνωστή και ως άρδευση με σταγόνες (Τερζίδης και Παπαζαφειρίου, 1997).

### **1.2.2.3 Επιφανειακή άρδευση**

Η επιφανειακή άρδευση είναι μέθοδος εφαρμογής νερού στο χωράφι. Στην επιφανειακή άρδευση υπάρχουν τρεις μέθοδοι με τους οποίους στο χωράφι παρέχεται το απαραίτητο για την ανάπτυξη της καλλιέργειας νερό.

Η πρώτη μέθοδος είναι η μέθοδος της κατακλύσεως ή των λεκανών, η οποία ανήκει στην κατηγορία της οριζόντιας άρδευσης επειδή η επιφάνεια του χωραφιού στην συγκεκριμένη περίπτωση θα πρέπει να είναι οριζόντια. Εδώ, το χωράφι χωρίζεται με χωμάτινα αναχώματα σε μικρής εκτάσεως σχεδόν οριζόντιες λεκάνες, μέσα στις οποίες διοχετεύεται νερό μέχρι να φθάσει σε βάθος που θα είναι ίσο με το ολικό βάθος αρδεύσεως. Στην μέθοδο αυτή απαιτείται μεγάλη αρδευτική παροχή.

Η δεύτερη μέθοδος επιφανειακής άρδευσης είναι η μέθοδος της περιορισμένης διαχύσεως ή των παράλληλων λωρίδων, η οποία ανήκει στη κατηγορία της κεκλιμένης άρδευσης επειδή η επιφάνεια του χωραφιού σε αυτήν την περίπτωση θα πρέπει να παρουσιάζει κάποια κλίση. Εδώ, το χωράφι χωρίζεται σε λωρίδες με παράλληλα αναχώματα κατά την φορά της μέγιστης κλίσης, μέσα στις οποίες διοχετεύεται νερό στο πάνω άκρο των λωρίδων και κινείται προς τα κάτω.

Η τρίτη και τελευταία μέθοδος επιφανειακής άρδευσης, είναι η άρδευση με αυλάκια, η οποία συμπεριλαμβάνεται και αυτή στη κατηγορία της κεκλιμένης άρδευσης για τους λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω. Στην συγκεκριμένη μέθοδο, το χωράφι χωρίζεται σε αυλάκια με διεύθυνση προς τη μέγιστη κλίση, στο πάνω μέρος των οποίων διοχετεύεται με νερό με μικρή παροχή. Έτσι, ένα μέρος της επιφάνειας του χωραφιού μόνο καλύπτεται με νερό (Παπαζαφειρίου, 1984).

Από όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, καταλαβαίνουμε ότι για την εφαρμογή της επιφανειακής άρδευσης είναι αναγκαία η προετοιμασία των εκάστοτε αγρών.

### **1.2.2.4 Καταιονισμός**

Ο καταιονισμός είναι μια μέθοδος άρδευσης, κατά την οποία γίνεται εφαρμογή του νερού που είναι απαραίτητο για την καλή ανάπτυξη της καλλιέργειας σε ολόκληρη την επιφάνεια του χωραφιού

σαν μια τεχνητή απομίμηση της βροχής και η οποία διηθείται στο έδαφος κατακόρυφα υπό ακόρεστες συνθήκες.

Η συγκεκριμένη μέθοδος δεν εφαρμόζεται όταν η παροχή που διαθέτει το χωράφι είναι μικρή και χρησιμοποιείται ευρύτατα σε χωράφια με ανομοιόμορφα, αβαθή, πολύ διαπερατά, με υψηλή υπόγεια στάθμη, μεγάλη κλίση και ανώμαλη τοπογραφία εδάφη.

Το σύστημα του καταιονισμού περιλαμβάνει το δίκτυο εφαρμογής, το δίκτυο μεταφοράς και το αντλητικό συγκρότημα (Παπαζαφειρίου, 1984).

### **1.2.2.5 Στάγδην άρδευση**

Η στάγδην άρδευση ή άρδευση με σταγόνες είναι η κύρια μέθοδος άρδευσης σήμερα, κατά την οποία το απαραίτητο νερό εφαρμόζεται με την μορφή σταγόνων στο έδαφος και σε μικρές ποσότητες.

Το κύριο πλεονέκτημα της συγκεκριμένης άρδευσης είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε χωράφια με ανώμαλη τοπογραφία, χωρίς να είναι αναγκαίο το χωράφι να υποστεί διάφορες διεργασίες για να αλλάξει.

Το σύστημα της άρδευσης με σταγόνες περιλαμβάνει το δίκτυο μεταφοράς και εφαρμογής, και μια μονάδα ελέγχου (Παπαζαφειρίου, 1984).

### **1.2.3 Εξατμισοδιαπνοή (ET)**

Η εξατμισοδιαπνοή αποτελεί ένα φαινόμενο κατά το οποίο παρατηρούνται απώλειες νερού από την επιφάνεια του εδάφους μέσω της εξάτμισης, αλλά και από τα φυτά της καλλιέργειας μέσω της διαπνοής αυτών. Οι διεργασίες τις εξάτμισης και της διαπνοής συμβαίνουν σχεδόν ταυτόχρονα (Τερζίδης και Παπαζαφειρίου, 1997).

#### **1.2.3.1 Εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας (ET<sub>c</sub>)**

Η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας (ET<sub>c</sub>) αποτελεί την εξατμισοδιαπνοή από μια καλλιέργεια χωρίς φυτικές ασθένειες, που

αναπτύσσεται σε μεγάλα χωράφια με καλή διαθεσιμότητα νερού και μεγάλη ύπαρξη θρεπτικών στοιχείων, και που πετυχαίνει μέγιστες αποδόσεις προϊόντων στις συνθήκες που αναπτύσσεται η καλλιέργεια (Τερζίδης και Παπαζαφειρίου, 1997).

### **1.2.3.2 Βασική εξατμισοδιαπνοή (ET<sub>o</sub>)**

Η βασική εξατμισοδιαπνοή (ET<sub>o</sub>) ορίζεται ως η εξατμισοδιαπνοή μιας καλλιέργειας αναφοράς σε συνθήκες πλήρους επάρκειας σε νερό. Για την διαμόρφωση της βασικής εξατμισοδιαπνοής βασικό ρόλο παίζουν μόνο οι κλιματικοί παράγοντες μιας περιοχής (Τερζίδης και Παπαζαφειρίου, 1997).

### **1.2.3.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή και υπολογισμός της**

#### 1) Παράγοντες:

- Κλιματικοί παράγοντες: η εξατμισοδιαπνοή επηρεάζεται σημαντικά από την ακτινοβολία, την θερμοκρασία του αέρα, την υγρασία και την ταχύτητα του ανέμου (Παπαζαφειρίου, 1984; Allen et al., 1998).
- Παράγοντες καλλιέργειας: η εξατμισοδιαπνοή επηρεάζεται από τον τύπο της καλλιέργειας, την ποικιλία και το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας. Πειραματικά, διαφορές στο ύψος της καλλιέργειας, σε χαρακτηριστικά της ρίζας και στην τραχύτητα του εδάφους σε περίπου ίδιες περιβαλλοντικές συνθήκες έδωσαν διαφορετική τιμή ET (Παπαζαφειρίου, 1984; Allen et al., 1998).
- Καλλιεργητικές τεχνικές: η εξατμισοδιαπνοή επηρεάζεται από τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται, από την χρήση σκευασμάτων για την καταπολέμηση ασθενειών και εντόμων, από την μέθοδο της άρδευσης που χρησιμοποιείται, από την κατεργασία του εδάφους και από την πυκνότητα των φυτών (Allen et al., 1998).



2) Υπολογισμός: ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής γίνεται είτε με άμεσες, είτε με έμμεσες μεθόδους (Παπαζαφειρίου, 1984; Rana και Katerji, 2000).

- Άμεσες μέθοδοι υπολογισμού: γίνεται με την χρήση λυσίμετρου, με την μέθοδο των πειραματικών αγροτεμαχίων, καθώς και με την μέθοδο των διαδοχικών δειγματοληψιών. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο άμεσος υπολογισμός είναι η πιο ακριβής μέθοδος για τον υπολογισμό της ET.
- Έμμεσες μέθοδοι υπολογισμού:
  - Τροποποιημένη μέθοδος Penman (1963)
  - Τροποποιημένη μέθοδος Blaney-Criddle
  - Η μέθοδος Hargreaves-Samani (1985)
  - Μέθοδος FAO-56 Penman-Monteith (καταλληλότερη)

#### **1.2.3.4 Μέθοδος FAO-56 Penman-Monteith**

Η μέθοδος FAO-56 Penman-Monteith είναι η πλέον αξιόπιστη μέθοδος που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της βασικής εξατμισοδιαπνοής ( $ET_0$ ).

Με την παραπάνω μέθοδο γίνεται εκτίμηση ημερήσιας  $ET_r$  σε mm/day για καλλιέργεια αναφοράς μιας υποθετικής καλλιέργειας (γρασίδι), με υποθετικό ύψος 12 cm, συνολική αντίσταση επιφάνειας 70 s/m, albedo 0,23 και αναπτυσσόμενη με πλήρη επάρκεια του εδαφικού νερού. Η  $ET_r$  εκφράζει την εξατμισοδιαπνοή σε διαφορετικές περιοχές ή σε διαφορετικές περιόδους του έτους δίνοντας συγκρίσιμα στοιχεία, καθώς και την συσχέτιση της εξατμισοδιαπνοής από διαφορετικές καλλιέργειες (Allen et al., 1998).

### **1.2.3.5 Υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας (ET<sub>c</sub>)**

Για τον προσδιορισμό της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας (ET<sub>c</sub>), ο ορισμός της οποίας δόθηκε παραπάνω, χρησιμοποιούνται η βασική εξατμισοδιαπνοή (ET<sub>o</sub>) και ο φυσικός συντελεστής K<sub>c</sub>. Η ET<sub>c</sub> προκύπτει από τον λόγο  $K_c = \frac{ET_c}{ET_o}$  (Τερζίδης και Παπαζαφειρίου, 1997).

### **1.2.4 Αποτελεσματικότητα χρήσης αρδευτικού νερού**

Τα τελευταία χρόνια, λόγω της αλλαγής του κλίματος και της σταδιακής μείωσης των υδάτινων αποθεμάτων, έχουν γίνει πολλές προσεγγίσεις για αύξηση της αποτελεσματικότητας της χρήσης του αρδευτικού νερού και μείωση της κατανάλωσης του. Συστήματα και μέθοδοι, όπως η ελλειμματική άρδευση, η γεωργία ακριβείας, η στάγδην άρδευση κ.ά., συμβάλλουν στη μειωμένη χρήση αρδευτικού νερού (Φουντάς και Γέμτος, 2015).

#### **1.2.4.1 Ελλειμματική άρδευση**

Με την ελλειμματική άρδευση, εφαρμόζεται στην καλλιέργεια ποσότητα νερού όχι αυτή που απαιτείται λόγω της ET<sub>c</sub>, αλλά μικρότερη με σκοπό την μείωση του νερού που καταναλώνεται (Ferejes και Soriano, 2007). Η μέθοδος αυτή αποσκοπεί στην μεγιστοποίηση της παραγωγής ανά μονάδα αρδευτικού νερού που χρησιμοποιείται, και κυρίως στη περίπτωση των περιορισμένων διαθέσιμων υδάτινων πόρων (Kirda, 2002).

Πριν την εφαρμογή ενός προγράμματος ελλειμματικής άρδευσης απαραίτητη προϋπόθεση αποτελεί να προσδιοριστούν ορισμένες παράμετροι της άρδευσης. Τέτοιες είναι η ποσότητα και ο χρόνος άρδευσης, καθώς και τα επίπεδα της υδατικής καταπόνησης των φυτών, είτε καθ' όλη τη διάρκεια του βιολογικού τους κύκλου, είτε σε συγκεκριμένα στάδια ανάπτυξης, χωρίς όμως να εμφανίζεται σημαντική

μείωση της απόδοσής τους (Kirda, 2002). Αρχικά θα πρέπει να υπολογιστεί ETc, χρησιμοποιώντας την μέθοδο FAO-56 Penman-Monteith (Allen et al., 1998) και στη συνέχεια να προσδιοριστεί το επίπεδο της ελλειμματικής άρδευσης. Τέλος, με τη χρήση μόνιμων αρδευτικών συστημάτων, έχουμε καλύτερη διαχείριση υδατικής καταπόνησης των φυτών από ελλειμματική άρδευση, αφού παρέχουν τη δυνατότητα να εφαρμόζονται με μικρές ποσότητες νερού και σε μεγάλη συχνότητα (Ferreles and Soriano, 2007).

#### **1.2.4.2 Γεωργία ακριβείας**

Η Γεωργία Ακριβείας είναι μία μέθοδος διαχείρισης των αγροτεμάχιων, τα οποία χωρίζονται σε ομοιογενείς ζώνες διαχείρισης. Με βάση τις παρατηρήσεις, τις μετρήσεις και την αντιμετώπιση των διαφοροποιήσεων ως προς το χώρο ή και το χρόνο μέσα στην κάθε ζώνη, γίνονται οι επεμβάσεις, με μεταβλητές δόσεις, προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η αποδοτικότητα των εισροών (φυτοφάρμακα, λιπάσματα, σπόρος, νερό άρδευσης), ή και να ελαχιστοποιήσει τις δυσμενείς τους συνέπειες (Oliver, 2013).

Η εφαρμογή μεταβλητών δόσεων αρδευτικού νερού σε διαφορετικά μέρη ενός αγροτεμαχίου έχει σαν αποτέλεσμα να εφαρμόζονται οι ποσότητες νερού που χρειάζονται τα φυτά στον χρόνο που χρειάζονται (Smith και Raine, 2000).

### **ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Η συγκεκριμένη εργασία είχε σαν σκοπό να μελετήσει την επίδραση της εφαρμογής άρδευσης στα μορφολογικά χαρακτηριστικά (ύψος) και στην απόδοση (χλωρό και ξηρό βάρος) του φυτού, καθώς και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά (ολικές φαινόλες και αντιοξειδωτική ικανότητα), σε πειραματική καλλιέργεια και σε συνθήκες περιβάλλοντος που δεν ανταποκρίνονται σε αυτές του φυσικού του βιότοπου.

Χρησιμοποιήθηκε σαν μάρτυρας η μεταχείριση που δεν έγινε εφαρμογή της άρδευσης, έτσι ώστε να γίνει σύγκριση των

αποτελεσμάτων με τις μεταχειρίσεις στις οποίες εφαρμόστηκε άρδευση στο 100% και στο 75% των αναγκών του φυτού σε νερό, αντίστοιχα.

Το συγκεκριμένο πείραμα επίσης επιχείρησε να ανιχνεύσει και σε ποια μεταχείριση άρδευσης εφαρμόζεται αποτελεσματικότερα το νερό.

## 2 Υλικά και Μέθοδοι

## **2.1 Περιοχή εκπόνησης του πειράματος**

Η πραγματοποίηση του πειράματος της πτυχιακής διατριβής <<Επίδραση του ποσοστού υδατοκατανάλωσης στα αναπτυξιακά χαρακτηριστικά αρωματικού φυτού (2<sup>η</sup> Καλλιεργητική Περίοδος)>>, έλαβε χώρα στην περιοχή του Βελεστίνου, στο αγρόκτημα της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κατά το έτος 2016. Το φυτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε κατά την διάρκεια αυτού του πειράματος, ήταν το είδος *Sideritis raeseri* (Boiss. & Heldr.), Εικόνα 2.



**Εικόνα 2:** Καλλιέργεια του είδους *Sideritis raeseri* στην περιοχή του Βελεστίνου το έτος 2016.

Η συγκεκριμένη περιοχή χαρακτηρίζεται από ηπειρωτικό κλίμα. Το έδαφος είναι αργιλοπηλοαμμώδες με αλκαλικό pH, ενώ η περιεκτικότητά σε οργανική ουσία είναι από μέτρια έως χαμηλή, με ικανοποιητικά επίπεδα γονιμότητας. Τέλος, το έδαφος χαρακτηρίζεται από καλή αποστράγγιση, ικανοποιητικό αερισμό και συγκράτηση νερού στην περιοχή του ριζοστρώματος των φυτών (Μήτσιος κ.ά., 2000).

## **2.2 Πειραματικό σχέδιο και μεταχειρίσεις άρδευσης**

Το πείραμά μου αποτελούσε μέρος ενός ευρύτερου πειράματος, το οποίο είχε τέσσερις μεταχειρίσεις και τρεις επαναλήψεις για κάθε μεταχείριση.

Ως πειραματικό σχέδιο, είχε χρησιμοποιηθεί το σχέδιο των τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων, με τέσσερις μεταχειρίσεις και τρεις επαναλήψεις.

Ο αγρός είχε χωριστεί σε τέσσερις ομάδες τριών επαναλήψεων, όπου κάθε ομάδα υποδήλωνε την μεταχείριση της άρδευσης.

Η πρώτη μεταχείριση, στην οποία και δεν εφαρμόστηκε άρδευση, αποτέλεσε τον μάρτυρα (E0). Στην δεύτερη μεταχείριση εφαρμόστηκε άρδευση με ποσότητα νερού, η οποία ήταν ίση με το 50% των αναγκών της καλλιέργειας (E50). Στην τρίτη μεταχείριση εφαρμόστηκε άρδευση, με ποσότητα νερού, η οποία ήταν ίση με το 75% των αναγκών της καλλιέργειας (E75). Τέλος, στην τέταρτη και τελευταία μεταχείριση εφαρμόστηκε άρδευση με ποσότητα νερού ίση με το 100% των αναγκών της καλλιέργειας (E100).

Η συνολικά διατιθέμενη έκταση του αγρού ήταν περίπου 400 m<sup>2</sup>, όπου τα 12 πειραματικά τεμάχια καταλάμβαναν χώρο περίπου ίσο με 250 m<sup>2</sup>.

Κάθε πειραματικό τεμάχιο είχε μήκος 3.5 m και πλάτος 5.5 m, ενώ μεταξύ τους υπήρχε διάδρομος πλάτους 1.0 m, ο οποίος διευκόλυνε τις καλλιεργητικές εργασίες που επιτελούνταν και τις διάφορες παρατηρήσεις.

Κάθε επανάληψη είχε 6 σειρές φυτών, ενώ σε κάθε σειρά υπήρχαν 10 φυτά, δηλαδή 60 φυτά ανά επανάληψη και συνολικά 720 φυτά. Οι αποστάσεις φύτευσης των φυτών ήταν 50 cm μεταξύ των γραμμών και 50 cm μεταξύ αυτών.

Οι μεταχειρίσεις που μελετήθηκαν στην συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία, ήταν η πρώτη, η τρίτη και η τέταρτη, δηλαδή η μεταχείριση που χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας (E0) και οι μεταχειρίσεις στις οποίες

εφαρμόστηκε ποσότητα νερού ίση με το 75% και το 100% των αναγκών της καλλιέργειας (E75 και E100 αντίστοιχα).

## **2.3 Καλλιεργητικές φροντίδες**

### **2.3.1 Σκάλισμα**

Προς τα τέλη Φεβρουαρίου άρχισαν οι πρώτες καλλιεργητικές φροντίδες. Αυτές αφορούσαν σκαλίσματα με το χέρι ανάμεσα στα φυτά με σκαλιστήρια και αποσκοπούσαν στον καλό αερισμό του εδάφους και στην καταστροφή διαφόρων ζιζανίων.

Σκαλίσματα επαναλαμβάνονταν σχεδόν κάθε μήνα μέχρι και τον Νοέμβριο. Συνολικά έλαβαν χώρα τέσσερις επεμβάσεις την άνοιξη, τρεις επεμβάσεις το καλοκαίρι και τρεις επεμβάσεις το φθινόπωρο.

### **2.3.2 Βοτάνισμα**

Κατά τις επεμβάσεις του σκαλίσματος λάμβανε χώρα και βοτάνισμα με το χέρι μεταξύ των φυτών, με σκοπό να αντιμετωπιστούν ζιζάνια που δρούσαν ανταγωνιστικά προς τα φυτά της καλλιέργειας. Τέλος, με το βοτάνισμα που γινόταν ανά τακτά χρονικά διαστήματα διευκολύνθηκε τελικά και η συγκομιδή των φυτικών προϊόντων.

Τα ζιζάνια που απομακρύνθηκαν από τον πειραματικό αγρό κατά το βοτάνισμα, δίνονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1).

**Πίνακας 1:** Ζιζάνια που εντοπίστηκαν στα πειραματικά τεμάχια στην διάρκεια του πειράματος

<b>Επιστημονική ονομασία</b>	<b>Οικογένεια</b>	<b>Κοινό όνομα</b>
<i>Convolvulus arvensis</i>	Convolvulaceae	Περικοκλάδα
<i>Aster squamatus</i>	Asteraceae	Αστέρας
<i>Conyza spp.</i>	Asteraceae	Κόνυζα
<i>Xanthium strumarium</i>	Asteraceae	Αγριομελιτζάνα



## Συνέχεια πίνακα 1

Επιστημονική ονομασία	Οικογένεια	Κοινό όνομα
<i>Cynodon dactylon</i>	Poaceae	Αγριάδα
<i>Sorghum halepense</i>	Poaceae	Βέλιουρας
<i>Solanum elaeagnifolium</i>	Solanaceae	Γερμανός
<i>Portulaca oleracea</i>	Portulacaceae	Αντράκλα



**Εικόνα 2:** Πριν το σκάλισμα του πειραματικού αγρού.



**Εικόνα 3:** Μετά το σκάλισμα του πειραματικού αγρού.

### **2.3.3 Λίπανση**

Τόσο πριν όσο και κατά την διάρκεια του πειράματος, δεν έγινε χρήση λίπανσης.

### **2.3.4 Φυτοπροστασία**

Από την φύτευση των φυτών μέχρι και την συγκομιδή τους δεν έλαβε χώρα κάποια φυτοπροστατευτική επέμβαση, αφού δεν παρουσιάστηκαν προσβολές από έντομα ή παθογόνους μικροοργανισμούς, ενώ δεν παρουσιάστηκαν επίσης ούτε σηψιρριζίες ή αδρομυκώσεις σε κανένα από τα πειραματικά τεμάχια.

## **2.4 Σύστημα άρδευσης**

Σαν σύστημα άρδευσης στο πείραμα χρησιμοποιήθηκε η επιφανειακή στάγδην άρδευση. Το συγκεκριμένο σύστημα άρδευσης τοποθετήθηκε στην καλλιέργεια του πειράματος στις 24 Μαρτίου 2016 (Εικόνα 4)



**Εικόνα 4:** Σύστημα άρδευσης καλλιέργειας.

Η συγκεκριμένη μέθοδος άρδευσης επιλέχθηκε εξαιτίας των πολλών πλεονεκτημάτων που αυτή φέρει (Postel, 2000; Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, 2004; Luquet, 2005). Ορισμένα από αυτά τα πλεονεκτήματα αναφέρονται παρακάτω:

- Πρωίμιση παραγωγής και αύξηση αποδόσεων.

- Μειωμένος αριθμός ζιζανίων, λόγω περιορισμού της περιοχής με υγρασία.
- Καλός έλεγχος της ποσότητας νερού κάθε άρδευσης και
- Διατήρηση στο έδαφος μικρών αρνητικών πιέσεων.

Το σύστημα της άρδευσης για τις μεταχειρίσεις που μελετήθηκαν στην συγκεκριμένη εργασία αποτελούνταν από την μονάδα ελέγχου και από τα δίκτυα μεταφοράς και εφαρμογής. Στην μονάδα ελέγχου περιλαμβάνονταν ένα φίλτρο σίτας, έξι υδρόμετρα (ένα για κάθε επανάληψη), ηλεκτροβάνες και δύο ηλεκτροβάνες συνεχούς ρεύματος με ενσωματωμένο προγραμματιστή άρδευσης. Ακόμη, αποτελούνταν από μια δεξαμενή συνολικού όγκου 50 m<sup>3</sup>, από την οποία γινόταν η τροφοδοσία με νερό.

Το δίκτυο μεταφοράς αποτελούνταν από τους κύριους αγωγούς μεταφοράς, που ήταν κατασκευασμένοι από πολυαιθυλένιο. Αυτοί είχαν διάμετρο 32 mm και πίεση λειτουργίας που αντιστοιχούσε σε 6 atm και μετέφεραν το νερό στους αγωγούς τροφοδοσίας.

Όσον αφορά τους αγωγούς τροφοδοσίας, αυτοί είχαν διάμετρο 25 mm, πίεση λειτουργίας 6 atm και μετέφεραν το νερό στους σταλακτηφόρους σωλήνες.

Τέλος, οι σταλακτηφόροι σωλήνες είχαν διάμετρο 20 mm και ήταν κατασκευασμένοι από μαλακό πολυαιθυλένιο. Αυτοί έφεραν στο εσωτερικό τους σταλάκτες, οι οποίοι ισαπέχουν 50 cm, δηλαδή ένας για κάθε φυτό. Η ονομαστική τους παροχή ήταν 4 lt/h, ήταν αυτοκαθαριζόμενοι και αυτορυθμιζόμενοι και είχαν ευρύ πεδίο πιέσεων, έτσι ώστε να μπορούν να διατηρούν σταθερή σε όλο το μήκος της γραμμής άρδευσης την παροχή.

## **2.5 Προσδιορισμός αναγκών της καλλιέργειας σε νερό**

Κατά την εκτέλεση του πειράματος, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από τον αυτόματο μετεωρολογικό σταθμό του Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής, ο οποίος βρίσκεται πλησίον του πειραματικού αγρού. Αυτά τα δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό της δόσης άρδευσης, άρα και για τον υπολογισμό των αναγκών της καλλιέργειας σε νερό.

Έτσι, υπολογίστηκε η ημερήσια  $ET_o$ , μέσω της εξίσωσης FAO-56 Penman-Monteith (Allen et al., 1998), όπως αναφέρεται παρακάτω:

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (2.1)$$

Όπου:

- $ET_o$ : ημερήσια βασική εξατμισοδιαπνοή ( $\text{mm day}^{-1}$ ).
- $R_n$ : καθαρή ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνεια της καλλιέργειας ( $\text{MJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$ ).
- $G$ : πυκνότητα ροής θερμότητας στο έδαφος ( $\text{MJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$ ).
- $T$ : μέση ημερήσια θερμοκρασία αέρα στα 2m ύψος ( $^{\circ}\text{C}$ ).
- $U_2$ : ταχύτητα του ανέμου στο ύψος των 2m ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ).
- $e_s$ : πίεση κορεσμένων υδρατμών του αέρα (kPa).
- $e_a$ : πραγματική πίεση υδρατμών του αέρα (kPa).
- $e_s - e_a$ : το έλλειμμα κορεσμού υδρατμών (kPa).
- $\Delta$ : κλίση της καμπύλης πίεσης κορεσμού των υδρατμών του αέρα ( $\text{kPa}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$ ).
- $\gamma$ : ψυχομετρική σταθερά ( $\text{kPa}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$ )

Στην παραπάνω εξίσωση χρειάσθηκαν πληροφορίες σχετικά με την τοποθεσία (γεωγραφικό πλάτος και υψόμετρο), την θερμοκρασία ανέμου (μέσες ημερήσιες μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες σε  $^{\circ}\text{C}$ ), την υγρασία (μέση ημερήσια πραγματική πίεση υδρατμών του αέρα  $e_a$

σε kPa), την ακτινοβολία (μέση ημερήσια καθαρή ακτινοβολία σε MJ/m<sup>2</sup> day) και την ταχύτητα ανέμου (μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου σε m/sec) μετρημένη σε ύψος 2 m πάνω από το έδαφος (Allen et al., 1998).

Για τον σχεδιασμό του προγράμματος άρδευσης χρειάστηκε να χρησιμοποιηθούν και να υπολογιστούν τα παρακάτω:

- 1) Η  $ET_c$  της καλλιέργειας, η οποία προκύπτει από την παρακάτω σχέση:

$$ET_c = K_c * ET_o \quad (2.2)$$

Όπου:

- $ET_c$ : η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας (mm/day).
  - $K_c$ : συντελεστής που εξαρτάται από το είδος της καλλιέργειας.
  - $ET_o$ : η βασική εξατμισοδιαπνοή (mm/day).
- 2) Το ωφέλιμο ύψος βροχόπτωσης ( $\Omega B$ ) σε mm, το οποίο προκύπτει από την σχέση:

$$\Omega B = 0.8 * B \quad (2.3)$$

Όπου:

- $\Omega B$ : ωφέλιμο ύψος βροχόπτωσης (mm)
  - $B$ : ύψος βροχόπτωσης (mm)
- 3) Οι ημερήσιες καθαρές ανάγκες σε αρδευτικό νερό ( $I_n$ ) σε mm
    - Όταν δεν παρατηρείται βροχόπτωση είναι:

$$I_n = ET_c \quad (2.4)$$

- Σε περίπτωση που παρατηρείται βροχόπτωση είναι:

$$I_n = ET_c - \Omega B \quad (2.5)$$

4) Η δόση άρδευσης ( $I_{da}$ ) σε mm, η οποία αντιστοιχεί στη μεταχείριση E100.

5) Οι σταλάκτες ανά φυτό ( $n$ ), που υπολογίζονται από τη σχέση:

$$n = S_l / S_e \quad (2.6)$$

Όπου:

- $S_l = 0,5$  m, η απόσταση των σταλακτηφόρων σωλήνων μεταξύ τους.
- $S_e = 0,5$  m, η ισαποχή των σταλακτών επί των σταλακτηφόρων σωλήνων.

6) Το ωριαίο ύψος βροχής του κάθε σταλάκτη ( $I_{dh}$ ) σε mm/h, που υπολογίζεται από τη σχέση:

$$I_{dh} = (q * n) / (S_t * S_r) \quad (2.7)$$

Όπου:

- $q = 4 \text{ l h}^{-1}$ , η παροχή του σταλάκτη.
- $S_t = 0,5$  m, η απόσταση των φυτών επί της σειράς.
- $S_r = 0,5$  m, η απόσταση μεταξύ των σειρών της καλλιέργειας.

7) Η διάρκεια της άρδευσης ( $I_t$ ) σε h, που υπολογίζεται από τη σχέση:

$$I_t = I_{da(E100)} / I_{dh} \quad (2.8)$$

Και στην συνέχεια έγινε ο υπολογισμός για την E75.

8) Η δόση άρδευσης ( $I_{da}$ ) στην μεταχείριση E75, που υπολογίζεται από τη σχέση:

$$I_{da(E75)} = I_{da(E100)} * 0.75 \quad (2.9)$$

9) Ο προσδιορισμός του εύρους άρδευσης.

Κατά τον σχεδιασμό του προγράμματος άρδευσης θεωρήθηκε ότι η δόση και το εύρος άρδευσης θα πρέπει να είναι τέτοια, ώστε η περιεχόμενη στο έδαφος υγρασία να πλησιάζει την υδατοϊκανότητά του (FC) και να μεσολαβεί κατάλληλος αριθμός ημερών μεταξύ των αρδεύσεων.

Για την ελαχιστοποίηση πιθανού σφάλματος, όπως να μεσολαβεί μεγάλος αριθμός ημερών μεταξύ των αρδεύσεων, πραγματοποιήθηκε έλεγχος του εύρους άρδευσης με τον υπολογισμό της θεωρητικής δόσης άρδευσης για κάθε μήνα της καλλιεργητικής περιόδου. Το άθροισμα των τιμών της πραγματικής ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας μεταξύ δύο διαδοχικών αρδεύσεων δεν θα έπρεπε να υπερβαίνει την θεωρητική δόση άρδευσης (Giouvanis et al., 2018).

Για τον υπολογισμό της θεωρητικής δόσης άρδευσης έπρεπε να ληφθούν υπόψιν ορισμένοι παράμετροι, οι οποίοι και βασίζονται στα εδαφολογικά στοιχεία του αγρού που πραγματοποιήθηκε το συγκεκριμένο πείραμα (Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, 2004). Οι παράμετροι αυτοί είναι:

- Η υδατοϊκανότητα του εδάφους (FC).
- Το σημείο μόνιμης μάρανσης (PWP) και
- Το βάθος ριζοστρώματος (RD), για κάθε μήνα της αρδευτικής περιόδου.

Τέλος, για τον υπολογισμό του εύρους άρδευσης χρειάστηκαν οι τιμές ορισμένων μεγεθών. Αυτά αναφέρονται παρακάτω:

- Το όριο εξάντλησης της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας (C).
- Η παροχή  $q$ .
- Ο αριθμός σταλακτών ανά φυτό ( $n$ ).
- Ο βαθμός απόδοσης του συστήματος ( $E_d=0.95$ ).
- Η ισαποχή σταλακτών πάνω στους σταλακτηφόρους σωλήνες ( $S_e$ ).
- Η απόσταση των φυτών επί της σειράς ( $S_t$ ).
- Η απόσταση μεταξύ των σειρών της καλλιέργειας ( $S_r$ ) και

- Η μέση ημερήσια εξατμισοδιαπνοή (ET<sub>d</sub>), για κάθε μήνα της αρδευτικής περιόδου.

Για την μέση ημερήσια εξατμισοδιαπνοή (ET<sub>d</sub>), για κάθε μήνα της αρδευτικής περιόδου χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού του Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής, που βρίσκεται πλησίον του πειραματικού αγρού, όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω.

Στους παραπάνω πίνακες (Πίνακες 2 και 3) δίνονται οι παράμετροι που αναφέρθηκαν παραπάνω.

**Πίνακας 2:** Τιμές δεδομένων για τον υπολογισμό της θεωρητικής δόσης και του εύρους άρδευσης.

ΜΗΝΑΣ	FC (%κ.ο.)	PWP (%κ.ο.)	RD (m)	C	P	ETd (mm)
ΜΑΡΤΙΟΣ	32,68	18,50	0,30	0,45	1	1.62
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	32,68	18,50	0,30	0,45	1	3.05
ΜΑΙΟΣ	32,68	18,50	0,30	0,45	1	3.61
ΙΟΥΝΙΟΣ	32,68	18,50	0,35	0,45	1	4.82
ΙΟΥΛΙΟΣ	32,68	18,50	0,35	0,45	1	5.35
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	32,68	18,50	0,35	0,45	1	4.72

**Πίνακας 3:** Υπολογισμός θεωρητικής δόσης, εύρους άρδευσης και της διάρκειας άρδευσης.

ΜΗΝΑΣ	Διαθέσιμη υγρασία (mm ή m <sup>3</sup> /στρ.)	Θεωρητική δόση άρδευσης (mm ή m <sup>3</sup> /στρ.)	Ωριαίο ύψος βροχής (mm/h)	Διάρκεια άρδευσης (h)	Εύρος άρδευσης (ημέρες)
ΜΑΡΤΙΟΣ	42,54	20,15	16	1h 16'	≈12
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	42,54	20,15	16	1h 16'	≈7
ΜΑΙΟΣ	42,54	20,15	16	1h 16'	≈6
ΙΟΥΝΙΟΣ	49,63	23,50	16	1h 28'	≈5
ΙΟΥΛΙΟΣ	49,63	23,50	16	1h 28'	≈5
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	49,63	23,50	16	1h 28'	≈5



Οι τύποι που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του Πίνακα 3 δίνονται παρακάτω:

1) Διαθέσιμη υγρασία:

$$ASM = \frac{FC - PWP}{100} * RD \quad (2.10)$$

2) Θεωρητική δόση άρδευσης:

$$D_n = \frac{ASM * C * P}{E_d} \quad (2.11)$$

3) Ωριαίο ύψος βροχής:

$$D_h = \frac{q * n}{S_t * S_r} \quad (2.12)$$

4) Διάρκεια άρδευσης:

$$t = \frac{D_n}{D_h} \quad (2.13)$$

5) Εύρος άρδευσης:

$$D = \frac{D_n}{ET_d} \quad (2.14)$$

## **2.6 Συγκομιδή**

Στις 19 Μαΐου και όταν τα φυτά ήταν σε πλήρη άνθιση και πριν το πέρας της ανθοφορίας τους, έγινε η συγκομιδή των φυτών με τα χέρια με την χρήση δρεπανιών. Σε αυτό το στάδιο κοβόταν ολόκληρη η ταξιανθία και ένα τμήμα του βλαστού κάτω από αυτή, μήκους περίπου 5 με 6 cm.

Ακολούθως δέθηκαν σε μικρά δεματάκια, όπου θα γινόταν ορισμένες μετρήσεις για να τοποθετηθούν στην συνέχεια για ξήρανση.

## **2.7 Ξήρανση**

Μετά το πέρας ορισμένων μετρήσεων (ύψος, χλωρό βάρος) τα φυτά που είχαν συγκομισθεί μεταφέρθηκαν σε έναν κατάλληλο χώρο, όπου θα γινόταν η ξήρανσή τους. Η ξήρανση των φυτών αποσκοπούσε στην μη υποβάθμιση της ποιότητάς τους (Κατσιώτης και Χατζοπούλου, 2016).

Μετά την ξήρανση, στα φυτά πραγματοποιήθηκαν πάλι μετρήσεις (ξηρό βάρος) και αφού τοποθετήθηκαν σε χάρτινες συσκευασίες, οδηγήθηκαν στο Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

## **2.8 Μεθοδολογία μετρήσεων**

Από κάθε πειραματικό τεμάχιο γινόταν επιλογή 10 τυχαίων φυτών, στα οποία στην συνέχεια γινόταν οι απαραίτητες για το πείραμα μετρήσεις. Ακολούθως γινόταν αναγωγή αυτών σε έκταση ενός στρέμματος. Αυτός ο τρόπος ακολουθήθηκε με σκοπό την διευκόλυνση των μετρήσεων και των υπολογισμών.

Λαμβάνοντας υπόψιν τις αποστάσεις τόσο των σειρών φύτευσης, όσο και τις αποστάσεις των φυτών επί των σειρών, προέκυψε ότι ο αριθμός των φυτών ανά στρέμμα είναι 4000.

## **2.9 Μετρήσεις**

Οι μετρήσεις που έγιναν αφορούσαν το ύψος των παραγόμενων φυτών και το χλωρό και το ξηρό βάρος των συγκομισθέντων φυτών. Μετά τις μετρήσεις ακολούθησε η στατιστική ανάλυση των δεδομένων για την εξαγωγή συμπερασμάτων.

### **2.9.1 Ύψος φυτών**

Η μέτρηση του ύψους των φυτών γινόταν στα πειραματικά τεμάχια πριν αυτά συγκομισθούν. Στο πείραμα μελετήθηκαν τρεις μεταχειρίσεις και κάθε μεταχείριση είχε τρεις επαναλήψεις. Συνολικά γινόταν μετρήσεις ύψους σε 30 συνολικά φυτά από κάθε μεταχείριση (10 τυχαία φυτά από κάθε επανάληψη). Από αυτές τις μετρήσεις προέκυπτε ο μέσος όρος ύψους των φυτών ανά μεταχείριση.

### **2.9.2 Χλωρό βάρος φυτών**

Μετά την συγκομιδή των φυτών, με την βοήθεια ζυγαριάς ακριβείας, έγινε η μέτρηση του χλωρού βάρους των φυτών. Ο μέσος όρος του χλωρού βάρους προέκυπτε όπως και παραπάνω.

### **2.9.3 Ξηρό βάρος φυτών**

Μετά την μέτρηση του χλωρού βάρους, τα φυτά οδηγήθηκαν για ξήρανση σε κατάλληλο χώρο. Η ξήρανση διήρκησε δέκα μέρες. Με το πέρας αυτών των ημερών έγινε η μέτρηση του ξηρού βάρους των φυτών με τα ίδια όργανα και τις ίδιες μεθόδους που αναφέρθηκαν παραπάνω.

## 2.9.4 Χρήση δεικτών για τον υπολογισμό της αποτελεσματικότητας χρήσης αρδευτικού νερού (IWUE)

Γενικά η αποτελεσματικότητα της χρήσης νερού (WUE), μπορεί να προσδιοριστεί με πολλές μεθόδους. Συνήθως χρησιμοποιείται είτε η οικο-φυσιολογική προσέγγιση η οποία λαμβάνει υπόψη τη σχέση μεταξύ της φωτοσύνθεσης και της διαπνοής, είτε η αγρονομική προσέγγιση η οποία λαμβάνει υπόψη τη σχέση μεταξύ της απόδοσης και της υδατικής κατανάλωσης.

Όσον αφορά τη δεύτερη προσέγγιση μια κοινώς αποδεκτή έκφραση αναφέρεται στην παρακάτω σχέση (Katerji et al., 2008):

$$WUE(kg\ m^{-3}) = \frac{\text{Απόδοση}}{\text{Υδατική Κατανάλωση}} \quad (2.15)$$

Ως απόδοση, αναφέρεται η παραγωγή προϊόντος που έχει ενδιαφέρον (οικονομικό) και μπορεί να είναι η συνολική ξηρή μάζα ή το εμπορεύσιμο μέρος της παραγωγής και εκφράζεται σε  $Kg\ m^{-2}$ .

Η υδατική κατανάλωση εκφράζεται σε  $mm$  ή  $m^3/στρέμμα$ , επομένως η WUE εκφράζεται σε  $Kg\ m^{-3}$ .

Ο Monteith (1993) όρισε την WUE ως:

$$WUE = \frac{Y_g}{W_{total}} \quad (2.16)$$

Όπου:

- $Y_g$ : η παραγωγή ξηρής βιομάζας σε  $g\ m^{-2}$ .
- $W_{total}$ : η συνολική ποσότητα νερού που εφαρμόστηκε στην καλλιέργεια (περιλαμβάνει την άρδευση, την βροχόπτωση, καθώς και τη συμβολή της εδαφικής υγρασίας).

Παράγοντες που επηρεάζουν την WUE είναι κυρίως το είδος της καλλιέργειας και η συνολική ποσότητα νερού που καταναλώθηκε, και αφορά το άθροισμα της ποσότητας της βροχόπτωσης, της εδαφικής υγρασίας και της ποσότητας της άρδευσης, χωρίς όμως οι παραπάνω σχέσεις να διαχωρίζουν τον ρόλο της άρδευσης.

Μία έκφραση η οποία δείχνει την αποτελεσματικότητα χρήσης αρδευτικού νερού (IWUE) και χρησιμοποιήθηκε σε αυτήν την εργασία για να περιγράψει το ρόλο της άρδευσης στην WUE, αναφέρεται με την παρακάτω σχέση (Howell, 2001, 2006).

$$IWUE (kg m^{-3}) = \frac{Y_i - Y_d}{I_i} \quad (2.17)$$

Όπου:

- $I_i$ : η εφαρμοζόμενη ποσότητα άρδευσης σε mm ή  $m^3$ /στρέμμα.
- $Y_i$ : η απόδοση που έχει ενδιαφέρον σε  $Kg m^{-2}$  και αντιστοιχεί στην παραπάνω εφαρμοζόμενη ποσότητα άρδευσης.
- $Y_d$ : η απόδοση που έχει ενδιαφέρον σε  $Kg m^{-2}$  και αντιστοιχεί στην ξηρική καλλιέργεια.

Επομένως, χρησιμοποιώντας την παραπάνω σχέση, η αποτελεσματικότητα της χρήσης του νερού προσδιορίστηκε από την κατανάλωση αρδευτικού νερού και την παραγωγή που επιτεύχθηκε σε κάθε μεταχείριση.

## **2.10 Αναλύσεις ποιοτικών χαρακτηριστικών**

Η ανάλυση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων τσαγιού πραγματοποιήθηκε ακολουθώντας την παρακάτω διαδικασία.

Δείγμα 3 gr (φύλλα, άνθη και στέλεχος μαζί) ομογενοποιήθηκε σε 100 ml βρασμένο αποσταγμένο νερό για 10 min. Στην συνέχεια, είχαμε την παραλαβή του εκχυλίσματος με διήθηση.

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

### **2.11 Κλιματικά δεδομένα**

Τα κλιματικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν αφορούσαν τη μέση θερμοκρασία (°C/δεκαήμερο) για την τελευταία 25ετία. Τα δεδομένα αυτά αντλήθηκαν από τον μετεωρολογικό σταθμό πλησίον του αγροκτήματος. Εκτενής αναφορά γίνεται παρακάτω στην παράγραφο 3.1.

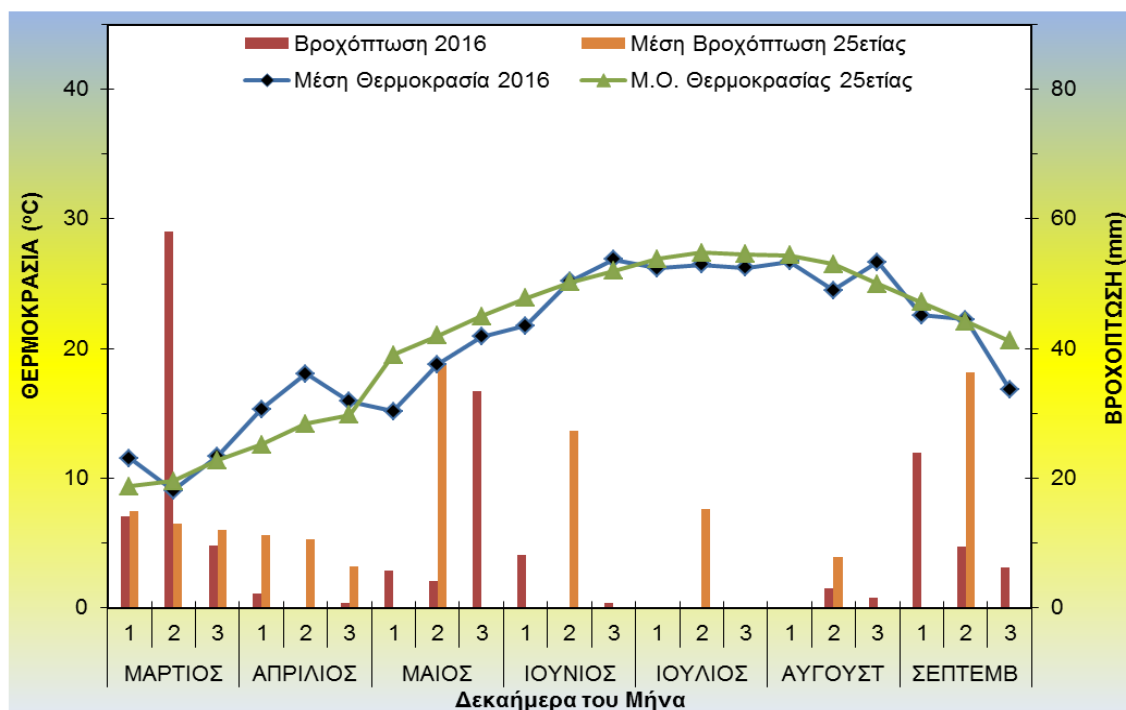
### **2.12 Στατιστική ανάλυση**

Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε στο κομμάτι της στατιστικής ανάλυσης ήταν το IBM SPSS Statistics 23. Με αυτό έγινε σύγκριση των μέσων όρων όλων των μεταχειρίσεων μεταξύ τους, όσον αφορά το ύψος, το χλωρό και το ξηρό βάρος των φυτών ως προς έναν παράγοντα, ο οποίος αφορούσε την ποσότητα άρδευσης. Σε αυτό το κομμάτι χρησιμοποιήθηκε η λειτουργία ONE-WAY ANOVA (Statistics descriptive, missing analysis και posthoc=duncan lsd alpha (0.05)) του λογισμικού.

### **3 Αποτελέσματα**

### 3.1 Μετεωρολογικά δεδομένα

Στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 1) φαίνονται οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας (°C/δεκαήμερο) και της μέσης βροχόπτωσης (mm/δεκαήμερο) των μηνών από Μάρτιο έως και Σεπτέμβριο, τόσο για την τελευταία 25ετία, όσο και για το έτος 2016 στο οποίο πραγματοποιήθηκε το πείραμα.



**Διάγραμμα 1:** Διακύμανση ανά δεκαήμερο μέσης θερμοκρασίας και βροχόπτωσης για το έτος 2016 και για την τελευταία 25ετία.

Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε ότι οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται από 9 °C έως 27 °C, για τους μήνες Μάρτιο έως Σεπτέμβριο του 2016, και έως 19 °C μέχρι της 19 Μαΐου, που έγινε και η συγκομιδή των φυτών ακολουθώντας κατά γενικό κανόνα τον μέσο όρο της 25ετίας.

Παρατηρώντας βέβαια το διάγραμμα γίνεται αντιληπτό ότι υπάρχουν και κάποιες αποκλίσεις στις τιμές θερμοκρασίας του έτους 2016 σε σχέση με τον μέσο όρο της 25ετίας, οι οποίες σημειώνονται το 2<sup>ο</sup> δεκαήμερο του Απριλίου (υψηλότερες τιμές θερμοκρασίας) και το 1<sup>ο</sup> δεκαήμερο του Μαΐου (χαμηλότερες τιμές θερμοκρασίας).



Τώρα όσον αφορά το ύψος της βροχόπτωσης, από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι είχαμε σημαντικές αποκλίσεις το έτος 2016 σε σχέση με τον μέσο όρο της 25ετίας.

Οι διαφορές αυτές παρατηρούνται:

- Τον Μάρτιο του 2016, όπου είχαμε 82 mm αντί για 40 mm, που αντιστοιχεί στο μέσο όρο της 25ετίας για αυτόν τον μήνα.
- Τον Απρίλιο του 2016, που είχαμε ελάχιστη βροχόπτωση (ΜΟΝΟ 3 mm), ενώ την τελευταία 25ετία 28 mm.
- Το 1<sup>ο</sup> και 2<sup>ο</sup> δεκαήμερο του Μαΐου του 2016, όπου το ύψος βροχόπτωσης ήταν 10 mm, περίπου το 1/4 της τελευταίας 25ετίας, που ήταν 38 mm.

Τώρα όσον αφορά το υπόλοιπο χρονικό διάστημα, το ύψος της βροχόπτωσης ήταν ελάχιστο, εκτός από το 3<sup>ο</sup> δεκαήμερο του Μαΐου, το 1<sup>ο</sup> δεκαήμερο του Ιουνίου και το 1<sup>ο</sup> δεκαήμερο του Σεπτεμβρίου.

Τέλος, από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρήθηκε ότι από την ημερομηνία που εγκαταστάθηκε το αρδευτικό σύστημα έως και την συγκομιδή των φυτών, το ύψος της βροχόπτωσης έφτασε μόλις τα 20 mm, ενώ από τη συγκομιδή έως και το τέλος του καλοκαιριού, τα 50 mm.

### **3.2 Πρόγραμμα άρδευσης καλλιέργειας (FAO-56**

#### **Penman-Monteith)**

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4) δίνεται αναλυτικά η ποσότητα νερού που εφαρμόστηκε στην καλλιέργεια, ο αριθμός και η διάρκεια των αρδεύσεων για τις δύο μεταχειρίσεις που μελετήθηκαν, σύμφωνα με την μέθοδο FAO-56 Penman-Monteith.

**Πίνακας 4:** Πρόγραμμα άρδευσης καλλιέργειας τσαγιού για το έτος 2016. FAO-56 Penman-Monteith (Allen et al., 1998).

Ημ/μηνία (1)	ET <sub>o</sub> (mm) (2)	Βροχόπτωση (mm) B (3)	Ωφέλιμη βροχόπτωση (mm) $\Omega B=0,8*B$ (4)	Kc (5)	Ημερήσιες καθαρές ανάγκες σε νερό (mm) $I_n=ET_c - \Omega B$ ( $ET_c=E_o*K_c$ ) (6)	Δόση άρδευσης (mm) $I_{da}=I_n(100\%)$ (mm) (7)	Σταλάκτες ανά φυτό $n=SI/Se$ (8)	Ωριαίο ύψος βροχής (mm/h) $I_{dh}=(q*n)/(St*Sr)$ (9)	Διάρκεια άρδευσης 100% $I_t=I_{da}(100\%)/I_{dh}$ (10)	100%	75%
24/3/2016	2,94	2	1,6	0,80	0,75		1	16	0,00		
25/3/2016	0,79	3,6	2,88	0,80	-2,25		1	16	0,00		
26/3/2016	2,34	0,0	0	0,80	1,87		1	16	0,00		
27/3/2016	0,73	4	3,2	0,80	-2,62		1	16	0,00		
28/3/2016	2,55	0	0	0,80	2,04		1	16	0,00		
29/3/2016	2,52	0,0	0	0,80	2,02		1	16	0,00		
30/3/2016	3,22	0,0	0	0,80	2,58		1	16	0,00		
31/3/2016	3,41	0,0	0	0,80	2,73		1	16	0,00		
1/4/2016	2,87	0,0	0	0,80	2,30		1	16	0,00		
2/4/2016	1,79	0,0	0	0,80	1,43		1	16	0,00		
3/4/2016	2,22	0,0	0	0,80	1,78		1	16	0,00		
4/4/2016	2,80	0,0	0	0,80	2,24		1	16	0,00		
5/4/2016	3,23	0,0	0	0,80	2,58		1	16	0,00		
6/4/2016	3,64	0,00	0	0,80	2,91	17,45	1	16	1,09	1h05'	0h49'
7/4/2016	3,22	0,00	0	0,80	2,58		1	16	0,00		
8/4/2016	3,11	1,6	1,28	0,80	1,21		1	16	0,00		
9/4/2016	2,22	0,20	0,16	0,80	1,62		1	16	0,00		
10/4/2016	1,73	0,40	0,32	0,80	1,06		1	16	0,00		
11/4/2016	3,21	0,00	0	0,80	2,57		1	16	0,00		
12/4/2016	3,84	0,00	0	0,80	3,07		1	16	0,00		
13/4/2016	3,56	0,0	0	0,80	2,85	15,02	1	16	0,94	0h57'	0h43'
14/4/2016	4,32	0,0	0	0,80	3,46		1	16	0,00		
15/4/2016	5,65	0,00	0	0,80	4,52		1	16	0,00		
16/4/2016	4,38	0,00	0	0,80	3,50		1	16	0,00		
17/4/2016	4,10	0,00	0	0,80	3,28		1	16	0,00		
18/4/2016	4,21	0,00	0	0,80	3,37		1	16	0,00		
19/4/2016	4,48	0,00	0	0,80	3,58	20,98	1	16	1,31	1h19'	0h59'
20/4/2016	5,72	0,00	0	0,80	4,58		1	16	0,00		
21/4/2016	5,58	0,00	0	0,80	4,46		1	16	0,00		
22/4/2016	3,75	0,00	0	0,80	3,00		1	16	0,00		
23/4/2016	4,41	0,00	0	0,80	3,53		1	16	0,00		
24/4/2016	5,73	0,00	0	0,80	4,58	19,15	1	16	1,20	1h12'	0h54'
25/4/2016	4,48	0,00	0	0,80	3,58		1	16	0,00		
26/4/2016	5,74	0,00	0	0,80	4,59		1	16	0,00		
27/4/2016	3,92	0,00	0	0,80	3,14		1	16	0,00		
28/4/2016	4,18	0,00	0	0,80	3,34		1	16	0,00		
29/4/2016	1,56	0,80	0,64	0,80	0,61		1	16	0,00		
30/4/2016	4,25	0,00	0	0,90	3,83	19,85	1	16	1,24	1h15'	0h56'
1/5/2016	3,28	0,00	0	0,90	2,95		1	16	0,00		
2/5/2016	1,87	2,40	1,92	0,90	-0,24		1	16	0,00		
3/5/2016	2,61	0,20	0,16	0,90	2,19		1	16	0,00		
4/5/2016	2,05	2,60	2,08	0,90	-0,24		1	16	0,00		

Ημ/μηνία (1)	ETo (mm) (2)	Βροχόπτωση (mm) B (3)	Ωφέλιμη βροχόπτωση (mm) $\Omega B=0,8*B$ (4)	Kc (5)	Ημερήσιες καθαρές ανάγκες σε νερό (mm) $I_n=ET_c - \Omega B$ ( $ET_c=E_o*K_c$ ) (mm) (6)	Δόση άρδευσης (mm) $I_{da}=I_n(100\%)$ (mm) (7)	Σταλάκτες ανά φυτό $n=SI/Se$ (8)	Ωριαίο ύψος βροχής (mm/h) $I_{dh}=(q*n)/(St*Sr)$ (9)	Διάρκεια άρδευσης 100% $I_t=I_{da}(100\%)/I_{dh}$ (10)	100%	75%
5/5/2016	3,05	0,00	0	0,90	2,75		1	16	0,00		
6/5/2016	3,31	0,00	0	0,90	2,98		1	16	0,00		
7/5/2016	3,53	0,60	0,48	0,90	2,70		1	16	0,00		
8/5/2016	3,61	0,00	0	0,90	3,25		1	16	0,00		
9/5/2016	3,84	0,00	0	0,90	3,46	20,16	1	16	1,26	1h16'	0h57'
10/5/2016	4,27	0,00	0	0,90	3,84		1	16	0,00		
11/5/2016	3,08	0,00	0	0,90	2,77		1	16	0,00		
12/5/2016	1,95	1,20	0,96	0,90	0,80		1	16	0,00		
13/5/2016	6,25	0,00	0	0,90	5,63		1	16	0,00		
14/5/2016	5,85	0,00	0	0,90	5,27		1	16	0,00		
15/5/2016	5,21	0,00	0	0,90	4,69	21,76	1	16	1,36	1h22'	1h01'
16/5/2016	5,37	0,00	0	0,90	4,83		1	16	0,00		
17/5/2016	4,70	0,00	0	0,90	4,23		1	16	0,00		
18/5/2016	3,93	0,00	0	0,90	3,54		1	16	0,00		
19/5/2016	3,91	0,00	0	0,90	3,52	20,81	1	16	1,30	1h18'	0h59'

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, μέχρι και την συγκομιδή του τσαγιού είχαμε συνολικά οχτώ αρδεύσεις. Η ποσότητα αρδευτικού νερού που εφαρμόστηκε σε κάθε μεταχείριση ήταν:

- 155,17 mm ή m<sup>3</sup>/στρέμμα, στη μεταχείριση E100 και
- 155,17\*75%= 116,38 mm ή m<sup>3</sup>/στρέμμα, στη μεταχείριση E75.

### **3.3 Εφαρμοζόμενη ποσότητα αρδευτικού νερού**

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5) παρουσιάζονται οι ποσότητες αρδευτικού νερού ανά μεταχείριση καθώς και η συνολική ποσότητα του νερού που δέχθηκε η καλλιέργεια, η οποία εκφράζεται ως άθροισμα της ποσότητας του νερού άρδευσης και της ωφέλιμης βροχόπτωσης.

**Πίνακας 5:** Ποσότητες νερού (mm) των μεταχειρίσεων.

	Μεταχειρίσεις	
	E100	E75
<b>Εφαρμοσθείσα ποσότητα νερού άρδευσης (mm)</b>	155,17	116,38
<b>Ωφέλιμη βροχή</b>	15,68	15,68
<b>Σύνολο (mm)</b>	170,85	132,06

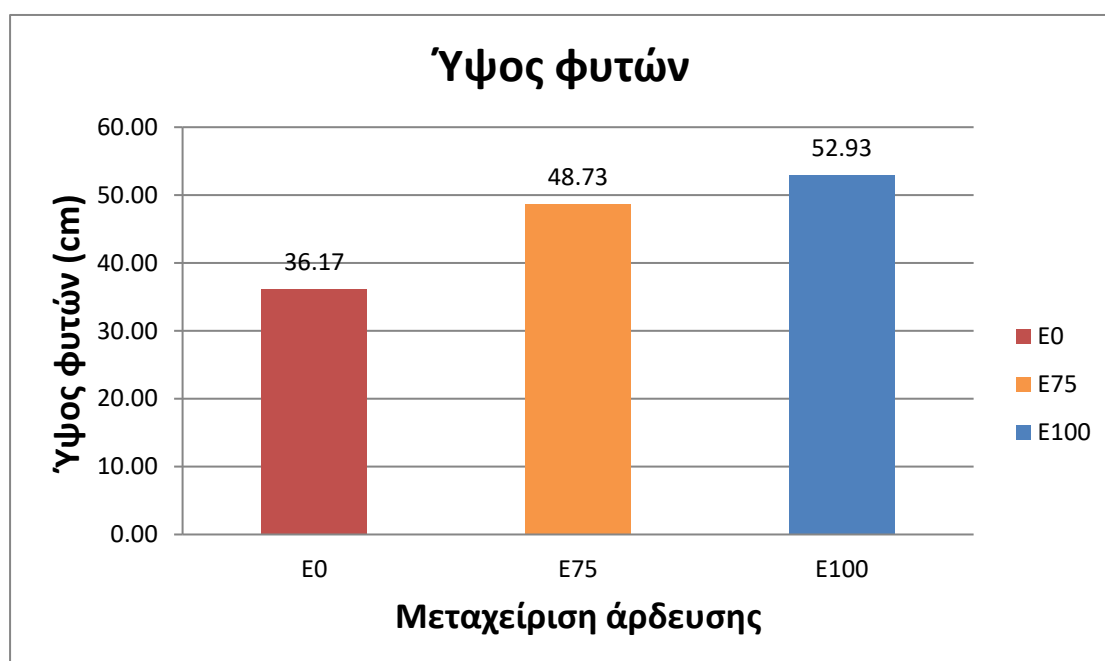
Η συνολική ποσότητα νερού που δέχθηκε η καλλιέργεια ισούται με το άθροισμα της ποσότητας του νερού που εφαρμόστηκε μέσω της άρδευσης (155,17 mm για την E100 και 116,38 mm για την E75) και της ποσότητας νερού που δέχθηκε η καλλιέργεια μέσω της ωφέλιμης βροχόπτωσης (15,68 mm).

### **3.4 Ποσοτικά χαρακτηριστικά**

#### **3.4.1 Ύψος φυτών**

- Στην μεταχείριση E0 (που δεν εφαρμόστηκε άρδευση) το ύψος των φυτών κυμάνθηκε από 27 έως 45 cm, με μέσο ύψος 36,17 cm.
- Στην μεταχείριση E75, το ύψος των φυτών κυμάνθηκε από 35 έως 60 cm, με μέσο ύψος 48,73 cm.
- Στην μεταχείριση E100, το ύψος των φυτών κυμάνθηκε από 31 έως 65 cm, με μέσο ύψος 52,93 cm.

Στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 1) παρουσιάζεται το μέσο ύψος των φυτών και από τις τρεις μεταχειρίσεις άρδευσης.



**Σχήμα 1:** Μέσο ύψος φυτών και για τις τρεις μεταχειρίσεις.

Όπως προκύπτει από το παραπάνω σχήμα, στις μεταχειρίσεις που εφαρμόστηκε άρδευση η ανάπτυξη των φυτών τσαγιού ήταν μεγαλύτερη σε σχέση με την μεταχείριση που δεν εφαρμόστηκε άρδευση.

Γίνεται κατανοητό λοιπόν πως η ανάπτυξη των φυτών επηρεάζεται από την εφαρμογή άρδευσης.

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 6) δίνονται τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης, όσον αφορά το ύψος των φυτών.

**Πίνακας 6:** Σημαντικότητα του μέσου ύψους των φυτών μεταξύ των τριών μεταχειρίσεων.

Πηγή παραλλακτικότητας	Μεταχείριση άρδευσης	Μεταχειρίσεις άρδευσης	Σημαντικότητα
Άρδευση	E0	E75	,000
		E100	,000
	E75	E100	,072

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της μεταχείρισης που δεν εφαρμόστηκε άρδευση (E0) με τις άλλες δύο μεταχειρίσεις (E75, E100).

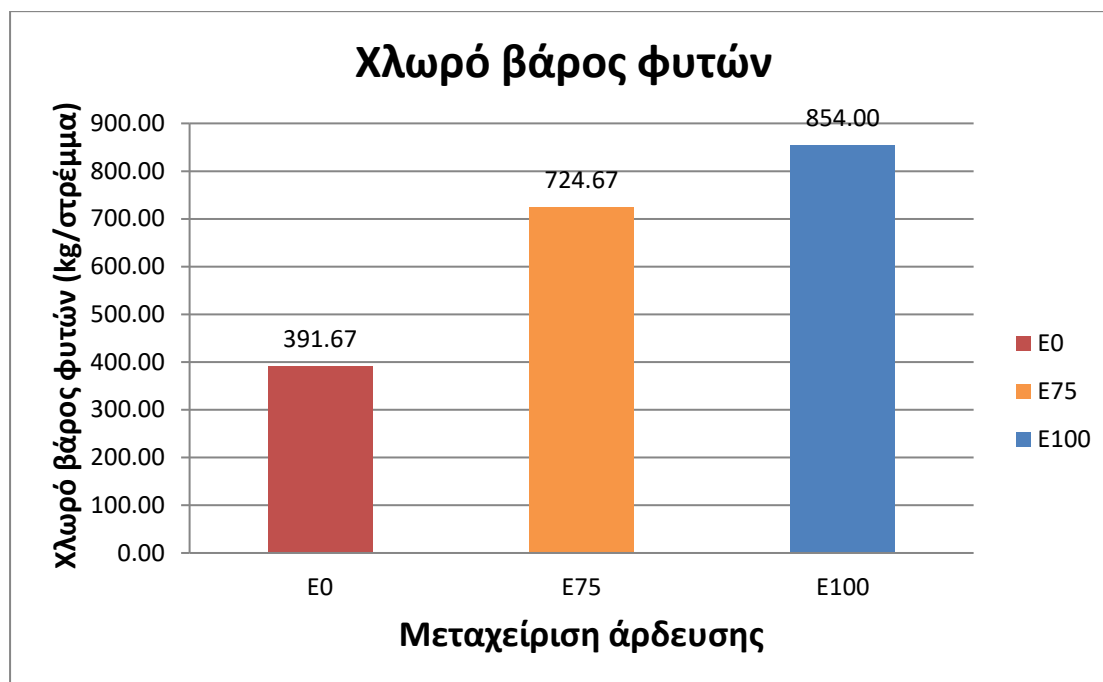
Τέλος, δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων E75 και E100.

### **3.4.2 Χλωρό βάρος φυτών**

Το χλωρό βάρος μετρήθηκε αμέσως μετά την συγκομιδή του τσαγιού.

- Στην μεταχείριση E0 το χλωρό βάρος ήταν 391,67 kg/στρέμμα.
- Στην μεταχείριση E75 το χλωρό βάρος ήταν 724,67 kg/στρέμμα.
- Στην μεταχείριση E100 το χλωρό βάρος ήταν 854,00 kg/στρέμμα.

Στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 2) παρουσιάζονται οι μετρήσεις του χλωρού βάρους των φυτών, το οποίο πάρθηκε αμέσως μετά την συγκομιδή αυτών.



**Σχήμα 2:** Χλωρό βάρος φυτών ανά μεταχείριση άρδευσης.

Όπως προκύπτει από το παραπάνω σχήμα, στις μεταχειρίσεις που εφαρμόστηκε άρδευση η απόδοση ήταν μεγαλύτερη σε σχέση με την μεταχείριση που δεν εφαρμόστηκε άρδευση.

Γίνεται κατανοητό λοιπόν πως και στην περίπτωση του χλωρού βάρους, ισχύει το ίδιο με το ύψος των φυτών, ότι δηλαδή η απόδοση των φυτών επηρεάζεται από την εφαρμογή άρδευσης.

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 7) δίνονται τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης, όσον αφορά το χλωρό βάρος των φυτών.

**Πίνακας 7:** Σημαντικότητα του χλωρού βάρους των φυτών μεταξύ των τριών μεταχειρίσεων.

Πηγή παραλλακτικότητας	Μεταχείριση άρδευσης	Μεταχειρίσεις άρδευσης	Σημαντικότητα
Άρδευση	E0	E75	,000
		E100	,000
	E75	E100	,071

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της μεταχείρισης που δεν εφαρμόστηκε άρδευση (E0) με τις άλλες δύο μεταχειρίσεις (E75, E100).

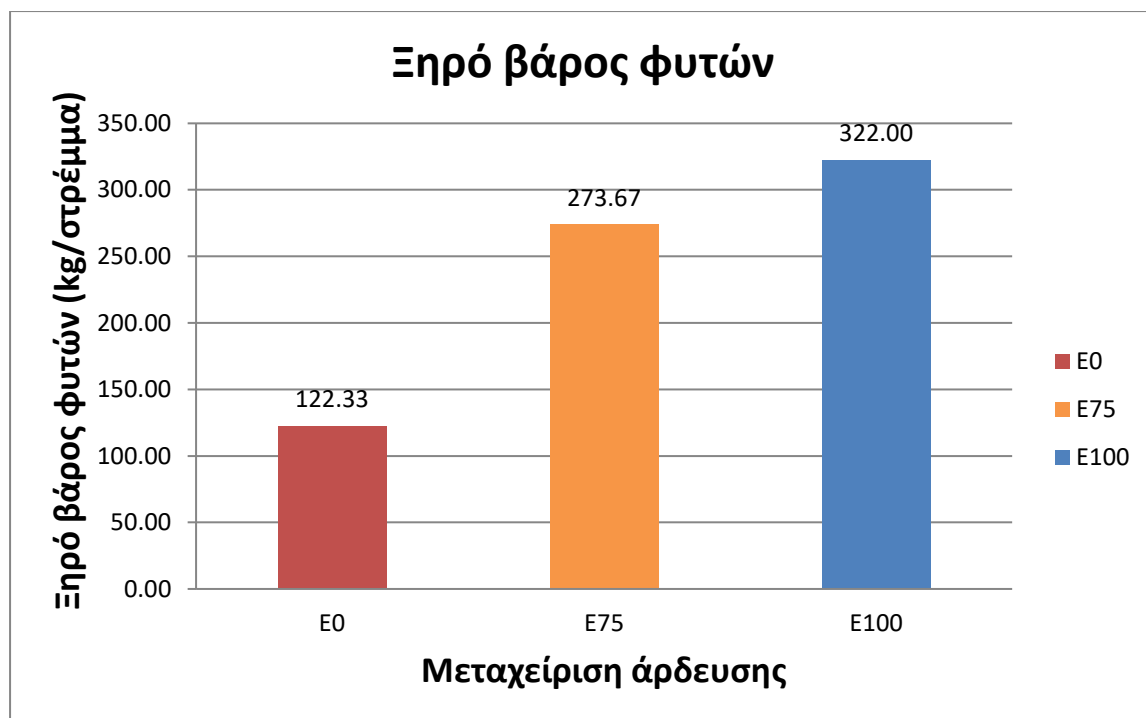
Τέλος, δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων E75 και E100.

### **3.4.3 Ξηρό βάρος φυτών**

Το ξηρό βάρος των φυτών του τσαγιού, μετρήθηκε 10 ημέρες μετά την συγκομιδή των φυτών, στην διάρκεια των οποίων έγινε η ξήρανση των φυτών σε κατάλληλο χώρο και τα φυτά είχαν αποκτήσει το επιθυμητό πρασινοκίτρινο χρώμα.

- Στην μεταχείριση E0 το ξηρό βάρος ήταν 122.33 kg/στρέμμα.
- Στην μεταχείριση E75 το ξηρό βάρος ήταν 273.67 kg/στρέμμα.
- Στην μεταχείριση E100 το ξηρό βάρος ήταν 322.00 kg/στρέμμα.

Στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 3) παρουσιάζονται οι μετρήσεις του ξηρού βάρους των φυτών.



**Σχήμα 3:** Ξηρό βάρος των φυτών ανά μεταχείριση άρδευσης.

Όπως προκύπτει από το παραπάνω σχήμα, στις μεταχειρίσεις που εφαρμόστηκε άρδευση η απόδοση ήταν μεγαλύτερη σε σχέση με την μεταχείριση που δεν εφαρμόστηκε άρδευση.

Γίνεται κατανοητό λοιπόν πως όπως και στο ύψος και το χλωρό βάρος, έτσι και στο ξηρό βάρος των φυτών η απόδοση επηρεάζεται από την εφαρμογή άρδευσης.

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 8) δίνονται τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης, όσον αφορά το ξηρό βάρος των φυτών.

**Πίνακας 8:** Σημαντικότητα του ξηρού βάρους των φυτών μεταξύ των τριών μεταχειρίσεων.

Πηγή παραλλακτικότητας	Μεταχείριση άρδευσης	Μεταχειρίσεις άρδευσης	Σημαντικότητα
Άρδευση	E0	E75	,003
		E100	,000
	E75	E100	,283



Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της μεταχείρισης που δεν εφαρμόστηκε άρδευση (E0) με τις άλλες δύο μεταχειρίσεις (E75, E100).

Τέλος, δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων E75 και E100.

### **3.5 Αποτελεσματικότητα χρήσης αρδευτικού νερού (IWUE)**

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 9) παρουσιάζονται η παραγωγή ξηρού βάρους ανά μεταχείριση, και η ποσότητα άρδευσης που χρησιμοποιήθηκε για αυτήν την παραγωγή.

**Πίνακας 9:**

<b>Μεταχείριση άρδευσης</b>	<b>Ξηρό βάρος (kg/στρέμμα)</b>	<b>Ποσότητα αρδευτικού νερού ανά μεταχείριση (mm)</b>
E0	122.33	0
E75	273.67	116.38
E100	322.00	155.17

Για την αποτελεσματικότητα χρήσης του αρδευτικού νερού για τις δυο μεταχειρίσεις που εφαρμόστηκε άρδευση, χρησιμοποιήθηκε η σχέση (2.17), που αναφέρεται στο προηγούμενο κεφάλαιο.

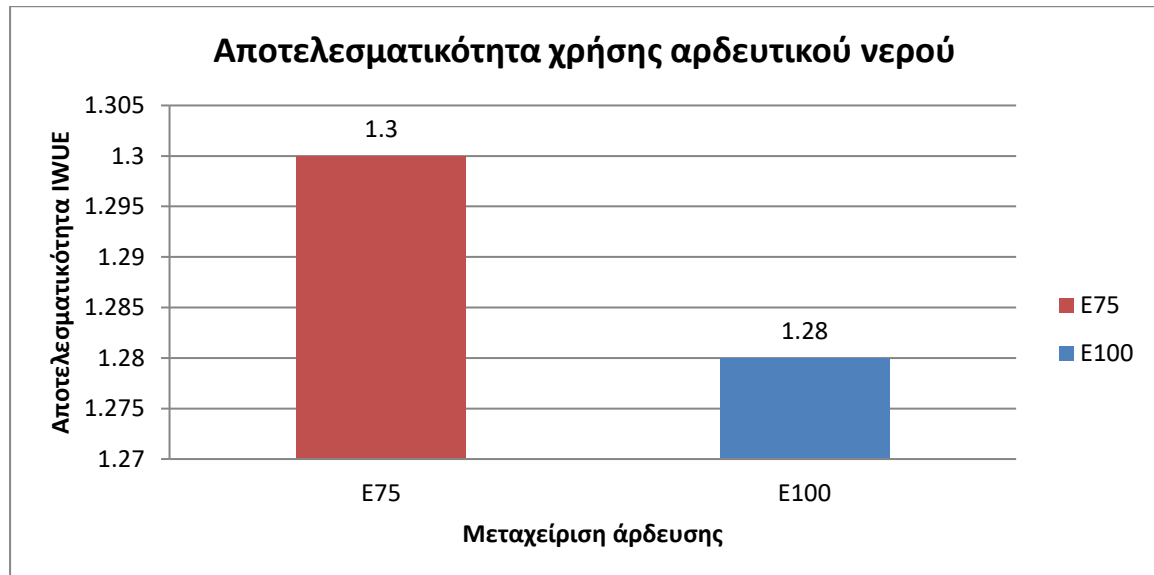
Υπολογίστηκε ο λόγος της διαφοράς του ξηρού βάρους των φυτών (Kg/στρέμμα) που αντιστοιχεί στην εφαρμοζόμενη ποσότητα άρδευσης, με το ξηρό βάρος των φυτών (Kg/στρέμμα) που αντιστοιχεί στην καλλιέργεια που δεν εφαρμόστηκε άρδευση, προς την αντίστοιχη ποσότητα νερού (mm ή m<sup>3</sup>) που εφαρμόστηκε με την άρδευση και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω:

➤ Για τη μεταχείριση E75:

$$IWUE = (Y_i - Y_d) / I_i = (273,67 - 122,33) \text{ (Kg/στρ.)} / 116,38 \text{ (mm)} = 1,30 \text{ kg/στρ/mm}$$

- Για τη μεταχείριση E100:  
 $IWUE=(Y_i-Y_d)/I_i=(322,00-122,33) \text{ (Kg/στρ.)}/155,17 \text{ (mm)} = 1,28$   
kg/στρ/mm

Τα παραπάνω παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 4):



**Σχήμα 4:** Αποτελεσματικότητα χρήσης αρδευτικού νερού.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η αποτελεσματικότητα χρήσης αρδευτικού νερού είναι μεγαλύτερη στη μεταχείριση E75, σε σχέση με την μεταχείριση E100. Αναλυτικότερα, παράγεται 1,56% περισσότερο ξηρό βάρος για κάθε mm νερού άρδευσης που εφαρμόζεται.

Επίσης η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων δεν έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των παραπάνω μεταχειρίσεων.

### **3.6 Ποιοτικά χαρακτηριστικά καλλιέργειας**

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 10) παρουσιάζονται αναλυτικά οι ολικές φαινόλες (TP) και η αντιοξειδωτική ικανότητα (FRAP) και των τριών επαναλήψεων των τριών μεταχειρίσεων της καλλιέργειας.

**Πίνακας 10:** Ολικές Φαινόλες (TP) και Αντιοξειδωτική Ικανότητα (FRAP) των τριών επαναλήψεων των τριών μεταχειρίσεων της καλλιέργειας αναλυτικά.

Δείγματα	TP	μmolFRAP /3gDW
	mg(GAE)/3gDW	
A0	31.08	186.0
A0	31.46	171.9
A0	30.77	153.6
B0	36.14	231.9
B0	36.71	210.6
B0	35.44	214.5
Γ0	36.14	215.4
Γ0	36.52	226.5
Γ0	35.51	239.7
A75	39.24	210.3
A75	39.87	225.9
A75	38.99	200.1
B75	36.90	218.1
B75	36.71	238.8
B75	36.08	207.9
Γ75	44.11	299.1
Γ75	44.94	332.1
Γ75	44.18	316.5
A100	25.70	109.2
A100	25.32	122.4
A100	25.95	107.1
B100	33.80	142.5
B100	34.18	128.4
B100	33.35	159.9
Γ100	30.19	126.9
Γ100	30.38	115.8
Γ100	29.11	118.2

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρείται ότι και στις τρεις επαναλήψεις της μεταχείρισης E75, τόσο οι ολικές φαινόλες όσο και η αντιοξειδωτική ικανότητα σε σχέση με την μεταχείριση E100 και την μεταχείριση E0, είναι αρκετά αυξημένη. Αυτό είναι πολύ ενθαρρυντικό

μιας και το συμπέρασμα που προκύπτει είναι πως με την ελλειμματική άρδευση επιτυγχάνεται εκτός από την εξοικονόμηση αρδευτικού νερού, μεγαλύτερη παραγωγή ξηρής βιομάζας προϊόντος αλλά και καλύτερη ποιότητα παραγωγής. Ακόμη, παρατηρείται ότι και στις τρεις επαναλήψεις της μεταχείρισης που δεν εφαρμόστηκε άρδευση (E0), τόσο οι ολικές φαινόλες όσο και η αντιοξειδωτική ικανότητα σε σχέση με την μεταχείριση E100 , είναι αρκετά αυξημένη, κάτι που μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι με την υπερβολική άρδευση υποβαθμίζεται η ποιότητα της παραγωγής.

## 4 Συζήτηση

## **4.1 Κλιματικές συνθήκες κατά την διάρκεια του πειράματος**

### **4.1.1 Θερμοκρασία**

Όπως προέκυψε από τα στοιχεία που δόθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, οι τιμές της μέσης θερμοκρασίας του έτους 2016, δεν είχαν σημαντικές διαφορές από αυτές της τελευταίας 25ετίας. Η θερμοκρασία έφτασε μέχρι την συγκομιδή την τιμή των 19 °C, ενώ κατά τους καλοκαιρινούς μήνες έφτασε τους 27 °C.

### **4.1.2 Βροχοπτώσεις**

Όσον αφορά τώρα τις βροχοπτώσεις, κατά την διάρκεια του πειράματος είχαμε σχετικά μικρό ύψος αυτών, ενώ φάνηκε ότι τα φυτά αντέδρασαν ευνοϊκά στην εφαρμογή της άρδευσης.

## **4.2 Υψόμετρο**

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πειράματος, το υψόμετρο δεν αποτέλεσε αρνητικό παράγοντα στην ανάπτυξη των φυτών, και όπως γίνεται αντιληπτό είναι δυνατή η καλλιέργεια του συγκεκριμένου φυτού και σε υψόμετρα πολύ χαμηλότερα από αυτά που ήδη αναπτύσσεται. Βέβαια, στα μεγάλα υψόμετρα, στα οποία έχει προσαρμοστεί να αναπτύσσεται, η μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ ημέρας και νύχτας παίζει σημαντικό θετικό ρόλο στην ανάπτυξή του (Κατσιώτης και Χατζοπούλου, 2016).

## **4.3 Έδαφος**

Όσον αφορά τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά του εδάφους, όπως η κοκκομετρική σύσταση, το pH, η περιεκτικότητα σε ασβέστιο, η δομή του, ο καλός αερισμός και η στράγγισή του, δεν φαίνεται να αποτέλεσαν ούτε αυτά αρνητικό παράγοντα για την ανάπτυξη των φυτών τσαγιού.

#### **4.4 Ύψος φυτών**

Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι το μέσο ύψος των φυτών επηρεάστηκε από την ποσότητα νερού που εφαρμόστηκε με την άρδευση. Πιο συγκεκριμένα, την μικρότερη τιμή μέσου ύψους φυτών την παρουσίασε η μεταχείριση στην οποία δεν έγινε εφαρμογή άρδευσης (E0) και ακολούθησαν κατά αύξουσα σειρά οι μεταχειρίσεις E75 και E100.

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει βέβαια να τονιστεί ότι στην μεταχείριση που δεν έγινε εφαρμογή άρδευσης, το μέσο ύψος των φυτών (36,17 cm) δεν διέφερε από αυτό που αναφέρεται για το συγκεκριμένο φυτό και το οποίο κυμαίνεται από 10 έως 50 cm (Μαλούπα κ.α, 2013; Κατσιώτης και Χατζοπούλου, 2016).

Τέλος, όσον αφορά την στατιστική ανάλυση των μετρήσεων διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της μεταχείρισης E75 και E100. Αντιθέτως, υπάρχει σημαντική στατιστικά διαφορά μεταξύ της μεταχείρισης E0 με όλες τις άλλες μεταχειρίσεις.

#### **4.5 Συγκομιδή**

Η συγκομιδή των φυτών πραγματοποιήθηκε στις 19 Μαΐου 2016 και αφού τα φυτά της καλλιέργειας βρισκόταν σε πλήρη άνθιση. Η καλλιέργεια αναπτύχθηκε σε υψόμετρο 70 μέτρων από την επιφάνεια της θάλασσας.

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να τονιστεί ότι η συγκομιδή της συγκεκριμένης καλλιέργειας έγινε σχετικά νωρίτερα από την αναμενόμενη περίοδο συγκομιδής καλλιεργειών που αναπτύσσονται σε μεγαλύτερα υψόμετρα (500 μέτρα και πάνω).

Λαμβάνοντας υπόψιν ότι το υψόμετρο επηρεάζει το χρόνο που θα γίνει η συγκομιδή (Μαλούπα κ.ά., 2013), συνάγεται το συμπέρασμα ότι η εφαρμογή της άρδευσης σε διαφορετικά επίπεδα δεν επηρέασε το χρόνο συγκομιδής.

#### **4.6 Απόδοση καλλιέργειας**

Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι τόσο το χλωρό, όσο και το ξηρό βάρος των φυτών υπερέχει στις μεταχειρίσεις που έγινε εφαρμογή άρδευσης, σε σχέση με τη μεταχείριση που δεν εφαρμόστηκε άρδευση. Πιο συγκεκριμένα, την μικρότερη τιμή εμφάνισε η μεταχείριση που δεν εφαρμόστηκε άρδευση (E0) και ακολούθησαν κατά αύξουσα σειρά οι μεταχειρίσεις E75 και E100.

Σε αυτό το σημείο, θα πρέπει να τονιστεί ιδιαίτερα ότι στην μεταχείριση που δεν έγινε εφαρμογή άρδευσης, το ξηρό βάρος ανά στρέμμα (122 kg/στρέμμα) δεν διέφερε από αυτό που αναφέρεται για το συγκεκριμένο φυτό και το οποίο κυμαίνεται από 100 έως 180 kg ανά στρέμμα (Μαλούπα κ.ά., 2013; Κατσιώτης και Χατζοπούλου, 2016).

Τέλος, όσον αφορά την στατιστική ανάλυση των μετρήσεων, διαπιστώθηκε ότι τόσο στο χλωρό, όσο και στο ξηρό βάρος, δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της μεταχείρισης E75 και E100. Αντιθέτως, υπάρχει σημαντική στατιστικά διαφορά μεταξύ της μεταχείρισης E0 με όλες τις άλλες μεταχειρίσεις.

#### **4.7 Αποτελεσματικότητα άρδευσης**

Από τη μελέτη της αποτελεσματικότητας χρήσης αρδευτικού νερού (IWUE) προκύπτει ότι ο δείκτης έλαβε τη μεγαλύτερη τιμή στη μεταχείριση E75. Επομένως σε αυτό το επίπεδο εφαρμόζεται αποτελεσματικότερα το νερό της άρδευσης.

#### **4.8 Ποιοτικά χαρακτηριστικά**

Στα ποιοτικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας που μελετήθηκαν, οι ολικές φαινόλες και η αντιοξειδωτική ικανότητα (FRAP) και στις τρεις επαναλήψεις των τριών μεταχειρίσεων παρατηρήθηκε ότι στη μεταχείριση E75, τόσο οι ολικές φαινόλες όσο και η αντιοξειδωτική ικανότητα σε σχέση με την μεταχείριση E100, είναι αρκετά αυξημένη.



Επομένως αφού οι μέσοι όροι 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 είναι καλύτερα στην μεταχείριση E75, συμπεραίνεται ότι η ελλειμματική άρδευση, μεταξύ των 75% και 100% της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας, είναι εξίσου ικανοποιητική δίνοντας ικανοποιητικές αποδόσεις με μεγάλη εξοικονόμηση αρδευτικού νερού.

## 5 Συμπεράσματα

Η συγκεκριμένη έρευνα επιβεβαιώνει πως το φυτό <<Τσάι του βουνού>> είναι δυνατόν να καλλιεργηθεί και σε χαμηλότερα υψόμετρα από αυτά που είναι προσαρμοσμένο να αναπτύσσεται, με την προϋπόθεση ωστόσο της άρδευσης.

Με βάση τα αποτελέσματα του πειράματος, φάνηκε να υπάρχει υπεροχή της πλήρως αρδευόμενης μεταχείρισης (E100) έναντι των άλλων μεταχειρίσεων, όσον αφορά τα ποσοτικά χαρακτηριστικά του φυτού (ύψος, χλωρό και ξηρό βάρος).

Από την διακύμανση των μετρήσεων και μέσω της στατιστικής ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε όσον αφορά το ύψος, το χλωρό και το ξηρό βάρος, προέκυψε ότι δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων E100 και E75 σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Αντιθέτως, όσον αφορά τα ίδια ποσοτικά χαρακτηριστικά, παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της μεταχείρισης που δεν έγινε εφαρμογή άρδευσης (E0) και των άλλων δύο μεταχειρίσεων (E75 και E100).

Γίνεται λοιπόν κατανοητό, ότι η εφαρμογή ελλειμματικής άρδευσης δεν επηρεάζει στατιστικά σημαντικά τα ποσοτικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας. Επομένως, η μείωση της ποσότητας του νερού στο 75% των αναγκών της καλλιέργειας σε νερό δίνει ικανοποιητικές αποδόσεις, με ταυτόχρονη εξοικονόμηση αρδευτικού νερού.

Όσον αφορά το κομμάτι των ποιοτικών χαρακτηριστικών του φυτού, η μεταχείριση στην οποία εφαρμόστηκε άρδευση με ποσότητα νερού ίση με το 75% των αναγκών της καλλιέργειας (E75) παρουσίασε αρκετά υψηλότερες τιμές, τόσο ολικών φαινολών, όσο και αντιοξειδωτικής ικανότητας, σε σχέση με τις άλλες δύο μεταχειρίσεις (E0 και E100).

Σύμφωνα με την μελέτη της αποτελεσματικότητας χρήσης αρδευτικού νερού (IWUE), βρέθηκε ότι ο δείκτης έλαβε την μεγαλύτερη τιμή στην μεταχείριση E75 και επομένως προκύπτει ότι το αρδευτικό νερό χρησιμοποιήθηκε αποδοτικότερα από την καλλιέργεια με την εφαρμογή της επιφανειακής ελλειμματικής άρδευσης.

Ένα γενικό συμπέρασμα είναι πως με την εφαρμογή επιφανειακής ελλειμματικής άρδευσης, πετυχαίνεται εξοικονόμηση

αρδευτικού νερού, καλύτερη ποιότητα παραγωγής και καλές αποδόσεις.

Επιπροσθέτως, κατά την διάρκεια εκτέλεσης του πειράματος εξήχθη το συμπέρασμα ότι η καλλιέργεια δεν έχει πολλές απαιτήσεις σε καλλιεργητικές φροντίδες και φυτοπροστασία και ότι το κυριότερο πρόβλημα που θα πρέπει να αντιμετωπιστεί είναι η καταπολέμηση των ζιζανίων.

Τέλος, θα πρέπει η έρευνα να συνεχιστεί με την εφαρμογή διαφορετικών επιπέδων άρδευσης.

## 6 Βιβλιογραφία

## 6.1 Ξένα βιβλιογραφία

1. Aligiannis, N., Kalpoutzakis, E., Chinou, I. B., Mitakou, S., Gikas, E., and Tsarbopoulos, A., 2001. Composition and Antimicrobial Activity of the Essential Oils of Five Taxa of *Sideritis* from Greece. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(2), 811–815.
2. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., and Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper No. 56, *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, Rome, Italy.
3. Armata, M., Gabrieli, C., Termentzi, A., Zervou, M., Kokkalou, E., 2008. Constituents of *Sideritis syriaca*. ssp. *syriaca* (Lamiaceae) and their antioxidant activity. *Food Chemistry* 111, 179–186.
4. Aslan, I., Kilic, T., Goren, A., Topcu, G., 2006. Toxicity of acetone extract of *Sideritis trojana* and 7-epicandiciol, 7-epicandiciol diacetate and 18-acetylsideroxol against stored pests *Acanthoscelides obtectus* (Say), *Sitophilus granarius* (L.) and *Ephestia kuehniella* (Zell). *Industrial Crops and Products* 23, 171–176.
5. Barber, J., Francisco-Ortega, J., Santos-Guerra, A., Marrero, A., Jansen, R., 2000. Evolution of endemic *Sideritis* (Lamiaceae) in Macaronesia: insights from a chloroplast DNA restriction site analysis. *The American Society of Plant Taxonomists* 25, 633–647.
6. Baser, K.H.C., 2002. Aromatic biodiversity among the flowering plant taxa of Turkey. *Pure and Applied Chemistry* 74, 527–545.
7. Basile, A., Senatore, F., Gargano, R., Sorbo, S., Del Pezzo, M., Lavitola, A., and Vuotto, M. L., 2006. Antibacterial and antioxidant activities in *Sideritis italica* (Miller) Greuter et Burdet essential oils. *Journal of Ethnopharmacology*, 107(2), 240–248.
8. Boscaiu, M., Riera, J., Estrelles, E., Giiemes, J., 1998. Chromosome numbers of several Lamiaceae from Spain. *Folia Geobotanica* 33, 187–199.

9. Cabrera, E., Garcia-Granados, A., Saenz de Buruaga, A., Saenz de Buruaga, J.M., 1983. Diterpenoids from *Sideritis hirsuta* subsp. *nivales*. *Phytochemistry* 22, 2779–2781.
10. Carikci, S., Col, C., Kilic, T., Azizoglu, A., 2007. Diterpenoids from *Sideritis tmolea* P.H Davis. *Records of Natural Products* 1, 44–50.
11. Charami, M.T., Lazari, D., Karioti, A., Skaltsa, H., Hadjipavlou-Litina, D., Souleles, C., 2008. Antioxidant and antiinflammatory activities of *Sideritis perfoliata* subsp. *perfoliata* (Lamiaceae). *Phytotherapy Research* 22, 450–454.
12. de Quesada, T., Rodriguez, B., Valverde, S., 1974. Diterpenes from *Sideritis lagascana* and *Sideritis valverdei*. *Phytochemistry* 13, 2008.
13. Fereres, E., and Soriano, M.A., 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany*, volume 58, issue 2: pp. 147-159.
14. Fienberg, K., Foufoula-Georgiou, E., 2009. Reference Module in Earth System and Environmental Sciences. *Encyclopedia of Inland Waters*, 651-660.
15. Fraga, B., Hernandez, M., Diaz, C., 2003a. On the ent-kaurene diterpenes from *Sideritis athoa*. *Natural Product Research* 17, 141–144.
16. Fraga, B.M., Hernandez, M.G., Fernandez, C., Santana, J.M., 2009. A chemotaxonomic study of nine Canarian *Sideritis* species. *Phytochemistry* 70, 1038–1048.
17. Fraga, B., Reina, M., Luis, J., Rodriguez, M., 2003b. Rhoiptelenol and rhoiptelenone, two pentacyclic triterpenes from *Sideritis macrostachya*. *Zeitschrift fur Naturforschung* 58c, 621–625.
18. Gabrieli, C.N., Kefalas, P.G., Kokkalou, E.L., 2005. Antioxidant activity of flavonoids from *S. raeseri*. *Journal of Ethnopharmacology* 96, 423–428.

19. Galati, E., Germano, M., Rossitto, A., Tzakou, O., Skaltsa, H., and Roussis, V., 1996. Essential oil of *Sideritis raeseri* Boiss. et Heldr. ssp. *raeseri*. *Journal of Essential Oil Research*, 8, 303-304.
20. Garcia-Granados, A., Martinez, P.A., Parra, A., 1982. Componentes terpenicos de labiadas espanolas: diterpenos de *Sideritis leucantha* var *meridionalis* Font Quer. *Anales de Quimica* 78, 410–412.
21. Gergis V., Spiliotis V., and Poulos C., 1990. Antimicrobial activity of essential oils from greek *Sideritis* species. *Pharmazie*, 45(1), 70-71.
22. Ghoumari, H., Benajiba, M.-H., Azmani, A., Garcia-Granados, A., Martinez, A., Parra, A., Rivas, F., Socorro, O., 2005. Ent-kauranoid derivatives from *Sideritis moorei*. *Phytochemistry* 66, 1492–1498.
23. Gil, M., Ferreres, F., Marrero, A., Tomas-Lorente, F., Tomas-Barberan, F., 1993. Distribution of flavonoid aglycones and glycosides in *Sideritis* species from the Canary Islands and Madeira. *Phytochemistry* 34, 227–232.
24. Giouvanis V., Sklavounos K., Avlogiaris I., Papanikolaou C., Wogiatzi E. and Sakellariou – Makrantonaki M., 2017. Full and deficit irrigation of “Mountain Tea” plant, at low altitude (first growing season). 15th International Conference on Environmental Science and Technology Rhodes, Greece, 31 August to 2 September (CEST2017\_00097).
25. Goulas, V., Exarchou, V., Kanetis, L., and Gerothanassis, I. P., 2014. Evaluation of the phytochemical content, antioxidant activity and antimicrobial properties of mountain tea (*Sideritis syriaca*) decoction. *Journal of Functional Foods*, 6, 248–258.
26. Guvenc, A., Houghton, P.J., Duman, H., Coskun, M., Sahin, P., 2005. Antioxidant activity studies on selected *Sideritis* species native to Turkey. *Pharmaceutical Biology* 43, 173–177.
27. Heman Marius, F.F., 2017. Mannic acid, a new ent-kaurane dimer diterpenoid and other chemical constituents from different parts



- of *Diospyros mannii*. *Biochemical Systematics and Ecology* 74, 51-56.
28. Howell, T.A., 2001. Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. *Agronomy Journal*, 93, pp. 281–289.
29. Howell, T.A., 2006. Challenges in increasing water use efficiency in irrigated agriculture. In: *Proceedings of the Int. Symp. on Water and Land Management for Sustainable Irrigated Agriculture*, University of Cukurova, 4–8 April 2006, Adana, pp. 53–63.
30. Iscan, G., Kirimer, N., Kurkcuoglu, M., Baser, K.H.C., 2005. Composition and antimicrobial activity of the essential oils of two endemic species from Turkey: *Sideritis cilicica* and *Sideritis bilgerana*. *Chemistry of Natural Compounds* 41, 679–682.
31. Janeska, B., Stefova, M., Alipieva, K., 2007. Assay of flavonoid aglycones from the species of genus *Sideritis* (Lamiaceae) from Macedonia with HPLC-UV DAD. *Acta Pharmaceutica* 57, 371–377.
32. Katerji, N., Mastrorilli, M., and Rana, G., 2008. Water Use Efficiency of Crops Cultivated in the Mediterranean Region: Review and Analysis. *European Journal of Agronomy*, 28, 493–507.
33. Kilic, T., 2006. Isolation and biological activity of new and known diterpenoids from *Sideritis stricta* Boiss & Heldr. *Molecules* 11, 257–262.
34. Kilic, T., Yildiz, Y.K., Goren, A.C., Tumen, G., Topcu, G., 2003. Phytochemical analysis of some *Sideritis* species of Turkey. *Chemistry of Natural Compounds* 39, 454–456.
35. Kirida, C., 2002. Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance. *Deficit Irrigation Practice. Water Rep.* 22. FAO, Rome, pp. 3–10.
36. Kirimer, N., Tabanca, N., Demirci, B., Baser, K.H.C., Duman, H., Aytac, Z., 2001. The essential oil of a new *Sideritis* species: *Sideritis ozturkii* Aytac and Aksoy. *Chemistry of Natural Compounds* 37, 234–237.

37. La-Serna Ramos, I.E., Negrin Sosa, L., Perez de Paz, P.L., 1994. A palynological study of the genus *Sideritis* subgenus *Marrubiastum* (Lamiaceae): Macaronesian endemism. *Grana* 33, 21–37.
38. Linardaki, Z. I., Vasilopoulou, C. G., Constantinou, C., Iatrou, G., Lamari, F. N., and Margarity, M., 2011. Differential antioxidant effects of consuming tea from *Sideritis clandestina* subsp. *peloponnesiaca* on cerebral regions of adult mice. *Journal of Medicinal Food*, 14(9), 1060–1064.
39. Logoglu, E., Arslan, S., Oktemer, A., Sakiyan, I., 2006. Biological activities of some natural compounds from *Sideritis sipylea* Boiss. *Phytotherapy Research* 20, 294–297.
40. Luquet, D., Vidal, A., Smith, M., and Dauzat, J., 2005. More crop per drop: how to make it acceptable for farmers? *Agricultural Water Management*, 73, 108–119.
41. Marrero, A., 1986. Aportaciones cariologicas del genero *Sideritis* L. (Lamiaceae) en las Islas Canarias. *Botanica Macaronesica* 14, 35–58.
42. Marrero, A., 1988. Nuevos datos cariologicas para el genero *Sideritis* L. (Lamiaceae) en las Islas Canarias. *Botanica Macaronesica* 16, 37–52.
43. Marrero, A., 1992. Chromosomal evolutionary trends in the genus *Sideritis* subgenus *Marrubiastum*. In: Harley, R.M., Reynolds, T. (Eds.), *Advances in Labiate science*. Royal Botanic Gardens, Kew, pp. 247–256.
44. Marquez, C., Panizo, F., Rodriguez, B., Valverde, S., 1975. A new diterpenoid acetate from *Sideritis reverchonii*. *Phytochemistry* 14, 2713–2714.
45. Mateo, G., Pisco, J.M., 2000. Sobre la presencia de *Sideritis hyssopifolia* L. en el Sistema Iberico. *Flora Montiberica* 16, 8–9.

46. Monteith, J.L., 1993. The exchange of water and carbon by crops in a Mediterranean climate. *Irrigation Science* 14, 85–91.
47. Morales, R., 2000. Diversidad en Labiadas Mediterraneas y Macaronesicas. *Portugaliae Acta Biologica* 19, 31–48.
48. Morales, R., 2010. Sideritis. In: Castroviejo, S., Morales, R., Quintanar, A., Cabezas, S., Pujadas, A.J., Cirujanos, S. (Eds.), *Flora Iberica XII plantas vasculares de la Peninsula Iberica e Islas Baleares*. Real Jardin Botanico Consejo Superior de Investigaciones Cientificas, Madrid, pp. 1–56.
49. Obon de Castro, C., Rivera-Nunez, D., 1994. A Taxonomic Revision of the Section Sideritis (Genus Sideritis) (Labiatae). In: Cramer, J. (Ed.), *Phanerogamarum Monographiae Tomus XXI*, Berlin.
50. Oliver, M., 2013. An overview of Precision Agriculture at Oliver M., Bishop Th., Marchant B. (Eds) *Precision Agriculture for Sustainability and Environmental Protection* Routledge, USA: 3-12.
51. Piozzi, F., Bruno, M., Rosselli, S., Maggio, A., 2006. The diterpenoids from the genus Sideritis. *Studies in Natural Products Chemistry* 33, 493–540.
52. Piozzi, F., Venturella, P., Bellino, A., Mondelli, R., 1968. Diterpenes from Sideritis sicula Ucria. *Tetrahedron* 24, 4073–4081.
53. Pljevljakušić, D., Šavikin, K., Janković, T., Zdunić, G., Ristić, M., Godjevac, D., and Konić-Ristić, A., 2011. Chemical properties of the cultivated *Sideritis raeseri* Boiss. and Heldr. subsp. *raeseri*. *Food Chemistry*, 124, 226-233.
54. Postel, S.L., 2000. Entering an era of water scarcity: the challenges ahead. *Ecological Applications*, 10(4), 941–948.
55. Rana, G., and Katerji, N., 2000. Measurement and estimation of actual evapotranspiration in the field under Mediterranean climate: A review. *European Journal of Agronomy*, 13, 125–153.

56. Rivera, D., Obon, C., 1990. Hybridization between *Sideritis serrata* Lag. and *Sideritis bourgaeana* Boiss. (Lamiaceae) in their hybrid zone in Spain. *Life Sciences* 66, 147–154.
57. Smith, R.J., and Raine, S.R., 2000. A prescriptive future for precision and spatially varied irrigation. Nat. Conf. *Irrigation Association of Australia*, 22-25 May, Melbourne.
58. Socorro, O., Tarrega, I., Zafra, M.L., 1984. Sobre algunas *Sideritis* andaluzas. *Studia Botanica* 3, 267–271.
59. Topcu, G., Goren, A., Kemal Yildiz, Y., Tumen, G., 1999. Entkaurene diterpenes from *Sideritis athoa*. *Natural Product Letters* 14, 123–129.
60. Topcu, G., Goren, A., Kilic, T., Yildiz, K., Tumen, G., 2002a. Diterpenes from *Sideritis trojana*. *Natural Product Letters* 16, 33–37.
61. Topcu, G., Goren, A., Kilic, T., Yildiz, K., Tumen, G., 2002b. Diterpenes from *Sideritis sipylea* and *S. dichotoma*. *Turkish Journal of Chemistry* 26, 189–194.
62. Uğur, A., Varol, Ö., and Ceylan, Ö., 2005. Antibacterial Activity of *Sideritis curvidens* and *Sideritis lanata* from Turkey. *Pharmaceutical Biology*, 43(1), 47–52.
63. Vasileios A. Giouvanis, Christos D. Papanikolaou, Dimitrios S. Dimakas, Maria A. Sakellariou-Makrantonaki, 2018. Deficit Drip Irrigation in Organic Cultivation of Aromatic Plant. ICAWCIP 2018 : 20th International Conference on Agricultural Water Conservation and Irrigation Practices, Berlin Germany May 21-22, 2018, 20 (5) Part XIX
64. Vasilopoulou, C.G., Kontogianni, V.G., Linardaki, Z.I., Iatrou, G., Lamari F.N., Nerantzaki, A.A., Gerothanassis, I.P., Tzakos, A.G., and Margarity, M., 2013. Phytochemical composition of “mountain tea” from *Sideritis clandestina* subsp. *clandestina* and evaluation of its behavioral and oxidant/antioxidant effects on adult mice. *European Journal of Nutrition*, 52, 107-116.

65.Venturella, P., Bellino, A., 1965. Constituents of *Stachys l'italica*. *Atti de ll'Accademia Nazionale di Scienze Arti Palermo IV 24*, 95–99.

## **6.2 Ελληνική βιβλιογραφία**

1. Βουδούρης, Κ. Σ., 2009. Υδρολογία Περιβάλλοντος. Υπόγεια νερά & Περιβάλλον. Εκδόσεις ΤΖΙΩΛΑ.
2. Γιουβάνης Βασίλειος και Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη Μαρία, 2017. Τσάι του βουνού στον κάμπο με ελεγχόμενη άρδευση. Λύκειο των Ελληνίδων Βόλου, Επιστημονική Συνάντηση (Ημερίδα). Βόλος Μαγνησίας, Ελλάδα, Μάιος 2017.
3. Κασιώτης, Σ.Θ. και Χατζοπούλου, Π.Σ., 2016. Αρωματικά φαρμακευτικά φυτά και αιθέρια έλαια Παραγωγή, επεξεργασία, μεταποίηση, αξιοποίηση, διεθνείς αγορές, αρωματοθεραπεία, αρωματοποιία. Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη.
4. Μαλούπα, Ε., Γρηγοριάδου, Κ., Λάζαρη, Δ., και Κρίγκας, Ν., 2013. Καλλιέργεια, μεταποίηση και διασφάλιση ποιότητας των ελληνικών αρωματικών-φαρμακευτικών φυτών. Καβάλα: Γ. Λουπέλης.
5. 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 Ζημεί, Αθήνα.
6. Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ., 1984. Αρχές και Πρακτική των Αρδεύσεων. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
7. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Μ., 2004. Σημειώσεις Αρδεύσεων. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος.
8. Σκρουμπής, Β., 1988. Αρωματικά φυτά και αιθέρια έλαια, Θεσσαλονίκη.

9. Τερζίδης, Γ.Α. και Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ., 1997. Γεωργική Υδραυλική. Εκδόσεις ΖΗΤΗ.
10. Φουντάς, Σπ. και Γέμτος, Θ., 2015. Γεωργία Ακριβείας. Εκδόσεις Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα, ΣΕΑΒ, Αθήνα.