



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής**  
**και Αγροτικού Περιβάλλοντος**  
**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**«Αειφόρος Αγροτική Παραγωγή και Διαχείριση**  
**Περιβάλλοντος»**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ**  
**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ**

**Εφαρμογή άρδευσης στο τσάι του βουνού (*Sideritis raeseri*)**  
**(2η Καλλιεργητική περίοδος)**

**ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Σ. ΣΙΑΦΗΣ**

**ΒΟΛΟΣ 2017**

**ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΣΤΟ ΤΣΑΙ ΤΟΥ ΒΟΥΝΟΥ (*Sideritis raeseri*) (2η  
ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ)**

**ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Σ. ΣΙΑΦΗΣ**

**ΜΕΛΗ ΤΗΣ ΤΡΙΜΕΛΟΥΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ  
ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ**

**ΜΑΡΙΑ ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ-ΜΑΚΡΑΝΤΩΝΑΚΗ, ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ (ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ-  
ΣΤΡΑΓΓΙΣΕΙΣ-ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ, ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ Π.Θ.)**

**ΑΝΘΟΥΛΑ ΔΗΜΗΡΚΟΥ (ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΑ, ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ Π.Θ.)**

**ΗΡΑΚΛΗΣ ΧΑΛΚΙΔΗΣ (ΓΕΩΡΓΙΚΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΗ  
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ  
Π.Θ.)**

Copyright © Σιάφης Κωνσταντίνος, 2017.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του Π.Μ.Σ. «Αειφόρος Αγροτική Παραγωγή και Διαχείριση Περιβάλλοντος», στο Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής του Τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Η μελέτη πεδίου έγινε το 2016, ενώ η επεξεργασία των αποτελεσμάτων και η συγγραφή της εργασίας ολοκληρώθηκαν το Σεπτέμβριο του 2017.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την Καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κυρία Μαρία Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη για την επιλογή του θέματος της διατριβής μου, την συνεχή καθοδήγηση και τις συμβουλές της σε ολόκληρη την πορεία της, αλλά και τον πολύτιμο χρόνο που μου διέθεσε για την επίλυση των όποιων προβλημάτων παρουσιάστηκαν κατά καιρούς.

Οφείλω επίσης να ευχαριστήσω την Καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κυρία Ανθούλα Δημήτρου και τον Επίκουρο Καθηγητή του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κύριο Ηρακλή Χαλκίδη, για την συμμετοχή τους στην τριμελή συμβουλευτική και εξεταστική επιτροπή και για τις παρατηρήσεις τους.

Αισθάνομαι επίσης την ανάγκη να ευχαριστήσω τον υποψήφιο διδάκτορα κύριο Βασίλειο Γιουβάνη και τον Διδάσκοντα με το Π.Δ 407/80 στο Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής κύριο Χρήστο Παπανικολάου, για την βοήθεια τους σε όλη τη διάρκεια του πειράματος.

Τέλος ευχαριστώ την οικογένειά μου, για την υπομονή που επέδειξε και όλους όσους ήταν δίπλα μου σε αυτό το ταξίδι των τελευταίων δύο ετών.

## **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 (2<sup>η</sup> καλλιεργητική περίοδος) και σε υψόμετρο 70 μέτρων από την επιφάνεια της θάλασσας, ενώ ως φυτικό υλικό χρησιμοποιήθηκε το είδος *Sideritis raeseri* (Boiss. & Heldr.).

Εφαρμόστηκαν τέσσερις διαφορετικές μεταχειρίσεις άρδευσης με τρεις επαναλήψεις η κάθε μία. Στη μία μεταχείριση δεν έγινε εφαρμογή άρδευσης και χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας. Στις άλλες τρεις μεταχειρίσεις έγινε εφαρμογή άρδευσης σε τρία διαφορετικά επίπεδα, στο 100%, στο 75% και στο 50% 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 ( $E_{T_0}$ ), η οποία υπολογίσθηκε σύμφωνα με την εξίσωση FAO-56 Penman-Monteith (Allen et al., 1998). 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 και την απόδοση της καλλιέργειας (σε χλωρό και ξηρό βάρος). Η αποτελεσματικότητα χρήσης νερού (WUE) εκτιμήθηκε με βάση το δείκτη της αποτελεσματικότητας χρήσης αρδευτικού νερού ( $I_{WUE}$ ).

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  $I_{WUE}$  έδειξε ότι η εφαρμογή άρδευσης στο 75% των αναγκών της καλλιέργειας σε νερό, δίνει καλύτερα αποτελέσματα.

Λέξεις κλειδιά: Εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας, ύψος φυτών, απόδοση καλλιέργειας, αποτελεσματικότητα άρδευσης, μεταχείριση άρδευσης.

## **ABSTRACT**

This postgraduate work aims to clarify the effect of irrigation on the quantitative characteristics of the mountain tea plant, cultivated in 2016 (second growing season) and at an elevation of 70 meters above the mean sea level. The plant material used for the specific project is called *Sideritis raeseri* (Boiss. & Heldr.).

Four different irrigation treatments were applied, including three repetitions for each one. The first treatment was not incorporated in the application of irrigation and was identified as a control sample. The other three treatments were applied irrigation at three different levels, specifically at 100%, 75% and 50% of the water needs respectively. The amount of water applied to the treatment, which corresponds to the 100% of water needs, was based on the evapotranspiration reference (ET<sub>0</sub>), which is calculated according to the equation FAO-56 Penman-Monteith (Allen et al. 1998). The irrigation system was installed on the 24<sup>th</sup> of March and the method used was drip irrigation.

The measurements took into consideration plants' growth - height and crop yield (in dry and verdant weight). Water Efficiency (WUE) was estimated based on the irrigation water efficiency index (IWUE).

According to the results, treatments which were under application of irrigation were more efficient than the control sample, considering growth (height and yield in both dry and verdant weight). It should also be noticed that the IWUE showed that the application of irrigation including 75% of the water culture needs seems to give better results.

Key words: Evapotranspiration, plant height, crop yield, irrigation efficiency, irrigation treatment.

Εγώ, ο Κωνσταντίνος Σιάφης, είμαι ο συγγραφέας αυτής Μ.Δ.Ε. Αυτή η Μ.Δ.Ε. αντικατοπτρίζει την έρευνα που έγινε από εμένα και δεν έχει υποβληθεί (εξ ολοκλήρου ή μέρος της) σαν προπτυχιακή διατριβή ή Μ.Δ.Ε. ή ως μέρος Διδακτορικής Διατριβής σε αυτό ή άλλο Προπτυχιακό ή Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών Ιδρυμάτων Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης του εσωτερικού ή εξωτερικού.

Όποια συνεργασία καθώς και το μέγεθος αυτής δηλώνονται επακριβώς στο αντίστοιχο πεδίο αυτής της διατριβής. Επίσης έχω διαβάσει όλες τις βιβλιογραφικές αναφορές που παρατίθενται στο τέλος.

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



## Πίνακας περιεχομένων

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
ΕΝΟΤΗΤΑ 1 <sup>η</sup> .....	2
1.1 ΤΣΑΙ ΤΟΥ ΒΟΥΝΟΥ .....	2
1.1.1 Γενικά στοιχεία.....	2
1.1.2 Ιστορικά στοιχεία .....	2
1.1.3 Κατανομή – Ταξινόμηση .....	3
1.1.4 Τα είδη Sideritis στην Ελλάδα – Βοτανικά χαρακτηριστικά .....	4
1.1.5 Χημική σύνθεση.....	6
1.1.5.1 Αιθέρια έλαια .....	6
1.1.5.2 Διτερπένια .....	9
1.1.5.3 Πολυφαινόλες.....	9
1.1.6 Καλλιέργεια-Συγκομιδή.....	12
ΕΝΟΤΗΤΑ 2 <sup>η</sup> .....	14
1.2 ΑΡΔΕΥΣΗ.....	14
1.2.1 Το νερό ως φυσικός πόρος .....	14
1.2.1.1 Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα στην Ελλάδα .....	14
1.2.1.2 Χρήσεις του νερού .....	15
1.2.2 Άρδευση καλλιεργειών.....	15
1.2.2.1 Οι ανάγκες των φυτών σε νερό.....	15
1.2.2.2 Ορισμός άρδευσης– Μέθοδοι άρδευσης .....	16
1.2.2.3 Η στάγδην άρδευση ή άρδευση με σταγόνες (drip or trickle irrigation) .....	16
1.2.3 Εξατμισοδιαπνοή (ET).....	17
1.2.3.1 Παράγοντες επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή .....	18
1.2.3.2 Υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής.....	19

1.2.3.3 Μέθοδος FAO–56 Penman-Monteith.....	19
1.2.3.4 Υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας (ETc) .....	20
1.2.4 Αποτελεσματικότητα χρήσης αρδευτικού νερού .....	20
1.2.4.1 Ελλειμματική άρδευση .....	20
1.2.4.2 Γεωργία ακριβείας .....	21
ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	22
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ .....	23
2.1 ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ – ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	24
2.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ .....	25
2.3 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ.....	26
2.3.1 Σκαλίσματα.....	26
2.3.2 Άλλες καλλιεργητικές εργασίες .....	27
2.4 ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ.....	28
2.5 ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ.....	30
2.6 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΝΕΡΟ...	31
2.7 ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ.....	36
2.8 ΞΗΡΑΝΣΗ .....	38
2.9 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.....	39
2.9.1 Μεθοδολογία .....	39
2.9.2 Μετρήσεις.....	40
2.9.2.1 Ύψος.....	40
2.9.2.2 Χλωρό βάρος .....	40
2.9.2.3 Ξηρό βάρος .....	40
2.9.2.4 Χρήση δεικτών για τον υπολογισμό της αποτελεσματικότητας χρήσης αρδευτικού νερού (I <sub>WUE</sub> ).....	40
2.10 ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ .....	42

2.11 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ .....	42
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	43
3.1 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ.....	44
3.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΡΔΕΥΣΗΣ .....	46
3.3 ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ .....	48
3.4 ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ.....	50
3.4.1 Χλωρό βάρος φυτών .....	50
3.4.2 Ξηρό βάρος φυτών.....	52
3.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ (IWUE) ..	54
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	56
4.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	57
4.2 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΚΡΑΤΗΣΑΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	58
4.3 ΥΨΟΜΕΤΡΟ.....	58
4.4 ΕΔΑΦΟΣ.....	59
4.5 ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ .....	59
4.6 ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ .....	59
4.7 ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ.....	60
4.8 ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ.....	60
4.9 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ .....	62
4.10 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	62
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	63
5.1 ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	64
5.2 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	70

## Κατάλογος Συντομογραφιών

ET:	Εξατμισοδιαπνοή
ET <sub>0</sub> :	Εξατμισοδιαπνοή αναφοράς
ETc:	Εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας
Kc:	Συντελεστής καλλιέργειας
WUE:	Αποτελεσματικότητα χρήσης νερού
I <sub>WUE</sub> :	Αποτελεσματικότητα χρήσης αρδευτικού νερού
Μεταχείριση E0:	Μεταχείριση που δεν εφαρμόστηκε άρδευση
Μεταχείριση E50:	Μεταχείριση που εφαρμόστηκε άρδευση, με ποσότητα νερού ίση με το 50% των αναγκών της καλλιέργειας
Μεταχείριση E75:	Μεταχείριση που εφαρμόστηκε άρδευση, με ποσότητα νερού ίση με το 75% των αναγκών της καλλιέργειας
Μεταχείριση E100:	Μεταχείριση που εφαρμόστηκε άρδευση, με ποσότητα νερού ίση με το 100% των αναγκών της καλλιέργειας

## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Διτερπένια διαφόρων ειδών Sideritis (Πηγή: Fraga, 2012).....	9
Πίνακας 2: Κυριότερα ζιζάνια που εντοπίστηκαν στα πειραματικά τεμάχια κατά τη διάρκεια του πειράματος.....	27
Πίνακας 3: Σχέδιο πειραματικών τεμαχίων και εφαρμογή της άρδευσης .....	31
Πίνακας 4: Τιμές δεδομένων που απαιτούνται για τον υπολογισμό της θεωρητικής δόσης και του εύρους άρδευσης .....	35
Πίνακας 5: Υπολογισμός της θεωρητικής δόσης, του εύρους και της διάρκειας άρδευσης .....	36
Πίνακας 6: Πρόγραμμα άρδευσης 2016 Τσαϊ. FAO–56 Penman-Monteith (Allen et al., 1998).....	46
Πίνακας 7: Σημαντικότητα του μέσου ύψους των φυτών μεταξύ των τεσσάρων μεταχειρίσεων. ....	49
Πίνακας 8: Σημαντικότητα του χλωρού βάρους των φυτών μεταξύ των τεσσάρων μεταχειρίσεων .....	51

Πίνακας 9: Σημαντικότητα του ξηρού βάρους των φυτών μεταξύ των τεσσάρων μεταχειρίσεων .....	53
Πίνακας 10: Ξηρό βάρος καλλιέργειας και ποσότητα νερού ανά μεταχείριση άρδευσης. ....	54

### Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Δομή των διπερπενίων του ent-καουρανίου (Πηγή: Fraga, 2012).....	9
Εικόνα 2: Δομή των φλαβονοειδών που εντοπίζονται στα διάφορα είδη <i>Sideritis</i> και κυρίως στο <i>S. raeseri</i> (Πηγή: Janeska et al., 2007; Pljevljakušić et al., 2011).....	11
Εικόνα 3: Καλλιέργεια τέλος του χειμώνα.....	24
Εικόνα 4: Φυτά τέλος του χειμώνα .....	24
Εικόνα 5: Τοποθεσία του αγροκτήματος και θέση του πειράματος. (Πηγή: Google Earth) .....	25
Εικόνα 6: Άποψη του πειραματικού πριν το σκάλισμα .....	27
Εικόνα 7: Άποψη του πειραματικού μετά το σκάλισμα.....	27
Εικόνα 8: Τοποθέτηση συστήματος άρδευσης.....	28
Εικόνα 9: Υδρόμετρο.....	30
Εικόνα 10: Σταλακτηφόρος σωλήνας με τον σταλάκτη .....	30
Εικόνα 11: Καλλιέργεια στην αρχή της ανθοφορίας .....	36
Εικόνα 12: Καλλιέργεια σε πλήρη άνθιση .....	37
Εικόνα 13 Συγκομιδή με μικρό μαχαίρι .....	37
Εικόνα 14: Μικρά δεματάκια ή «ματσάκια» .....	37
Εικόνα 15: Ανθοφόροι βλαστοί <i>Sideritis raeseri</i> .....	38
Εικόνα 16: Τοποθέτηση για ξήρανση.....	39

## Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1: Διακύμανση ανά δεκαήμερο μέσης θερμοκρασίας και βροχόπτωσης για το έτος 2016 και για την τελευταία 25ετία. ....	44
Σχήμα 2: Μέσο ύψος φυτών και για τις τέσσερις μεταχειρίσεις άρδευσης.....	48
Σχήμα 3: Χλωρό βάρος των φυτών ανά μεταχείριση άρδευσης.....	50
Σχήμα 4: Ξηρό βάρος των φυτών ανά μεταχείριση άρδευσης .....	52
Σχήμα 5: Αποτελεσματικότητα χρήσης αρδευτικού νερού ανά μεταχείριση άρδευσης .....	55

## **1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

## ΕΝΟΤΗΤΑ 1<sup>η</sup>

### 1.1 ΤΣΑΙ ΤΟΥ ΒΟΥΝΟΥ

#### 1.1.1 Γενικά στοιχεία

Από τα 350.000 διαφορετικά είδη που περιλαμβάνει το φυτικό βασίλειο, εντοπίζονται περίπου 60.000 είδη φαρμακευτικών και 18.000 είδη αρωματικών φυτών. Πολλά από τα αρωματικά φυτά περιέχουν ουσίες με ιδιότητες θεραπευτικές και χαρακτηρίζονται και ως φαρμακευτικά, ενώ κοινό γνώρισμά τους είναι ότι περιέχουν αιθέρια έλαια στα διάφορα φυτικά όργανά τους (Μαλούπα κ.ά., 2013).

Η χρήση τους ήταν γνωστή από την αρχαιότητα λόγω των θεραπευτικών ιδιοτήτων τους, ενώ σήμερα χρησιμοποιούνται, ως χλωρό ή ξηρό φυτικό υλικό, είτε ως παραλαμβανόμενο αιθέριο έλαιο, στην αρωματοποιία, μαγειρική, σαπωνοποιία, βιομηχανία τροφίμων, ζαχαροπλαστική, ζωοτροφές, φυτοπροστασία καλλιεργειών με φυσικά μέσα, κ.ά. (Κατσιώτης και Χατζοπούλου, 2016).

Από τα πιο γνωστά αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά της Ελλάδας είναι το τσάι του βουνού, γνωστό διεθνώς ως Greek mountain tea. Αποτελούν είδη του γένους *Sideritis*, το οποίο ανήκει στην οικογένεια Lamiaceae (συν. Labiate) και οι ξεροί ανθοφόροι βλαστοί του χρησιμοποιούνται ως αφέψημα, ιδίως ενάντια στα κοινά κρυολογήματα και στις γαστρεντερικές διαταραχές (Aligiannis et al., 2001; Gabrieli et al., 2005).

#### 1.1.2 Ιστορικά στοιχεία

Ο πρώτος που περιέγραψε τα είδη του γένους *Sideritis* ήταν ο Λινναίος, αν και το Ελληνικό τσάι ήταν γνωστό από την αρχαιότητα και αναφέρεται από το Θεόφραστο (372-287 π.Χ.), αλλά και τον Διοσκουρίδη (40-90 μ.Χ.). Στο έργο του “De Materia Medica” ο Διοσκουρίδης περιγράφει τρία είδη σιδερίτη, τα οποία σύμφωνα με ορισμένους ερευνητές δεν αντιστοιχούν σε είδη του γένους *Sideritis* (González-Burgos et al., 2011).

Ως προς το επιστημονικό όνομα του γένους *Sideritis* - Σιδερίτης έχουν διατυπωθεί διάφορες απόψεις. Μία άποψη αναφέρει ότι προέρχεται από την ελληνική λέξη σίδηρος και πιθανότατα δόθηκε στο φυτό λόγω της ικανότητάς



του να επουλώνει τις πληγές και τα τραύματα που προκαλούνταν από σιδερένια όπλα κατά τη διάρκεια των πολέμων στην αρχαιότητα, ενώ μία άλλη άποψη αναφέρει ότι η ονομασία του δόθηκε επειδή έχει υψηλή περιεκτικότητα σε σίδηρο (González-Burgos et al., 2011; Κατσιώτης και Χατζοπούλου, 2016).

### 1.1.3 Κατανομή – Ταξινόμηση

Τα είδη του γένους *Sideritis* κατανέμονται στις εύκρατες και τροπικές περιοχές του Βόρειου ημισφαιρίου και τα περισσότερα από αυτά εξαπλώνονται στη περιοχή της Μεσογείου, από τον Καύκασο έως τα Κανάρια νησιά (Barber et al., 2002). Περιέχει περισσότερα από 150 είδη τα οποία μπορεί να είναι ετήσια ή πολυετή, ποώδη ή θαμνώδη. Με βάση μορφολογικά, γενετικά και χημικά χαρακτηριστικά το γένος *Sideritis* διαιρείται σε δύο υπο-γέννη (subgenera), αυτά των *Sideritis* και *Marrubiastrum*, τα οποία με τη σειρά τους διαιρούνται σε τέσσερις και τρεις ομάδες (sections) αντίστοιχα. Συγκεκριμένα τις ομάδες *Sideritis*, *Empedoclea*, *Hesiodia* και *Burgsdorfia* του υπο-γένους *Sideritis* και τις ομάδες *Empedocleopsis*, *Marrubiastrum* και *Creticae* του υπο-γένους *Marrubiastrum* (González-Burgos et al., 2011).

Κυρίως τα είδη του γένους *Sideritis* ανήκουν στο υπο-γένος *Sideritis*, το οποίο αποτελείται περίπου από 125 είδη που περιλαμβάνουν πολυετή (sections *Sideritis* και *Empedoclea*) και ετήσια φυτά (sections *Hesiodia* και *Burgsdorfia*) και κατανέμονται στις χώρες της Μεσογείου, της Μέσης Ανατολής, τη Βόρεια Αφρική και τις χώρες της Ιβηρικής Χερσονήσου. Το δεύτερο υπο-γένος *Marrubiastrum*, αποτελείται από 24 είδη που περιλαμβάνουν ενδημικά πολυετή είδη του αρχιπελάγους της Μαδέρας και των Καναρίων Νήσων (Barber et al., 2002; Fraga et al., 2009).

Ο μεγάλος αριθμός ενδημικών ειδών, είναι από τα κύρια χαρακτηριστικά του γένους *Sideritis*. Στην Τουρκία από τα 46 είδη που εντοπίζονται, ενδημικά είναι τα 36 (Tunalier et al., 2004; Aslan et al., 2006). Στην Ιβηρική χερσόνησο από τα 49 είδη τα 36 είναι ενδημικά, ενώ στο Μαρόκο από τα 25 είδη τα 16 είναι ενδημικά (Fraga et al., 2009; González-Burgos et al., 2011). Επομένως, τον μεγαλύτερο αριθμό διαφορετικών ειδών έχουν η Ισπανία και η Τουρκία.

#### 1.1.4 Τα είδη *Sideritis* στην Ελλάδα – Βοτανικά χαρακτηριστικά

Στην Ελλάδα εντοπίζονται 17 διαφορετικά αυτοφυή είδη του γένους *Sideritis*, με κύριο χαρακτηριστικό των ειδών αυτών ότι πρόκειται για φυτά ιδιαίτερα ανθεκτικά στην ξηρασία και στις χαμηλές θερμοκρασίες, προσαρμοσμένα για να επιβιώνουν σε πετρώδη εδάφη, ηλιόλουστα, με μεγάλη κλίση, όπου ελάχιστα είδη φυτών θα μπορούσαν να επιβιώσουν και απαντώνται σε υψόμετρα συνήθως άνω των 1.000 m (Γκόλιαρης, 1984; Κατσιώτης και Χατζοπούλου, 2016).

Ως προς τα βοτανικά χαρακτηριστικά τους, είναι φυτά δικοτυλήδονα, πολυετή, ποώδη που αναπτύσσονται μέχρι 40-50 cm, με ελαφρώς ξυλώδη βλαστό και συχνά με πυκνό τρίχωμα. Οι κυριότερες μορφολογικές διαφορές μεταξύ των ειδών εντοπίζονται, στο σχήμα, στο τρίχωμα και στην απόχρωση φύλλων και βρακτίων, στο μέγεθος του κάλυκα και στην ύπαρξη ή όχι τριχώματος, καθώς και στο τρίχωμα και στην συνεκτικότητα της ταξιανθίας, η οποία καθορίζεται από το μήκος των μεσογονατίων διαστημάτων των ανθοφόρων στελεχών (Baden, 1991; Κατσιώτης και Χατζοπούλου, 2016).

Από τα παραπάνω 17 είδη, τα σημαντικότερα που έχουν καταγραφεί και αξιοποιούνται είναι 11 είδη και υποείδη που ανήκουν στο section *Empedoclea*, τα περισσότερα από τα οποία είναι ενδημικά των Βαλκανίων, ενώ 5 από αυτά είναι ενδημικά της Ελλάδας και μερικά εκτός από αυτοφυή, καλλιεργούνται σε διάφορες περιοχές της (Γκόλιαρης, 1984; Petreska et al., 2015; Κατσιώτης και Χατζοπούλου, 2016):

➤ ***Sideritis raeseri***. Γνωστό ως τσάι του Βελουχιού ή τσάι του Παρνασσού.

Καλλιεργείται σε μεγάλη εμπορική κλίμακα. Είναι πολυετής πόα, ύψους από 10 μέχρι 30 ή και 50 cm. Ο βλαστός, καλύπτεται από τρίχωμα, είναι λεπτός, λίγο ξυλώδης στη βάση, με γκρι χρώμα, απλός και σπάνια διακλαδισμένος. Τα κατώτερα φύλλα είναι έμμισχα, επιμήκη, οδοντωτά ή ακέραια και τα ανώτερα άμισχα, στενά ελλειπτικά έως επιμήκη, με οξεία συνήθως απόληξη. Ανθίζει από τον Ιούνιο έως τα μέσα Αυγούστου και το μήκος της ταξιανθίας είναι 3-21 cm, ενώ οι σπόνδυλοι είναι 3-15, αραιοί στην αρχή και προς την κορυφή πυκνότεροι. Τα μεσαία βράκτια, έχουν αδενώδες

τρίχωμα και κορυφή ακιδωτή, είναι βραχύτερα, ίσα ή μεγαλύτερα από τα άνθη, ενώ έχουν σχήμα σφαιρικό, ή νεφροειδή. Ο κάλυκας έχει μήκος 6-13 mm, κωδωνοειδής, τριχωτός που καταλήγει σε πέντε οδοντώσεις. Η στεφάνη έχει χρώμα απαλό κίτρινο, και μήκος 8-15 mm.

Διακρίνουμε δύο υποείδη:

- ***Sideritis raeseri* subsp. *raeseri*** (Boiss. & Heldr.). Είναι ενδημικό είδος των Βαλκανίων, απαντάται σε υψόμετρο 1.000 έως 2.400 μέτρων στο νότιο - δυτικό τμήμα της Βαλκανικής χερσονήσου και στην Ελλάδα αυτοφύεται στην οροσειρά της Πίνδου (Σμόλικας, Γράμμος, Τύμφη κ.ά.), καθώς στην Κεντρική και Στερεά Ελλάδα (Παρνασσός, Τυμφρηστός-Βελούχι, Πήλιο, Όρθρυς).
- ***Sideritis raeseri* subsp. *attica*** (Heldr.) Αυτοφύεται στην Πάρνηθα, στον Κίθαιρώνα και στο όρος Πατέρας και είναι ενδημικό είδος της Ελλάδας.
  - ***Sideritis scardica*** (Griseb). Γνωστό ως Τσάι του Ολύμπου. Είναι και αυτό ενδημικό είδος των Βαλκανίων και απαντάται σε βραχώδεις και αλπικές περιοχές στο νότιο τμήμα της Βαλκανικής χερσονήσου και στην Τουρκία, ενώ στην Ελλάδα εξαπλώνεται σε βουνά της Θεσσαλίας και της Β. Ελλάδας (Όλυμπος, Πήλιο, Βέρμιο κ.ά.), σε υψόμετρα από 1.600 έως 2.300 μέτρα.
  - ***Sideritis syriaca* L. subsp. *syriaca***, συνώνυμο του ***Sideritis cretica***. Γνωστό ως Τσάι της Κρήτης ή Μαλοτήρα ή Καλοκοιμηθιά. Αυτοφύεται σε βουνά της Κρήτης (Λευκά Όρη, Ψηλορείτης κ.ά.), σε υψόμετρο μεγαλύτερο από 800 μέτρα και είναι ενδημικό είδος της Ελλάδας (Κρήτη).
  - ***Sideritis clandestina*** (Chaub. & Borry). Γνωστό ως τσάι Ταϋγέτου ή τσάι Μαλεβού.

Διακρίνουμε δύο υποείδη τα οποία είναι ενδημικά της Ελλάδας:

- ***Sideritis clandestina* subsp. *clandestina***. Αυτοφύεται σε βουνά της Πελοποννήσου (Ταϋγέτος, Πάρνωνας ή Μαλεβός).
- ***Sideritis clandestina* subsp. *peloponnesiaca***. Αυτοφύεται και αυτό σε βουνά της Πελοποννήσου (Ερύμανθος, Κυλλήνη ή Ζήρεια, Χελμός).
  - ***Sideritis euboea*** (Heldr.). Γνωστό ως τσάι της Εύβοιας ή τσάι από το Δέλφι. Αυτοφύεται σε βουνά της Εύβοιας (Δίρφυς και Ξεροβούνι Εύβοιας) και είναι ενδημικό είδος της Ελλάδας.
  - ***Sideritis perfoliata* L.** Γνωστό ως τσάι Βλάχικο.

Διακρίνουμε δύο υποείδη:

- ***Sideritis perfoliata L. subsp. perfoliata***. Αυτοφύεται στα Άγραφα.
- ***Sideritis perfoliata L. subsp. athoa*** (Papanikolaou & Kokkini).

Είναι ενδημικό είδος των Βαλκανίων και στην Ελλάδα το συναντάμε κυρίως σε Άθω και Σαμοθράκη.

➤ ***Sideritis sipylea*** (Boiss). Απαντάται στην Ανατολική Μεσόγειο και στην Ελλάδα αυτοφύεται σε νησιά του Ανατολικού Αιγαίου (Λέσβος, Χίος, Σάμος).

➤ ***Sideritis albiflora*** (Boiss). Απαντάται στην Τουρκία και στην Ελλάδα κυρίως στη Ρόδο και στη Σύμη.

Όσον αφορά τον αριθμό των χρωμοσωμάτων, τα παραπάνω είδη του γένους *Sideritis* έχουν τον ίδιο αριθμό,  $2n=32$ , εκτός από τα *Sideritis scardica* και *Sideritis athoa* που έχουν επιπλέον 2 Β-χρωμοσώματα (Goliaris and Rourakias, 1997).

### 1.1.5 Χημική σύνθεση

Η χημική ανάλυση του εκχυλίσματος των φυτών, έχει βρεθεί ότι περιέχει κυρίως αιθέρια έλαια, όπως μονοτερπένια, σεσκιτερπένια και διτερπένια, αλλά και πολυφαινόλες, στα οποία οφείλεται και η βιολογική - φαρμακολογική δράση των φυτών. Εντοπίζονται και δευτερογενή συστατικά σε μικρότερη περιεκτικότητα και λιγότερη σημασία, όπως ιριδοειδή, τριτερπένια, λιγνάνες, κουμαρίνες κ.ά. (González-Burgos et al., 2011; Vasilopoulou et al., 2013). Οι περισσότερες μελέτες έχουν βασιστεί κυρίως σε φυτικό υλικό από συλλογή αυτοφυών φυτών, ενώ λίγες είναι αυτές που έγιναν σε φυτά πειραματικής καλλιέργειας (Pljevljakušić et al., 2011) ή σε εμπορικά διαθέσιμα καλλιεργούμενα είδη (Knörle, 2012).

#### 1.1.5.1 Αιθέρια έλαια

Τα φυτά του γένους *Sideritis*, σε σχέση με τα υπόλοιπα αρωματικά φυτά της οικογένειας Lamiaceae, χαρακτηρίζονται από χαμηλή απόδοση σε αιθέριο έλαιο (González-Burgos et al., 2011; Pljevljakušić et al., 2011).

Η χρήση αέριας χρωματογραφίας σε συνδυασμό με τη φασματομετρία μαζών (GC-MS), με φέρον αέριο το Ήλιο (Galati et al., 1996; Aligiannis N. et al., 2001), αλλά και η χρήση τεχνικών της φασματοσκοπίας Raman και IR

(Schulz et al., 2005), χρησιμοποιούνται για την απομόνωση των συστατικών του αιθέριου ελαίου, ενώ η παραλαβή τους γίνεται κυρίως με απόσταξη, όπως η υδροαπόσταξη του υπέργειου αποξηραμένου τμήματος των φυτών (Koedam, 1986 κ.ά.), ή με εκχύλιση σε οργανικούς διαλύτες και τα κλάσματά τους (Fraga et. al., 2009).

Για πρώτη φορά, το 1982 προσδιορίστηκαν τα αιθέρια έλαια του *Sideritis raeseri* subsp. *raeseri*, όπου ταυτοποιήθηκαν 47 ενώσεις, με κύρια συστατικά το ναφθαλίνιο σε ποσοστό 22% και το β-πινένιο σε ποσοστό περίπου 11% (Parageorgiou et al., 1982).

Σε μεταγενέστερη εργασία, χρησιμοποιήθηκε ως φυτικό υλικό *S. raeseri* subsp. *raeseri* από το όρος Οίτη και οι αποδόσεις σε αιθέριο έλαιο ήταν 0,12% και τα σημαντικότερα συστατικά του ήταν το β-πινένιο (20,61%), το α-πινένιο (16,50%), το α-χουμουλένιο (9,91%), το λιμονένιο (6,73%), το β-καρβοφυλλένιο (6,52%) και το γερμακρένιο-D (5,52%), ενώ το ναφθαλίνιο σε ποσοστό μόνο 0,18% (η διαφορά με την προηγούμενη εργασία πιθανόν να οφείλεται στη διαφορετική μέθοδο απόσταξης) (Koedam, 1986).

Σε άλλη μελέτη για το *S. raeseri* subsp. *raeseri*, χρησιμοποιήθηκε φυτικό υλικό που συλλέχθηκε στο στάδιο της ανθοφορίας από το όρος Παρνασσός και ταυτοποιήθηκαν 36 ενώσεις, μεταξύ των οποίων η καμφορά (14,90%) και η 1,8-κινεόλη (11,61%), να αποτελούν τα κύρια συστατικά του αιθέριου ελαίου, η απόδοση του οποίου ήταν 0,14% (Galati et al., 1996).

Σε ποσοτικές και ποιοτικές αναλύσεις του αιθέριου ελαίου που έγιναν σε πέντε είδη και υποείδη του γένους *Sideritis* και συγκεκριμένα, στο *S. raeseri* subsp. *raeseri*, στο *S. raeseri* subsp. *attica*, στο *S. clandestina* subsp. *clandestine*, στο *S. sipylea* και στο *S. syriaca* subsp. *syriaca*, ταυτοποιήθηκαν συνολικά 99 διαφορετικές ενώσεις (Aligiannis et al., 2001).

Την μικρότερη απόδοση σε αιθέρια έλαια είχε το *S. raeseri* subsp. *raeseri* (0,12%) και την μεγαλύτερη το *S. sipylea* (0,40%). Τα υπόλοιπα είδη είχαν το *S. syriaca* subsp. *syriaca* 0,19%, το *S. clandestina* subsp. *clandestina* 0,26% και το *S. raeseri* subsp. *attica* 0,37%.

Για το *S. raeseri* subsp. *raeseri*, διαπιστώθηκε ότι οι μονοτερπενικοί υδρογονάνθρακες αποτελούν τη κύρια ομάδα αιθέριων ελαίων και τα κύρια συστατικά ήταν το β-πινένιο (9,06%), το Αγ-κουρκουμένιο (6,14%) και το α-πινένιο (3,63%). Επίσης σε σχέση με προηγούμενη εργασία, (Galati et al.,

1996), το ποσοστό της 1,8-κινεόλης ήταν μόνο 0,56%, ενώ δεν προσδιορίστηκε η καμφορά.

Σε φυτικό υλικό *S. raeseri* subsp. *raeseri*, που προερχόταν από την Ελλάδα και καλλιεργήθηκε πειραματικά στην Σερβία, εξετάστηκε η απόδοση και η σύσταση του αιθερίου ελαίου σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης του φυτού (Pljevljakušić et al., 2011). Η μέγιστη απόδοση σε αιθέριο έλαιο ήταν 0,11% και παρατηρήθηκε όταν τα φυτά συγκομίσθηκαν στο στάδιο της πλήρους άνθησης, ενώ μειώθηκε στο τέλος της άνθησης. Κύριο συστατικό ήταν το σεσκιτερπένιο δικυκλογερμακρένιο με ποσοστό από 35,81% (εμφάνιση των μπουμπουκιών) έως 42,48% (πλήρη άνθηση). Επίσης τα μη οξυγονούχα σεσκιτερπένια αποτελούσαν την σημαντικότερη ομάδα συστατικών, ενώ ως κυριότερο μονοτερπένιο αναφέρεται η *cis*- $\beta$ -Ocimene, με ποσοστό από 3,00% έως 4,96%.

Η ποσοτική και ποιοτική σύσταση του αιθερίου ελαίου δεν είναι ομοιόμορφη, αλλά επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, όπως το βοτανικό είδος/υποείδος (Aligiannis et al., 2001), τις κλιματικές και εδαφικές συνθήκες της περιοχής που αναπτύσσεται το φυτό (González-Burgos et al., 2011), το στάδιο ανάπτυξης κατά την συγκομιδή (Pljevljakušić et al., 2011), την εφαρμογή της καλλιεργητικής πρακτικής, αλλά και τις τεχνικές που ακολουθούνται κατά την παραλαβή και ανάλυση του αιθερίου ελαίου (Pljevljakušić et al., 2011).

Τα αιθέρια έλαια παρουσιάζουν πολλές φαρμακευτικές ιδιότητες όπως, αντιμικροβιακή (αντιβακτηριακή, αντιμυκητιακή) και αντισηπτική δράση (Gergis et al., 1990; Aligiannis et al., 2001; Uğur et al., 2005). Η αντιμικροβιακή δράση μπορεί να εξαρτάται από τη σύσταση του αιθερίου ελαίου, με αυτό του *S. syriaca* subsp. *syriaca*, λόγω της παρουσίας υψηλού ποσοστού της ένωσης καρβακρόλη (33,68%), να εμφανίζει την μεγαλύτερη δραστηριότητα, ενώ αυτό του *S. raeseri* subsp. *raeseri* να είναι τελείως ανενεργό, αφού το ποσοστό των ενώσεων  $\alpha$ -πινένιο και καρβακρόλη (4,48%) είναι χαμηλό (Aligiannis et al., 2001), αλλά και από το μέρος του φυτού από το οποίο παραλήφθηκε, όπου σε σχέση με τις ταξιανθίες, το αιθέριο έλαιο από τα φύλλα παρουσιάζει την υψηλότερη αντιμικροβιακή δράση (Basile et al., 2006).

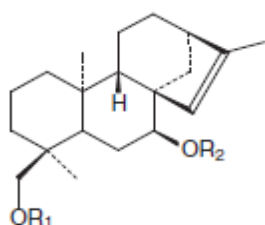
### 1.1.5.2 Διτερπένια

Οι διτερπενοειδείς ενώσεις αποτελούν συστατικά του αιθερίου ελαίου και τα φυτά του γένους *Sideritis* είναι πλούσια σε αυτές, ενώ από τα υπέργεια τμήματα των φυτών έχουν απομονωθεί και ταυτοποιηθεί τουλάχιστον 160 διαφορετικά διτερπένια, (Piozzi et al., 2006; González-Burgos et al., 2011).

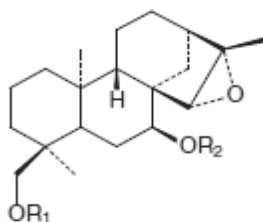
Διτερπένια του ent-καουραίου συναντάμε στα είδη της κεντρικής και ανατολικής Μεσογείου (Fraga, 2012), τα οποία αναφέρονται στον Πίνακα 1, ενώ στην Εικόνα 1 απεικονίζονται αυτά που απαντώνται στο *S. raeseri*.

Πίνακας 1: Διτερπένια διαφόρων ειδών *Sideritis* (Πηγή: Fraga, 2012)

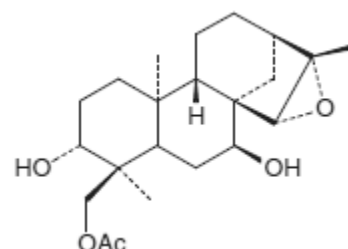
Διτερπένια/είδη <i>Sideritis</i>	<i>S. raeseri</i>	<i>S. euboaea</i>	<i>S. scardica</i>	<i>S. syriaca</i>	<i>S. clandestina</i>
Σιδόλη					x
Λινεαρόλη					x
Ισοφολιόλη		X			x
Ισολινεαρόλη			x		
18-ακετυλολευκανθόλη			x		
Σιδεριδιόλη	x	X		x	x
Σιδερόλη	x	X	x	x	x
Σιδεροξόλη	x	X	x	x	x
Εποξυσιδερόλη	x	X	x	x	
Εουμποτριόλη		X			
Εουμπόλη		X	x		
Εποξυσολινεαρόλη	x				x



Σιδεριδιόλη R1=R2=H  
Σιδερόλη R1=H, R2=Ac



Σιδεροξόλη: R1=R2=H  
Εποξυσιδερόλη: R1=H, R2=Ac



Εποξυσολινεαρόλη

Εικόνα 1: Δομή των διτερπενίων του ent-καουραίου (Πηγή: Fraga, 2012)

Τα διτερπένια παρουσιάζουν πολλές φαρμακευτικές ιδιότητες και δράσεις, όπως αντιοξειδωτική και κυρίως η λινεαρόλη και η σιδόλη (González-Burgos et al., 2011), αντιμικροβιακή (αντιβακτηριακή, αντι-ιική και αντιμυκητιακή δράση), αντιφλεγμονώδη και γαστροπροστατευτική δράση (Gómez-Serranillos et al., 2004; Loğoğlu et al., 2006).

### 1.1.5.3 Πολυφαινόλες

Τα φυτά του γένους *Sideritis* εκτός από αιθέρια έλαια και διτερπένια, περιέχουν πολλές πολυφαινολικές ενώσεις και ιδιαίτερα αυτή των

φλαβονοειδών (González-Burgos et al., 2011), οι επιδράσεις των οποίων στην ανθρώπινη υγεία είναι συνήθως ευεργετικές, λόγω των ισχυρών αντιοξειδωτικών τους ιδιοτήτων (Heim K. et al., 2002).

Η χρήση χρωματογραφικών μεθόδων και η χρήση φασματοσκοπικών τεχνικών, όπως χρήση υψηλής απόδοσης υγρής χρωματογραφίας (HPLC), σε συνδυασμό με τη φασματοσκοπία υπεριώδους ή φασματομετρία μαζών, μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την απομόνωση και την ταυτοποίησή τους (Janeska et al., 2007; Vasilopoulou et al., 2013). Η παραλαβή τους, όσον αφορά τα εσωτερικά φλαβονοειδή, μπορεί να γίνει με συστήματα διαλυτών και διαδοχικές εκχυλίσεις, αρχικά με μεθανόλη και στη συνέχεια με διαιθυλαιθέρα, οξικό αιθυλεστέρα και βουτανόλη (Plioukas et al., 2010).

Μελέτες για τα φλαβονοειδή του γένους *Sideritis* έχουν γίνει σε φυτικό υλικό από τα Βαλκάνια, που αφορούσε σε βοτανικά είδη που απαντώνται και στην Ελλάδα (Janeska et al., 2007; Pljevljakušić et al., 2011), αλλά και σε φυτικό υλικό από την Ελλάδα (Gabrieli et al., 2005; Tsaknis and Lalas, 2005; Vasilopoulou et al., 2013).

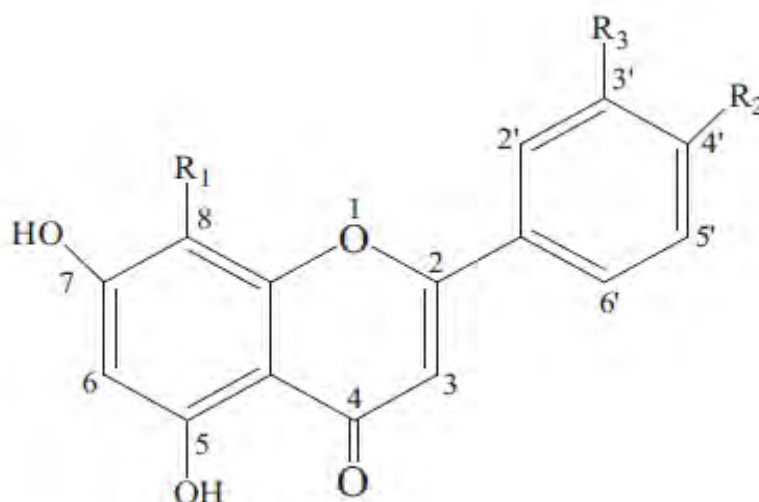
Στην περίπτωση γλυκοζιδικής μορφής φλαβονοειδών, για το *Sideritis raeseri*, ταυτοποιήθηκαν (Εικόνα 2), υπολαετίνη, 3'-Ο-μεθυλ-υπολαετίνη, ισοσκοτελλαρεΐνη, 4'-Ο-μεθυλ-ισοσκοτελλαρεΐνη και απιγενίνη (Janeska et al., 2007), ενώ στις αναλύσεις των Pljevljakušić et al. (2011), εντοπίστηκαν ως επικρατέστερα, η 4'-Ο-μεθυλ-υπολαετίνη και η 4'-Ο-μεθυλ-ισοσκοτελλαρεΐνη, με το χλωρογενικό οξύ να είναι παρόν σε όλα τα στάδια της άνθησης, ενώ το γαλλικό και τα παράγωγά του μόνο στο εκχύλισμα που αντιπροσώπευε το στάδιο μετά την άνθηση.

Επίσης στην εργασία των Gabrieli et al. (2005) στο *S. raeseri*, όλα τα συστατικά που ταυτοποιήθηκαν ήταν 7-Ο-(β-D-allopyranosyl-(1→2)-β-D-glucopyranosyl παράγωγα των 5,8-διυδροξυ-φλαβονών, με διαφορετικές υποκαταστάσεις στο Β-δακτύλιο, ενώ και στην εργασία των Vasilopoulou et al. (2013), εμφανίστηκαν με τη μορφή 7-Ο-γλυκοζιτών.

Η σύσταση των φλαβονοειδών εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως την βοτανική ταξινόμηση και συγκεκριμένα είδη που ανήκουν στην ομάδα (sections) *Sideritis* χαρακτηρίζονται από παρουσία 7-γλυκοσιδίων της 8-υδροξυφλαβόνης, αντί για 7-γλυκοσιδίων της ομάδας (sections) *Hesiodia*



(Fraga, 2012), την γεωγραφική προέλευση, όπου τα μεσογειακά είδη εμφανίζουν υψηλότερη συγκέντρωση φλαβονών που φέρουν οξυγόνο στις θέσεις 5,6,7 και 8, ενώ τα είδη από την Μακαρονησία στις θέσεις 5,6 και 7 (González-Burgos et al., 2011) και τις συνθήκες της περιοχής που αναπτύσσεται το φυτό και συγκεκριμένα τις εδαφοκλιματικές, όπου τα φυτά που αναπτύσσονται σε ξηρικές συνθήκες εμφανίζουν ως μηχανισμό προσαρμογής το μεγαλύτερο ποσοστό σε εξωτερικά φλαβονοειδή, σε αντίθεση με τα είδη που έχουν υιοθετήσει ως προσαρμογή την κάλυψη των φύλλων τους με πυκνό τρίχωμα, αφού σε αυτά απουσιάζουν τα εξωτερικά φλαβονοειδή (Tomas-Barberan and Wollenweber, 1990).



Εικόνα 2: Δομή των φλαβονοειδών που εντοπίζονται στα διάφορα είδη *Sideritis* και κυρίως στο *S. raeseri* (Πηγή: Janeska et al., 2007; Pljevljakušić et al., 2011)

1. Hypolaetin/υπολαετίνη:  $R_1=R_2=R_3=OH$
2. Isoscutellarein/ισοσκουτελλαρεΐνη:  $R_1=R_2=OH$ ,  $R_3=H$
3. 3'-OCH<sub>3</sub> hypolaetin/3'-O-μεθυλ-υπολαετίνη:  $R_1=R_2=OH$ ,  $R_3=OCH_3$
4. Apigenin/απιγενίνη:  $R_1=H$ ,  $R_2=OH$ ,  $R_3=H$
5. 4'-OCH<sub>3</sub> isoscutellarein/4'-O-μεθυλ-ισοσκουτελλαρεΐνη:  $R_1=OH$ ,  $R_2=OCH_3$ ,  $R_3=H$
6. 4'-OCH<sub>3</sub> hypolaetin/4'-O-μεθυλ-υπολαετίνη:  $R_1=OH$ ,  $R_2=OCH_3$ ,  $R_3=OH$
7. Chryseriol/χρυσοερίολη:  $R_1=H$ ,  $R_2=OH$ ,  $R_3=OCH_3$  (ταυτοποιήθηκε μόνο στο εκχύλισμα του *S. scardica*)

Όπως αναφέρθηκε, ένας μεγάλος αριθμός φαρμακολογικών ιδιοτήτων των φυτών του γένους *Sideritis* οφείλεται στην παρουσία πολυφαινολικών ενώσεων, με πιο σημαντική την αντιοξειδωτική δράση, η οποία σχετίζεται με την καταπολέμηση του οξειδωτικού stress (Linardaki et al., 2011; Pljevljakušić et al., 2011), αλλά και την αντιμικροβιακή δράση (Goulas et al., 2014).

Συνήθως η αύξηση του ποσοστού των ολικών φαινολών σε εκχύλισμα μεθανόλης ή οξικού αιθυλεστέρα, έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της δράσης εκκαθάρισης ελεύθερων ριζών, που υπολογίζεται με τη μέθοδο DPPH (Tunalier et al., 2004; Armata et al., 2008).

Η αντιοξειδωτική δράση εξαρτάται κυρίως από το βοτανικό είδος, την μέθοδο της εκχύλισης, το υψόμετρο καθώς και από το στάδιο ανάπτυξης κατά την συγκομιδή (Gabrieli et al., 2005; Charami et al., 2008; Janeska et al., 2007; Armata et al., 2008; Pljevljakušić et al., 2011), ενώ όσον αφορά το *S. raeseri* αναφέρεται ότι εμφανίζει μέτρια αντιοξειδωτική δράση (Gabrieli et al., 2005; Armata et al., 2008)

### **1.1.6 Καλλιέργεια-Συγκομιδή**

Η εγκατάσταση της καλλιέργειας μπορεί να γίνει με μικρά φυτά τα οποία έχουν δημιουργηθεί, είτε αγενώς με μοσχεύματα ή με διαίρεση των φυτών, είτε με σπόρο (Κατσιώτης και Χατζοπούλου, 2016). Εξαιτίας της έντονης τάσης υβριδισμού μεταξύ των ειδών, ο πολλαπλασιασμός με σπόρο μπορεί να δημιουργήσει μεγάλη ανομοιομορφία φυτικού υλικού και για το λόγο αυτό, με την τεχνική της ιστοκαλλιέργειας, μπορεί να δημιουργηθεί αρχικό υλικό υψηλής ποιότητας (Sarroroulou and Maloupa, 2015).

Καταλληλότερη εποχή για την εγκατάσταση είναι το φθινόπωρο ή η άνοιξη και προτιμώνται εδάφη πετρώδη, να έχουν καλή στράγγιση και σε υψόμετρο μεγαλύτερο των 500 m, ενώ αν είναι εφικτό και ανάλογα με τη φύση του εδάφους πριν την εγκατάσταση γίνεται κατεργασία, κυρίως με το χέρι, ή με μηχανικά μέσα (Μαλούπα κ.ά., 2013).

Οι αποστάσεις φύτευσης μπορεί να είναι 50-70 cm μεταξύ των γραμμών και 30-50 cm επί της γραμμής, ενώ ο αριθμός φυτών που προκύπτει ανά στρέμμα, είναι περίπου 4.000 (Κατσιώτης και Χατζοπούλου, 2016).

Συνήθως η καλλιέργεια είναι ξηρική, αν και εκμεταλλεύεται πολύ καλά το νερό όταν δοθεί με την τεχνική της άρδευσης. Θα πρέπει όμως να χορηγείται κατά τρόπο τέτοιο έτσι ώστε να μην παραμένει νερό στο ριζικό σύστημα του φυτού, αφού εμφανίζει ευαισθησία στις σηψιρριζίες (Μαλούπα κ.ά., 2013). Όσον αφορά τη λίπανση, σε περίπτωση που προκύψει ανάγκη, συνήθως

χρησιμοποιείται οργανική λίπανση, αν και η καλλιέργεια δεν έχει μεγάλες απαιτήσεις σε θρεπτικά συστατικά (Κατσιώτης και Χατζοπούλου, 2016).

Από τα μεγαλύτερα προβλήματα που αντιμετωπίζει η καλλιέργεια, ιδιαίτερα τον πρώτο χρόνο, όταν τα φυτά είναι μικρά, είναι τα ζιζάνια. Η καταπολέμησή τους γίνεται με τα χέρια ή καμιά φορά, αν το επιτρέπουν οι μορφολογικές συνθήκες του εδάφους και μηχανικά (Κατσιώτης και Χατζοπούλου, 2016).

Επίσης δεν αναφέρονται σημαντικά προβλήματα από εντομολογικές προσβολές, δεδομένου ότι καλλιεργείται σε ορεινές-ημιορεινές περιοχές (Μαλούπα κ.ά., 2013).

Η συγκομιδή γίνεται χειρωνακτικά, με δρεπάνι ή μαχαίρι και ανάλογα με την περιοχή της καλλιέργειας, ξεκινάει τον Ιούνιο και φτάνει έως τον Αύγουστο, όταν τα φυτά βρίσκονται στη πλήρη άνθιση και είναι μεγαλύτερη η περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο. Συγκομίζονται τα ανθοφόρα στελέχη και στη συνέχεια οι «χειριές» δένονται για να γίνουν «ματσάκια» προκειμένου να τοποθετηθούν για ξήρανση. Η ξήρανσή τους γίνεται με φυσικό τρόπο, σε σκιερό μέρος ή σε υπόστεγα, ενώ δείκτες καλής ξήρανσης και αποθήκευσης αποτελούν το δυνατό και ευχάριστο άρωμα και το πρασινοκίτρινο χρώμα των ανθοφόρων βλαστών (Κατσιώτης και Χατζοπούλου, 2016).

Η απόδοση της φυτείας αυξάνεται από τον δεύτερο χρόνο και αν γίνουν οι σωστές καλλιεργητικές τεχνικές, η φυτεία μπορεί να διατηρηθεί παραγωγική 5-7 χρόνια, αν και μετά τα 5 χρόνια, λόγω των ζιζανίων και της μείωσης της απόδοσης, θα πρέπει να ανανεώνεται. Συνήθως οι αποδόσεις των ξηρών ανθοφόρων βλαστών κυμαίνονται από 100 έως 150 ή και 180 κιλά ανά στρέμμα.

Τα έξοδα της εγκατάστασης της καλλιέργειας (αγορά πολλαπλασιαστικού υλικού, προετοιμασία εδάφους), οι καλλιεργητικές εργασίες, η συγκομιδή και η συσκευασία αφορούν το συνολικό κόστος της καλλιέργειας, που κυμαίνεται περίπου στα 320 Ευρώ ανά έτος και στρέμμα, ενώ το κόστος εγκατάστασης είναι μεγαλύτερο από 850 Ευρώ ανά στρέμμα (Μαλούπα κ.ά., 2013; Κατσιώτης και Χατζοπούλου, 2016).

## **ΕΝΟΤΗΤΑ 2<sup>η</sup>**

### **1.2 ΑΡΔΕΥΣΗ**

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

Το νερό εμφανίζεται στη φύση με όλες τις μορφές του (υγρό, αέριο, και στερεό), βρίσκεται σε συνεχή μετακίνηση και μπορεί να θεωρηθεί ότι κυκλοφορεί μέσα σε ένα κλειστό κύκλωμα που ονομάζεται υδρολογικός κύκλος ή κύκλος νερού, δηλαδή μια σειρά διαδικασιών που περιλαμβάνει τη μεταφορά της υγρασίας από τη θάλασσα στην ατμόσφαιρα και πίσω στη γη και τη θάλασσα (Βουδούρης, 2009).

Από το νερό που επιστρέφει στην επιφάνεια της γης, με τη μορφή των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, τα 2/3 περίπου ξαναγυρίζουν στην ατμόσφαιρα με την διαδικασία της εξάτμισης (υδάτινες επιφάνειες και έδαφος) και της εξατμισοδιαπνοής (φυτική βλάστηση) και το υπόλοιπο νερό διηθείται στο έδαφος ή απορρέει επιφανειακά (Τερζίδης και Παπαζαφειρίου, 1997).

Αν και αποτελεί ανεξάντλητη πηγή με τον υδρολογικό του κύκλο, ανάλογα με τον τόπο, τον τρόπο και το χρόνο χρήσης του, μπορεί εύκολα να υποβαθμιστεί (ποιοτικά και ποσοτικά) και επομένως να μην μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον άνθρωπο (Postel, 2000).

##### **1.2.1.1 Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα στην Ελλάδα**

Η Ελλάδα διακρίνεται για τη μεγάλη ανισοκατανομή, τόσο σε ότι αφορά το χώρο και το χρόνο, όσο και το ετήσιο μέγεθος, των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (βροχή, χιόνι κ.ά.) που δέχεται. Κατά τη διάρκεια του έτους, τους ψυχρούς μήνες παρατηρείται το μεγαλύτερο ύψος αυτών, με αλλαγές από τοποθεσία σε τοποθεσία. Το φθινόπωρο και το χειμώνα έχουμε το μέγιστο της βροχής στα νότια και τα νησιά, ενώ την άνοιξη και το καλοκαίρι επικρατεί σχεδόν ξηρασία, ενώ στα βόρεια παρατηρείται μια σχεδόν ισοκατανομή της βροχής από το φθινόπωρο μέχρι και τα μέσα της άνοιξης και τους καλοκαιρινούς μήνες οι βροχοπτώσεις να είναι ελάχιστες (Τερζίδης και Παπαζαφειρίου, 1997). Διαπιστώνεται λοιπόν πως η εφαρμογή της άρδευσης, κατά την καλοκαιρινή περίοδο, είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη των καλλιεργειών.

### **1.2.1.2 Χρήσεις του νερού**

Η σημαντικότερη ζήτηση νερού αντιστοιχεί στην άρδευση, καθώς υπολογίζεται ότι το 70% της συνολικής κατανάλωσης νερού στον κόσμο οφείλεται στην άρδευση καλλιεργούμενων εκτάσεων (Elgallal et al., 2016). Στη χώρα μας, όσον αφορά την Λεκάνη Απορροής Σπερχειού Ποταμού η οποία ανήκει στο Υδατικό Διαμέρισμα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, οι ανάγκες για αρδευτική χρήση είναι περίπου 94% (Έγκριση Σχεδίων Διαχείρισης, 2013).

Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι μια από τις κυριότερες καλλιεργητικές φροντίδες, τόσο στον κόσμο όσο και στη χώρα μας, είναι η εφαρμογή αρδευτικού νερού. Επομένως για την όσο το δυνατόν πληρέστερη αξιοποίηση των υδάτινων πόρων, το αρδευτικό νερό θα πρέπει να εφαρμόζεται όταν χρειάζεται από τα φυτά, στο σημείο που χρειάζεται και στην ποσότητα που πρέπει, προκειμένου να επιτύχουμε υψηλότερες αποδόσεις των καλλιεργειών και τη μείωση του εφαρμοζόμενου νερού (Φουντάς και Γέμτος, 2015).

### **1.2.2 Άρδευση καλλιεργειών**

#### **1.2.2.1 Οι ανάγκες των φυτών σε νερό**

Για τα φυτά το νερό έχει μεγάλη σημασία αφού, αποτελεί το κύριο συστατικό τους και λαμβάνει μέρος σε όλες τις φυσιολογικές διεργασίες και λειτουργίες. Η πρόσληψή του γίνεται μέσω του ριζικού τους συστήματος, όπου προσλαμβάνουν μαζί και τα διαλυμένα στο νερό απαραίτητα θρεπτικά συστατικά και μεταφέρεται διαμέσου των βλαστών και των φυτικών ιστών στα φύλλα, όπου και αποβάλλεται από τα στομάτια υπό τη μορφή υδρατμών (Παπαζαφειρίου, 1984).

Περισσότερο από το 99% του συνολικού του νερού που χρησιμοποιούν τα φυτά κατά τη διάρκεια του βιολογικού τους κύκλου, απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα με τη μορφή υδρατμών, δηλαδή με την διαδικασία της εξατμισοδιαπνοής και επομένως η κατανάλωση νερού θεωρείται ίση με αυτή (Allen et al., 1998; Rana and Katerji, 2000).

Το νερό που απαιτείται για να καλύψει τις ανάγκες των καλλιεργειών μπορεί να προέρχεται από τη βροχή, από το διαθέσιμο νερό που είναι αποθηκευμένο στο έδαφος και από το υπόγειο νερό. Στις περιπτώσεις που οι

ανάγκες αυτές δεν μπορούν να καλυφθούν με φυσικό τρόπο, θα πρέπει να γίνει εφαρμογή της άρδευσης, λαμβάνοντας υπόψη την ενεργή βροχόπτωση, αλλά και τις τυχόν πρόσθετες ποσότητες νερού που θα απαιτηθούν λόγω έκπλυσης αλάτων ή διαφόρων απωλειών του νερού (απορροή, στράγγιση) (Παπαζαφειρίου, 1984; Allen et al., 1998).

### **1.2.2.2 Ορισμός άρδευσης– Μέθοδοι άρδευσης**

Άρδευση είναι η τεχνητή εφαρμογή του νερού στο έδαφος και κυρίως στην περιοχή του ριζοστρώματος για την συμπλήρωση της εδαφικής υγρασίας, ώστε να εφοδιάσουμε τα φυτά με πρόσθετο νερό, προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες τους με σκοπό την κανονική ανάπτυξή τους και την μεγιστοποίηση της απόδοσής τους (Τερζίδης και Παπαζαφειρίου, 1997).

Μέθοδοι άρδευσης ονομάζονται οι τρόποι με τους οποίους το νερό εφαρμόζεται στο χωράφι και επηρεάζονται από πολλούς παράγοντες όπως, το είδος της καλλιέργειας, τις κλιματικές, εδαφικές και υδρολογικές συνθήκες της περιοχής που εφαρμόζεται, την κλίση, το υψόμετρο και γενικά την τοπογραφική διαμόρφωση που εμφανίζει η επιφάνεια του εδάφους, καθώς και τις σύγχρονες τάσεις που διαμορφώνονται σήμερα στον τομέα των αρδεύσεων (Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, 2004).

Η εφαρμογή μιας μεθόδου άρδευσης κρίνεται επιτυχής όταν, εφοδιάζει το χωράφι με ποσότητα νερού ίση με την ωφέλιμη υγρασία του εδάφους, οι επιφανειακές απώλειες από τη βαθιά διήθηση να περιορίζονται στο ελάχιστο και η ποσότητα νερού που εφαρμόζεται στην επιφάνεια του χωραφιού να είναι ομοιόμορφη και για όσο χρόνο απαιτηθεί (Παπαζαφειρίου, 1984; Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, 2004).

Οι κύριες κατηγορίες στις οποίες διακρίνονται οι μέθοδοι άρδευσης είναι, η επιφανειακή άρδευση (οριζόντια ή κεκλιμένη), ο καταιονισμός και η στάγδην άρδευση ή άρδευση με σταγόνες (Τερζίδης και Παπαζαφειρίου, 1997).

### **1.2.2.3 Η στάγδην άρδευση ή άρδευση με σταγόνες (drip or trickle irrigation)**

Με την στάγδην άρδευση το νερό εφαρμόζεται στον αγρό σε μικρές ποσότητες υπό μορφή σταγόνων, εφοδιάζοντας κάθε φυτό χωριστά με την

απαραίτητη υγρασία για την κανονική του ανάπτυξη και απόδοση (Τερζίδης και Παπαζαφειρίου, 1997).

Όταν εφαρμόζεται σωστά είναι πιο αποτελεσματική σε σχέση με άλλες μεθόδους άρδευσης, εμφανίζει τα τελευταία χρόνια αυξανόμενη τάση εφαρμογής, ενώ στη χώρα μας άρχισε να χρησιμοποιείται στις θερμοκηπιακές και στη συνέχεια σε δενδρώδεις και ετήσιες καλλιέργειες (Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, 2004).

Ένα πλήρες σύστημα στάγδην άρδευσης αποτελείται από την κεφαλή ή μονάδα ελέγχου (τοποθετείται στην αρχή του δικτύου, αμέσως μετά την υδροληψία ή το αντλητικό συγκρότημα του συστήματος) η οποία περιλαμβάνει υδρόμετρα, υδροκυκλώνα ή φίλτρα, ρυθμιστές πίεσης και δοχεία εφαρμογής λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων. Επίσης αποτελείται, από το δίκτυο μεταφοράς, δηλαδή τους κύριους αγωγούς που μεταφέρουν το νερό στους δευτερεύοντες αγωγούς ή αγωγούς τροφοδοσίας, οι οποίοι μεταφέρουν το νερό στους αγωγούς εφαρμογής, καθώς και από το δίκτυο εφαρμογής, στο οποίο σε προκαθορισμένες θέσεις τοποθετούνται ή ενσωματώνονται οι σταλακτήρες, μέσω των οποίων το νερό φτάνει στο έδαφος με τη μορφή σταγόνων. Οι σταλακτήρες, οι οποίοι αποτελούν τη βάση του συστήματος άρδευσης, τοποθετούνται είτε εν σειρά (αποτελεί μέρος του σωλήνα εφαρμογής), είτε σε σύνδεση (εισέρχονται στον σωλήνα εφαρμογής) επί της γραμμής εφαρμογής (Παπαζαφειρίου, 1984; Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, 2004).

Η ρύθμιση λειτουργίας του δικτύου μπορεί να γίνει, με βάνες (χειροκίνητοι διακόπτες), όπου όλοι οι χειρισμοί γίνονται με το χέρι με ογκομετρικές βαλβίδες, οι οποίες κλείνουν αυτόματα όταν περάσει μια ορισμένη ποσότητα νερού για την οποία έχουν ρυθμιστεί, με διαφραγματικές βαλβίδες, όταν το δίκτυο αποτελείται από περισσότερες της μίας μονάδες και με αυτοματοποίηση λειτουργίας του δικτύου, με προγραμματιστή (Τερζίδης και Παπαζαφειρίου, 1997)

### **1.2.3 Εξατμισοδιαπνοή (ET)**

Η εξατμισοδιαπνοή (evapotranspiration), είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται σε επιφάνειες που καλλιεργούνται και αποτελεί συνδυασμό

δύο ξεχωριστών διεργασιών απωλειών του εδαφικού νερού, όπου από την μία διεργασία το νερό χάνεται από την επιφάνεια του εδάφους λόγω εξάτμισης και από την άλλη λόγω διαπνοής της καλλιέργειας. Εύκολος τρόπος διάκρισης μεταξύ των δύο διεργασιών δεν υπάρχει, αφού συμβαίνουν ταυτόχρονα (Allen et al., 1998).

**Εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (ET<sub>0</sub>)**, ορίζεται ως η εξατμισοδιαπνοή από μια φυτοκαλυμμένη επιφάνεια αναφοράς, η οποία μπορεί να είναι μια υποθετική καλλιέργεια γρασιδιού ή μηδικής, επαρκώς εφοδιασμένης με νερό και με χαρακτηριστικά συγκεκριμένα, ενώ η διαμόρφωσή της γίνεται μόνο από κλιματικούς παράγοντες.

**Εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας (ET<sub>c</sub>)**, ορίζεται ως η κατανάλωση νερού μιας καλλιέργειας, χωρίς ασθένειες, αναπτυσσόμενης σε μεγάλα χωράφια με σωστή λίπανση και χωρίς περιορισμούς εδαφικής υγρασίας και που επιτυγχάνει, κάτω από δεδομένες κλιματικές συνθήκες μιας περιοχής που αναπτύσσεται, μέγιστες αποδόσεις. (Τερζίδης και Παπαζαφειρίου, 1997; Allen et al., 1998).

### 1.2.3.1 Παράγοντες επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή

- Κλιματικοί παράγοντες, όπως η ηλιακή ακτινοβολία (απουσία φωτός, έχει σαν αποτέλεσμα να σταματά η διαπνοή), η θερμοκρασία εδάφους και ατμόσφαιρας (χαμηλές θερμοκρασίες επιβραδύνουν την ανάπτυξη των φυτών, άρα και την κατανάλωση νερού), η σχετική υγρασία του αέρα (μεγάλη σχετική υγρασία μειώνει την ET) και η ταχύτητα του ανέμου (μεγάλης ταχύτητας και ζεστοί άνεμοι προκαλούν αύξηση της ET) (Παπαζαφειρίου, 1984; Allen et al., 1998)
- Παράγοντες της καλλιέργειας, όπως το είδος του φυτού (οι διαφορές που παρουσιάζονται από είδος σε είδος σε ότι αφορά, την εποχή που αναπτύσσονται, την ανάπτυξη του φυλλώματος και του ριζικού συστήματος, το ύψος κ.ά., σε συνδυασμό με τις συνθήκες του περιβάλλοντος, έχει σαν αποτέλεσμα να διαφοροποιείται και ο ρυθμός ET από είδος σε είδος), το ύψος των φυτών (παρατηρείται αύξηση του ρυθμού της ET στα ψηλότερα φυτά), η ανακλαστικότητα του φυλλώματος (albedo), το ποσοστό κάλυψης του εδάφους από το φύλλωμα (όταν το ποσοστό φυτοκάλυψης είναι μεγαλύτερο από 50-60% η ET γίνεται



μέγιστη), το βάθος και η πυκνότητα του ριζικού συστήματος (σε συνάρτηση με την υγρασία του εδάφους, φυτά με βαθύ και πυκνό ριζικό σύστημα αξιοποιούν καλύτερα την υγρασία του εδάφους) και το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας (στη αρχή, μέχρι την πλήρη ανάπτυξη αυξάνει γρήγορα, διατηρείται στη συνέχεια σταθερή μέχρι το στάδιο συλλογής των καρπών και μετά ελαττώνεται) (Παπαζαφειρίου, 1984; Allen et al., 1998)

- Καλλιεργητικές τεχνικές που επηρεάζουν την ανάπτυξη των φυτών, όπως εφαρμογή λιπασμάτων, έλεγχος ασθενειών και εντόμων, μέθοδος άρδευσης που θα χρησιμοποιηθεί, κατεργασία εδάφους κ.ά. (Allen et al., 1998).

### **1.2.3.2 Υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής**

Η εξατμισοδιαπνοή μπορεί να υπολογιστεί είτε με άμεσες είτε με έμμεσες μεθόδους (Παπαζαφειρίου, 1984; Rana and Katerji, 2000).

Οι άμεσες μέθοδοι υπολογισμού χαρακτηρίζονται ως πιο ακριβείς. Τέτοιες μέθοδοι βασίζονται κυρίως στη χρήση του λυσιμέτρου, στη μέθοδο των πειραματικών αγρών, στη μέθοδο των επαναληπτικών δειγματοληψιών και στη μέθοδο του ισοζυγίου της υγρασίας.

Οι έμμεσες μέθοδοι βασίζονται στον υπολογισμό συγκεκριμένων παραμέτρων. Αυτές μπορεί να είναι είτε μικροκλιματικές, και διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες, την αεροδυναμική μέθοδο, τη μέθοδο του ισοζυγίου της ενέργειας, ή σε συνδυασμό αυτών, είτε μέσω μεθόδων χρησιμοποιώντας κλιματικά δεδομένα, όπως, η μέθοδος Penman (1963), η τροποποιημένη μέθοδος των Blaney-Cridle, η μέθοδος Hargreaves – Samani (1985) και η μέθοδος FAO–56 Penman-Monteith. Από αυτές η τελευταία θεωρείται ως η πλέον κατάλληλη, έμμεση μέθοδος υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς, ETo (Allen et al., 1998; Rana and Katerji, 2000).

### **1.2.3.3 Μέθοδος FAO–56 Penman-Monteith**

Ομάδα εμπειρογνομόνων πρότεινε ως την πλέον αξιόπιστη μέθοδο για τον υπολογισμό της ETo, την εξίσωση FAO–56 Penman-Monteith, όπως αναλυτικά περιγράφεται στην παράγραφο 2.6.

Με την παραπάνω μέθοδο γίνεται εκτίμηση ημερήσιας ΕΤο σε mm/day, για καλλιέργεια αναφοράς μία υποθετική καλλιέργεια (γρασίδι), με υποθετικό ύψος 12 cm, συνολική αντίσταση επιφάνειας 70 s/m, και albedo 0,23 και αναπτυσσόμενη με πλήρη επάρκεια του εδαφικού νερού. Η ΕΤο 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).

#### **1.2.3.4 Υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας (ΕΤc)**

Η ΕΤc αναφέρεται στην ποσότητα του νερού που χάνεται λόγω εξάτμισης και διαπνοής και απαιτείται για μια καλλιέργεια για την κανονική της ανάπτυξη και παραγωγή. Ο προσδιορισμός της ΕΤc μπορεί να γίνει με τη χρήση της ΕΤο και των συντελεστών καλλιέργειας  $K_c$  (crop coefficients),

χρησιμοποιώντας το λόγο  $K_c = \frac{ET_c}{ET_o}$  (Allen et al., 1998; Pereira et al., 2015).

#### **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 (deficit irrigation), εφαρμόζουμε στην καλλιέργεια ποσότητα νερού όχι αυτή που απαιτείται λόγω της ΕΤc, αλλά μικρότερη με σκοπό την μείωση του νερού που καταναλώνεται (Fererres and Soriano, 2007). Η μέθοδος αυτή αποσκοπεί στην μεγιστοποίηση της παραγωγής ανά μονάδα αρδευτικού νερού που χρησιμοποιείται (αποτελεσματικότητα χρήσης νερού), ειδικά 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 ΕΤc, χρησιμοποιώντας την μέθοδο FAO–56 Penman-Monteith (Allen et al., 1998), η οποία αποτελεί, όσον αφορά τα φυτά μεγάλης καλλιέργειας, την πιο έγκυρη μέθοδο και στη συνέχεια να προσδιοριστεί το επίπεδο της ελλειμματικής άρδευσης. Επίσης 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 (Feres and Soriano, 2007).

#### **1.2.4.2 Γεωργία ακριβείας**

Η Γεωργία Ακριβείας (Precision Agriculture), 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 (Variable Rate Application), 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 and Raine, 2000).

Από πειραματικά δεδομένα, συγκρίνοντας την παραγωγή με χρήση μεταβλητής δόσης άρδευσης με αυτή που επιτεύχθηκε με παραδοσιακό προγραμματισμό άρδευσης (ομοιόμορφη εφαρμογή), παρουσιάστηκε μειωμένη χρήση νερού κατά 7 έως 9%, ενώ επιτεύχθηκε κατά 19% υψηλότερη απόδοση (Hunsaker et al., 2010). Σε άλλη μελέτη υπολογίστηκε εξοικονόμηση νερού άρδευσης περίπου 12% και μείωση ποσότητας εφαρμογής αζώτου 15% (LaRue, 2011), ενώ άλλοι ερευνητές υπολόγισαν την

εξοικονόμηση νερού άρδευσης μεταξύ 2,5-7,3% από την εφαρμογή μεταβλητής δόσης άρδευσης (Turker et al., 2011).

## **ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Η ανεξέλεγκτη συλλογή φυτών Σιδερίτη, η υπερβόσκηση και οι φωτιές σε δασικές εκτάσεις, έχουν ως αποτέλεσμα την δραματική μείωση των αυτοφυών πληθυσμών. Η καλλιέργεια Σιδερίτη αποτελεί έναν τρόπο αειφορικής αξιοποίησης και προστασίας των ειδών, εξασφαλίζοντας έτσι και τη μαζική παραγωγή φυτικού υλικού, προκειμένου να καλύπτεται η αυξημένη ζήτηση από την εγχώρια και διεθνή αγορά.

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, 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, προκειμένου να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων με τις μεταχειρίσεις στις οποίες εφαρμόστηκε άρδευση στο 100%, στο 75% και στο 50% των αναγκών του φυτού σε νερό, αντίστοιχα.

Η μελέτη επίσης επιχείρησε να ανιχνεύσει και σε ποια μεταχείριση άρδευσης εφαρμόζεται αποτελεσματικότερα το νερό.

Σε κάθε περίπτωση η έρευνα θα πρέπει να συνεχιστεί, όσον αφορά τον προσδιορισμό των ποιοτικών χαρακτηριστικών του φυτού.

## **2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ**

## 2.1 ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ – ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η πραγματοποίηση της μεταπτυχιακής εργασίας και η εκπόνηση του πειράματος, “Εφαρμογή άρδευσης στο τσάι του βουνού (*sideritis raeseri*) (2η καλλιεργητική περίοδος)”, έγινε κατά το έτος 2016 στην περιοχή του Βελεσίνου, στο αγρόκτημα της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και ως φυτικό υλικό χρησιμοποιήθηκε το είδος *Sideritis raeseri* (Boiss. & Heldr.), Εικόνες 3 & 4.



Εικόνα 3: Καλλιέργεια τέλος του χειμώνα



Εικόνα 4: Φυτά τέλος του χειμώνα



Η παραπάνω τοποθεσία βρίσκεται σε σχέση με τη πόλη του Βόλου δυτικά, σε υψόμετρο περίπου 70 m και η θέση της φαίνεται στην παρακάτω Εικόνα 5.

Το κλίμα της περιοχής είναι ηπειρωτικό και το έδαφος έχει κοκκομετρική σύσταση μετρίως λεπτόκοκκη. Ως προς την υφή του χαρακτηρίζεται αργιλοπηλοαμμώδες, έχει αλκαλικό pH, μέτρια έως χαμηλή οργανική ουσία, είναι ασβεστούχο, ενώ σε ικανοποιητικά επίπεδα βρίσκεται η γονιμότητά του. Επίσης, η όχι καλά αναπτυγμένη δομή και το πετρώδες του, δημιουργούν ένα πορώδες που αποτελείται από μικρούς και μεσαίου μεγέθους πόρους, εξασφαλίζοντας καλή αποστράγγιση, ικανοποιητικό αερισμό και συγκράτηση νερού στο ριζόστρωμα των φυτών (Μήτσιος κ.ά., 2000).



Εικόνα 5: Τοποθεσία του αγροκτήματος και θέση του πειράματος. (Πηγή: Google Earth)

## 2.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ

Το πειραματικό σχέδιο που χρησιμοποιήθηκε ήταν το σχέδιο τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων, με τέσσερις μεταχειρίσεις και τρεις επαναλήψεις.

Ο πειραματικός αγρός χωρίστηκε σε τέσσερις ομάδες με τρεις επαναλήψεις, δηλαδή συνολικά 12 πειραματικά τεμάχια, ενώ κάθε ομάδα υποδηλώνει τη μεταχείριση της άρδευσης, όπως περιγράφεται και στην παρακάτω 2.5 παράγραφο (Πίνακας 3).

Η πρώτη μεταχείριση χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας. Δεν εφαρμόστηκε άρδευση. Στην δεύτερη μεταχείριση εφαρμόστηκε άρδευση, με ποσότητα νερού ίση με το 50% των αναγκών της καλλιέργειας. Στην τρίτη μεταχείριση εφαρμόστηκε άρδευση, με ποσότητα νερού ίση με το 75% των αναγκών της καλλιέργειας. Τέλος, στην τέταρτη μεταχείριση εφαρμόστηκε άρδευση, με ποσότητα νερού ίση με το 100% των αναγκών της καλλιέργειας.

Η συνολική έκταση που είχε παραχωρηθεί ήταν περίπου 400 m<sup>2</sup> και τα 12 πειραματικά τεμάχια καταλάμβαναν χώρο περίπου 250 m<sup>2</sup>.

Κάθε επανάληψη είχε μήκος 3,5 m και πλάτος 5,5 m και μεταξύ τους υπήρχε διάδρομος πλάτους 1,0 m για την διευκόλυνση των παρατηρήσεων και των διαφόρων καλλιεργητικών εργασιών.

Κάθε πειραματικό τεμάχιο είχε 6 σειρές φυτών. Σε κάθε σειρά υπήρχαν 10 φυτά, δηλαδή 60 φυτά ανά πειραματικό τεμάχιο ή συνολικά 720 φυτά. Οι αποστάσεις μεταξύ των φυτών ήταν 50 cm επί των γραμμών φύτευσης και 50 cm μεταξύ αυτών (πληθυσμιακή πυκνότητα, 4.000 φυτά ανά στρέμμα).

## **2.3 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ**

### **2.3.1 Σκαλίσματα**

Τέλος Φεβρουαρίου ξεκίνησαν οι πρώτες καλλιεργητικές εργασίες, που αφορούσαν σκαλίσματα με το χέρι ανάμεσα στα φυτά με χρήση σκαλιστηριών, με σκοπό τον αερισμό του εδάφους αλλά και τον καθαρισμό από τα ζιζάνια.

Τα σκαλίσματα επαναλήφθηκαν σχεδόν κάθε μήνα, μέχρι και τον Νοέμβριο. Έτσι έγιναν συνολικά 4 επεμβάσεις την άνοιξη, 3 επεμβάσεις το καλοκαίρι και 3 επεμβάσεις το φθινόπωρο.

Επίσης στις επεμβάσεις/εργασίες, εκτός από τη χρήση σκαλιστηριών γινόταν και βοτάνισμα με το χέρι ανάμεσα στα φυτά, προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα ανταγωνιστικά με το φυτό ζιζάνια, αλλά και να διευκολυνθεί η συγκομιδή.



Στον παρακάτω Πίνακα 2 αναφέρονται τα κυριότερα ζιζάνια που εντοπίστηκαν στα πειραματικά τεμάχια με την επιστημονική τους ονομασία, την οικογένεια που ανήκουν και το κοινό όνομά τους.

Πίνακας 2: Κυριότερα ζιζάνια που εντοπίστηκαν στα πειραματικά τεμάχια κατά τη διάρκεια του πειράματος

Επιστημονική ονομασία	Οικογένεια	Κοινό όνομα
<i>Convolvulus arvensis</i>	Convolvulaceae	Περικοκλάδα
<i>Aster squamatus</i>	Asteraceae	Αστέρας
<i>Conyza spp.</i>	Asteraceae	Κόνυζα
<i>Xanthium strumarium</i>	Asteraceae	Αγριομελιτζάνα
<i>Cynodon dactylon</i>	Poaceae	Αγριάδα
<i>Sorghum halepense</i>	Poaceae	Βέλιουρας
<i>Solanum elaeagnifolium</i>	Solanaceae	Γερμανός
<i>Portulaca oleracea</i>	Portulacaceae	Αντράκλα

Τα σοβαρότερα προβλήματα παρουσιάστηκαν από την περικοκλάδα, ιδιαίτερα πριν την συγκομιδή των ανθοφόρων βλαστών, ενώ τους καλοκαιρινούς μήνες από την αγριάδα και τον βέλιουρα.

Επίσης στα αρδευόμενα αγροτεμάχια έντονο ήταν το πρόβλημα από κόνυζα και αστέρα, η ανάπτυξη των οποίων, φαίνεται να ευνοήθηκε από την εφαρμογή της άρδευσης.



Εικόνα 6: Άποψη του πειραματικού πριν το σκάλισμα

Εικόνα 7: Άποψη του πειραματικού μετά το σκάλισμα

### 2.3.2 Άλλες καλλιεργητικές εργασίες

Όσον αφορά άλλες καλλιεργητικές επεμβάσεις, δεν έγινε καμία εφαρμογή λίπανσης, καθώς και καμία επέμβαση φυτοπροστασίας, αφού μακροσκοπικά

δεν παρουσιάστηκαν προσβολές από έντομα ή παθογόνους μικροοργανισμούς και ειδικότερα στα αρδευόμενα τεμάχια, δεν διαπιστώθηκε προσβολή από σηψιρριζίες ή αδρομυκώσεις.

## 2.4 ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Το σύστημα άρδευσης που χρησιμοποιήθηκε στην πειραματική καλλιέργεια, ήταν η επιφανειακή στάγδην άρδευση και για την καλλιεργητική περίοδο 2016 τοποθετήθηκε στις 24 Μαρτίου (Εικόνα 8).



Εικόνα 8: Τοποθέτηση συστήματος άρδευσης.

Επιλέχθηκε η παραπάνω μέθοδος άρδευσης, λόγω των πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει (Postel, 2000; Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, 2004; Luquet, 2005). Μερικά από αυτά αναφέρονται παρακάτω:

- Υψηλή αποδοτικότητα εφαρμογής και οικονομίας του αρδευτικού νερού, λόγω του περιορισμού των απωλειών από την εξάτμιση ή την κίνηση του νερού σε βαθύτερα εδαφικά στρώματα, πέραν της περιοχής του ριζοστρώματος.
- Δεν υπάρχουν διακοπές κατά την εφαρμογή της, όπως συμβαίνει στον καταιονισμό, όταν πνέουν άνεμοι.
- Μειωμένη παρουσία ζιζανίων, καθώς περιορίζεται αρκετά η υγρή περιοχή.
- Πρωίμηση της παραγωγής και αύξηση των αποδόσεων.
- Δυνατότητα να γίνονται ταυτόχρονα καλλιεργητικές εργασίες στα τμήματα του αγρού που δεν αρδεύονται.
- Έλεγχος της ποσότητας του νερού που δίνεται σε κάθε άρδευση, αλλά και της συγκέντρωσης των αλάτων, λόγω της διαρκούς εκπλύσεως αυτών.
- Διατήρηση στο έδαφος μικρών αρνητικών πιέσεων.

Κατά την εφαρμογή της μεθόδου λήφθηκαν υπόψη και τα παρακάτω:

- Κρίνεται απαραίτητο η χρήση φίλτρων, προκειμένου να αποφεύγονται οι εμφράξεις των σταλακτήρων (μηχανικές, χημικές και βιολογικές).
- Απαιτείται μεγάλη προσοχή στη δόση άρδευσης, διότι ο εδαφικός όγκος ήταν περιορισμένος.
- Υπάρχει κίνδυνος συσσώρευσης αλάτων, σε περίπτωση που οι βροχοπτώσεις δεν είναι αρκετές.
- Συχνός έλεγχος των αγωγών άρδευσης από μηχανικές ζημιές που προκαλούν τα ζώα, ή και τα μηχανήματα.

Το σύστημα άρδευσης αποτελούνταν από τη μονάδα ελέγχου και από τα δίκτυα μεταφοράς και εφαρμογής. Η μονάδα ελέγχου περιελάμβανε, ένα φίλτρο σίτας, τρία υδρόμετρα (ένα για κάθε μεταχείριση, Εικόνα 9), ηλεκτροβάνες και τρεις ηλεκτροβάνες συνεχούς ρεύματος με ενσωματωμένο προγραμματιστή άρδευσης, με σκοπό την αυτοματοποίησή της. Επίσης από την δεξαμενή συνολικού όγκου 50 m<sup>3</sup>, από υποβρύχια αντλία και με σωλήνα Φ32, γινόταν η τροφοδοσία της με νερό.

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

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

Οι σταλακτηφόροι σωλήνες τοποθετήθηκαν σε κάθε γραμμή φυτών. Έφεραν εντός τους σταλάκτες (Εικόνα 10), με ισαποχή 50 cm επί των σωλήνων, δηλαδή ένας για κάθε φυτό. Η ονομαστική παροχή τους ήταν 4 l/h και ήταν αυτοκαθαριζόμενοι και αυτορυθμιζόμενοι, σε ευρύ πεδίο πιέσεων, με σκοπό να διατηρούν σταθερή σε όλο το μήκος της γραμμής άρδευσης την παροχή.



Εικόνα 10: Σταλακτηφόρος σωλήνας με τον σταλάκτη



Εικόνα 9: Υδρόμετρο

Χαρακτηριστικά του συστήματος είναι ο σταλάκτης, που είναι η σημειακή πηγή νερού, καθώς και οι μικρές παροχές ανά σταλάκτη, ώστε να αποφεύγεται η απορροή ή το λίμνασμα στην επιφάνεια των πειραματικών τεμαχίων.

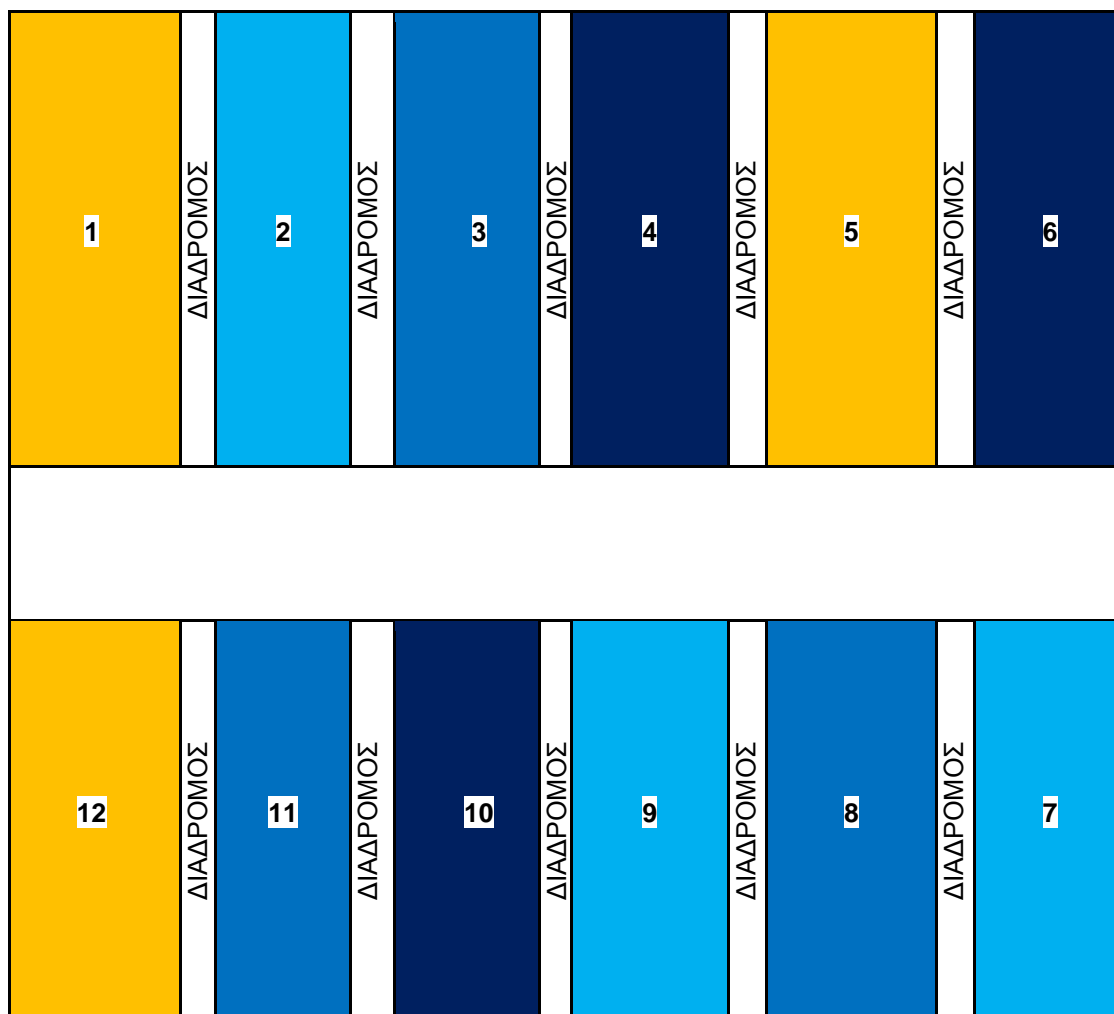
Για τη διατήρηση σε χαμηλά επίπεδα της τάσης του νερού, το πότισμα γίνεται με μεγάλη συχνότητα. Κάτω από το σταλάκτη και σε συγκεκριμένο βάθος του εδάφους, δημιουργείται ένας εδαφικός όγκος, μέσα στον οποίο υπάρχουν ιδανικές συνθήκες για την ανάπτυξη του φυτού (Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, 2004).

## 2.5 ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Στα πειραματικά τεμάχια εφαρμόστηκαν ως προς την ποσότητα του νερού άρδευσης, τέσσερις διαφορετικές μεταχειρίσεις, με τρεις επαναλήψεις, όπως φαίνεται στον παρακάτω Πίνακα 3.



Πίνακας 3: Σχέδιο πειραματικών τεμαχίων και εφαρμογή της άρδευσης



Στα πειραματικά τεμάχια 1, 5 και 12 δεν εφαρμόστηκε άρδευση (μεταχείριση μάρτυρας E0).

Στα πειραματικά τεμάχια 2, 7 και 9 εφαρμόστηκε άρδευση, που κάλυπτε το 50% των αναγκών σε νερό της καλλιέργειας (μεταχείριση E50).

Στα τεμάχια 3, 8 και 11 εφαρμόστηκε άρδευση, που κάλυπτε το 75% των αναγκών σε νερό της καλλιέργειας (μεταχείριση E75).

Στα τεμάχια 4, 6 και 10 εφαρμόστηκε άρδευση, που κάλυπτε το 100% των αναγκών σε νερό της καλλιέργειας (μεταχείριση E100).

## 2.6 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΝΕΡΟ

Για τον προσδιορισμό της δόσης άρδευσης και εν συνεχεία των αναγκών σε νερό της καλλιέργειας, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από τον αυτόματο

μετεωρολογικό σταθμό του Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής, ο οποίος βρισκόταν πλησίον του πειραματικού αγρού.

Με βάση τα δεδομένα αυτά υπολογίστηκε η ημερήσια ΕΤ<sub>ο</sub>, μέσω της εξίσωσης FAO-56 Penman-Monteith (Allen et al., 1998), όπως αναφέρεται παρακάτω:

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

Όπου:

ΕΤ<sub>ο</sub>: ημερήσια εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (mm day<sup>-1</sup>).

R<sub>n</sub>: καθαρή ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνεια της καλλιέργειας (MJ m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>).

G: πυκνότητα ροής θερμότητας στο έδαφος (MJ m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>).

T: μέση ημερήσια θερμοκρασία αέρα στα 2m ύψος (°C).

u<sub>2</sub>: ταχύτητα του ανέμου στο ύψος των 2m (m·s<sup>-1</sup>).

e<sub>s</sub>: πίεση κορεσμένων υδρατμών του αέρα (kPa).

e<sub>a</sub>: πραγματική πίεση υδρατμών του αέρα (kPa).

e<sub>s</sub> - e<sub>a</sub>: το έλλειμμα κορεσμού υδρατμών (kPa).

Δ: κλίση της καμπύλης πίεσης κορεσμού των υδρατμών του αέρα (kPa·°C<sup>-1</sup>).

γ: ψυχομετρική σταθερά (kPa·°C<sup>-1</sup>).

Η εξίσωση απαιτεί πληροφορίες σχετικά με την τοποθεσία (γεωγραφικό πλάτος και υψόμετρο), την θερμοκρασία ανέμου (μέσες ημερήσιες μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες σε °C), την υγρασία (μέση ημερήσια πραγματική πίεση υδρατμών του αέρα e<sub>a</sub> 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 2m πάνω από το έδαφος (Allen et al., 1998).

Επίσης για τον σχεδιασμό του προγράμματος άρδευσης χρησιμοποιήθηκαν και υπολογίσθηκαν:

- Η  $ET_c$  της καλλιέργειας, η οποία υπολογίσθηκε με βάση την  $ET_o$  και τον συντελεστή καλλιέργειας ( $K_c$ ), χρησιμοποιώντας την παρακάτω σχέση (Allen et al., 1998):

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

Όπου:

$ET_c$ : η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας (mm/day).

$K_c$ : συντελεστής που εξαρτάται από το είδος της καλλιέργειας.

$ET_o$ : η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (mm/day).

Σύμφωνα με την παραπάνω προσέγγιση, ο  $K_c$  επηρεάζεται μόνο από ακραίες κλιματικές συνθήκες και διαφοροποιείται από καλλιέργεια σε καλλιέργεια, αλλά παρουσιάζει διακύμανση και στην ίδια την καλλιέργεια, κατά τα διάφορα στάδια της ανάπτυξής της.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τον  $K_c$ , εκτός από τα παραπάνω, είναι ακόμη το ύψος της καλλιέργειας, η ανακλαστικότητα  $\alpha$  (albedo) του εδάφους και της φυτοκόμης, η εξάτμιση από το έδαφος, η αντίσταση στην μεταφορά των υδρατμών από την καλλιέργεια στο περιβάλλον που παρουσιάζει η φυτοκόμη, οι καλλιεργητικές τεχνικές κατά τη διάρκεια της περιόδου ανάπτυξης των φυτών, η συχνότητα των αρδεύσεων και των βροχών κ.ά. (Τερζίδης και Παπαζαφειρίου, 1997; Allen et al., 1998).

- το ωφέλιμο ύψος της βροχόπτωσης ( $\Omega B$ ) σε mm, το οποίο υπολογίσθηκε αν το ύψος βροχόπτωσης ( $B$ ) πολλαπλασιαστεί με τον συντελεστή 0,8 (Μιχελάκης, 1998; Παπαζαφειρίου, 1999), δηλαδή:

$$\Omega B = 0,8 \times B \quad (2.3)$$

- οι ημερήσιες καθαρές ανάγκες σε αρδευτικό νερό ( $I_n$ ), σε mm.

Όταν δεν υπάρχει βροχόπτωση, είναι ίσες με την  $ET_c$  ( $I_n = ET_c$ ).

Σε περίπτωση που υπάρχει βροχόπτωση, για τον υπολογισμό της  $I_n$  θα πρέπει να αφαιρέσουμε από την  $ET_c$  την  $\Omega B$ , δηλαδή χρησιμοποιούμε τη σχέση:

$$I_n = ET_c - \Omega B \quad (2.4)$$

- η δόση άρδευσης ( $I_{da}$ ) σε mm, η οποία και αντιστοιχεί στη μεταχείριση E100.
- οι σταλάκτες ανά φυτό ( $n$ ), που όπως αναφέρθηκε παραπάνω ήταν ένας, υπολογίζεται όμως και από τη σχέση:

$$n = SI/Se \text{ (2.5)}$$

όπου:

$SI=0,5$  m, η απόσταση των σταλακτηφόρων σωλήνων μεταξύ τους και

$Se=0,5$  m, η ισαποχή των σταλακτών επί των σταλακτηφόρων σωλήνων.

- το ωριαίο ύψος βροχής του κάθε σταλάκτη ( $I_{dh}$ ) σε mm/h, χρησιμοποιώντας τη σχέση:

$$I_{dh} = (q \times n)/(St \times Sr) \text{ (2.6)}$$

όπου:

$q=4l \text{ h}^{-1}$ , η παροχή του σταλάκτη,

$St=0,5$  m, η απόσταση των φυτών επί της σειράς και

$Sr=0,5$  m, η απόσταση μεταξύ των σειρών της καλλιέργειας

- η διάρκεια της άρδευσης ( $I_t$ ) σε h, η οποία υπολογίσθηκε από τη δόση της άρδευσης ( $I_{da}$ ) και το ωριαίο ύψος βροχής του κάθε σταλάκτη ( $I_{dh}$ ), δηλαδή χρησιμοποιώντας τη σχέση:

$$I_t = I_{da}(E100)/I_{dh} \text{ (2.7)}$$

και στη συνέχεια έγινε ο υπολογισμός και για τις δύο άλλες μεταχειρίσεις E75 και E50 αντίστοιχα,

- η δόση άρδευσης ( $I_{da}$ ), στις άλλες δύο μεταχειρίσεις άρδευσης E75 και E50, υπολογίσθηκε χρησιμοποιώντας τις σχέσεις:

$$I_{da}(E75) = I_{da}(E100) \times 0,75 \text{ (2.8) και}$$

$$I_{da}(E50) = I_{da}(E100) \times 0,50 \text{ (2.9)}$$

- ο προσδιορισμός του εύρους άρδευσης.

Κατά τον σχεδιασμό του προγράμματος άρδευσης, λήφθηκε υπόψη 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.



Επομένως υπολογίσθηκε αρχικά η θεωρητική δόση άρδευσης, για κάθε μήνα της αρδευτικής περιόδου, την οποία δεν θα πρέπει να υπερβαίνει η αθροιστική ημερήσια εξατμισοδιαπνοή μεταξύ δυο διαδοχικών αρδεύσεων και εν συνεχεία το εύρος άρδευσης.

Οι παράμετροι που απαιτούνται για να υπολογισθεί η θεωρητική δόση άρδευσης, βασίζονται στα εδαφολογικά στοιχεία του πειραματικού αγρού και είναι οι παρακάτω (Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, 2004):

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

Άλλα απαραίτητα μεγέθη, των οποίων οι τιμές θα πρέπει να είναι γνωστές, για να υπολογισθεί το εύρος άρδευσης είναι:

- το όριο εξάντλησης της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας (C),
- το ποσοστό διαβροχής του εδάφους (P),
- τα χαρακτηριστικά του συστήματος άρδευσης, όπως η παροχή q και ο αριθμός σταλακτών ανά φυτό (n), ο βαθμός απόδοσης συστήματος ( $E_d=0,95$ ) και η ισαποχή σταλακτών επί των σταλακτηφόρων σωλήνων (Se),
- η απόσταση μεταξύ των σειρών της καλλιέργειας (Sr),
- η απόσταση των φυτών επί της σειράς (St) και η
- η μέση ημερήσια εξατμισοδιαπνοή (ETd), για κάθε μήνα της αρδευτικής περιόδου, από τα δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού του Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής.

Οι παραπάνω παράμετροι και οι σχέσεις που χρησιμοποιήθηκαν για τους υπολογισμούς, αναφέρονται στους παρακάτω Πίνακες 4 & 5.

Πίνακας 4: Τιμές δεδομένων που απαιτούνται για τον υπολογισμό της θεωρητικής δόσης και του εύρους άρδευσης

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

Πίνακας 5: Υπολογισμός της θεωρητικής δόσης, του εύρους και της διάρκειας άρδευσης

ΜΗΝΑΣ	Διαθέσιμη υγρασία $ASM = \frac{FC - PWP}{100} \times RD$ (mm ή m <sup>3</sup> /στρ.)	Θεωρητική δόση άρδευσης $Dn = \frac{ASM \times C \times P}{Ed}$ (mm ή m <sup>3</sup> /στρ.)	Ωριαίο ύψος βροχής $Dh = \frac{q \times n}{St \times Sr}$ (mm/h)	Διάρκεια άρδευσης $t = \frac{Dn}{Dh}$ (h)	Εύρος άρδευσης $D = \frac{Dn}{ETd}$ , (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

Η παραπάνω μεθοδολογία χρησιμοποιήθηκε μόνο για τον υπολογισμό της θεωρητικής δόσης άρδευσης και του εύρους άρδευσης.

Η ποσότητα νερού που εφαρμόστηκε, ο αριθμός και η διάρκεια των αρδεύσεων και για τις τρεις μεταχειρίσεις (E50, E75 και E100), σύμφωνα με την μέθοδο FAO–56 Penman-Monteith, παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα της παραγράφου 3.2.

## 2.7 ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ

Η συγκομιδή έγινε με τον παραδοσιακό τρόπο στις 19 Μαΐου, μόλις διαπιστώθηκε ότι τα φυτά ήταν σε πλήρη άνθιση και πριν το πέρας της ανθοφορίας τους (Εικόνα 11 & 12).



Εικόνα 11: Καλλιέργεια στην αρχή της ανθοφορίας



Εικόνα 12: Καλλιέργεια σε πλήρη άνθιση

Για την κοπή των ανθισμένων βλαστών χρησιμοποιήθηκαν μικρά δρεπανάκια και μικρά μαχαίρια (Εικόνα 13).

Στη συνέχεια δύο με τρεις «χειριές» δέθηκαν μεταξύ τους και δημιουργήθηκαν μικρά δεματάκια ή «ματσάκια» (Εικόνα 14), προκειμένου να γίνουν οι απαραίτητες μετρήσεις για το σκοπό της μελέτης (ζύγισμα βάρους) και στη συνέχεια να τοποθετηθούν για ξήρανση .



Εικόνα 13 Συγκομιδή με μικρό μαχαίρι



Εικόνα 14: Μικρά δεματάκια ή «ματσάκια»

Κατά τη συγκομιδή κόπηκε ολόκληρη η ταξιανθία – ανθοφόροι βλαστοί (Εικόνα 15) και κάτω από αυτή ένα τμήμα του βλαστού, μήκους περίπου 5 ως 6 cm.





Εικόνα 15: Ανθοφόροι βλαστοί *Sideritis raeseri*

## 2.8 ΞΗΡΑΝΣΗ

Αφού έγιναν οι απαραίτητες μετρήσεις για το σκοπό της διατριβής, η ποσότητα που συγκομίσθηκε μεταφέρθηκε για ξήρανση σε κατάλληλο χώρο. Η ξήρανση πραγματοποιήθηκε προκειμένου οι ανθοφόροι βλαστοί να αποκτήσουν χρώμα πρασινοκίτρινο που είναι και το επιθυμητό και να μην υποβαθμιστεί η ποιότητά τους (Εικόνα 16).

Δόθηκε μεγάλη προσοχή στο χώρο που θα γινόταν η ξήρανση, δεδομένου ότι εάν δεν γίνει σε σκιά ή όταν το υπόστεγο είναι από λαμαρίνα τότε τα φυτά αποχρωματίζονται, με αποτέλεσμα να υποβαθμιστεί η ποιότητά τους (Κατσιώτης και Χατζοπούλου, 2016).



Εικόνα 16: Τοποθέτηση για ξήρανση

Στη συνέχεια και μετά την ξήρασή τους, συνεχίστηκαν οι μετρήσεις για το σκοπό του πειράματος (ζύγισμα ξηρού βάρους) και αφού τοποθετήθηκαν σε χάρτινη συσκευασία, μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής, του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Π.Θ.

## **2.9 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ**

### **2.9.1 Μεθοδολογία**

Για να διευκολυνθεί η διαδικασία των μετρήσεων και των υπολογισμών, σε κάθε ένα από τα 12 πειραματικά τεμάχια επιλέχθηκαν τυχαία 10 φυτά, προκειμένου να γίνουν οι απαραίτητες μετρήσεις και στην συνέχεια η αναγωγή αυτών σε έκταση ενός στρέμματος.

Ο αριθμός φυτών ανά στρέμμα, γνωρίζοντας τις αποστάσεις των σειρών φύτευσης και τις αποστάσεις των φυτών επί των σειρών, υπολογίστηκε σε 4.000, όπως προκύπτει τόσο από τα στοιχεία του πειράματος, αλλά αναφέρεται και βιβλιογραφικά (ενότητα 1.1.6 του κεφαλαίου της Εισαγωγής).

Η παραγωγή από κάθε πειραματικό τεμάχιο, όπως αναφέρθηκε, γινόταν δεματάκι και έφερε μία χάρτινη πινακίδα, όπου αναγραφόταν η μεταχείριση και ο αριθμός της επανάληψης.

## 2.9.2 Μετρήσεις

Στο χώρο του αγροκτήματος στο Βελεστίνο οι μετρήσεις που έγιναν αφορούσαν το ύψος των φυτών και τις μετρήσεις του χλωρού και του ξηρού βάρους, δηλαδή της παραγωγής.

### 2.9.2.1 Ύψος

Η μέτρηση του ύψους των φυτών έγινε στα πειραματικά τεμάχια, λίγο πριν τη συγκομιδή τους. Σε κάθε μία από τις τέσσερις μεταχειρίσεις και για τις τρεις επαναλήψεις της, μετρήθηκαν συνολικά 30 φυτά, από τα οποία προήλθε και ο μέσος όρος του ύψους των φυτών ανά μεταχείριση.

### 2.9.2.2 Χλωρό βάρος

Αμέσως μετά τη συγκομιδή και σε ζυγαριά ακριβείας μετρήθηκε το χλωρό βάρος των φυτών και ο μέσος όρος προέκυψε όπως και παραπάνω.

### 2.9.2.3 Ξηρό βάρος

Αφού τα φυτά παρέμειναν για ξήρανση 10 ημέρες, στη συνέχεια έγινε η μέτρηση του ξηρού βάρους αυτών χρησιμοποιώντας τα όργανα και τη μέθοδο που αναφέρθηκε παραπάνω. Με την μέτρηση αυτή προσδιορίστηκε η οικονομική απόδοση της καλλιέργειας.

### 2.9.2.4 Χρήση δεικτών για τον υπολογισμό της αποτελεσματικότητας χρήσης αρδευτικού νερού ( $I_{WUE}$ )

Γενικά η αποτελεσματικότητα της χρήσης νερού ( $WUE$ ), μπορεί να προσδιοριστεί με πολλές μεθόδους. Συνήθως χρησιμοποιείται είτε η οικολογική 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):

$$WUE (Kg m^{-3}) = \frac{\text{Απόδοση}}{\text{Υδατική Κατανάλωση}} \quad (2.10)$$

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  $\text{Kg m}^{-2}$ .

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

Επίσης, ο Monteith (1993) όρισε την WUE ως:

$$WUE = \frac{Y_g}{W_{total}} \quad (2.11)$$

Όπου  $Y_g$  είναι η παραγωγή ξηρής βιομάζας σε  $\text{g m}^{-2}$  και  $W_{total}$  είναι η συνολική ποσότητα νερού που εφαρμόστηκε στην καλλιέργεια και περιλαμβάνει την άρδευση, την βροχόπτωση, καθώς και τη συμβολή της εδαφικής υγρασίας, ενώ και εδώ η WUE εκφράζεται σε  $\text{Kg m}^{-3}$

Οι παραπάνω σχέσεις δείχνουν:

- Τη σχέση μεταξύ της παραγωγής της καλλιέργειας και της κατανάλωσης νερού, δηλαδή τον λόγο της τελικής απόδοσης της καλλιέργειας προς την ποσότητα νερού που καταναλώθηκε για να επιτευχθεί αυτή η απόδοση.
- 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 ( $I_{WUE}$ ) και χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία, για να περιγράψει το ρόλο της άρδευσης στην WUE, αναφέρεται με την παρακάτω σχέση (Howell, 2001; Howell, 2006):

$$IWUE (\text{Kg m}^{-3}) = \frac{Y_i - Y_d}{I_i} \quad (2.12)$$

Όπου  $I_i$  είναι η εφαρμοζόμενη ποσότητα άρδευσης σε  $\text{mm}$  ή  $\text{m}^3/\text{στρέμμα}$ ,  $Y_i$  είναι η απόδοση που έχει ενδιαφέρον σε  $\text{Kg m}^{-2}$  και αντιστοιχεί στην παραπάνω εφαρμοζόμενη ποσότητα άρδευσης και  $Y_d$  είναι η απόδοση που έχει ενδιαφέρον σε  $\text{Kg m}^{-2}$  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 ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ**

Τα δεδομένα αυτά αφορούσαν τη μέση θερμοκρασία ( $^{\circ}\text{C}$ /δεκαήμερο) και τη μέση βροχόπτωση (mm/δεκαήμερο) για την τελευταία 25ετία, αλλά και για το έτος 2016, τα οποία λήφθηκαν από τον μετεωρολογικό σταθμό του αγροκτήματος και παρουσιάζονται στην παρακάτω παράγραφο 3.1

## **2.11 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ**

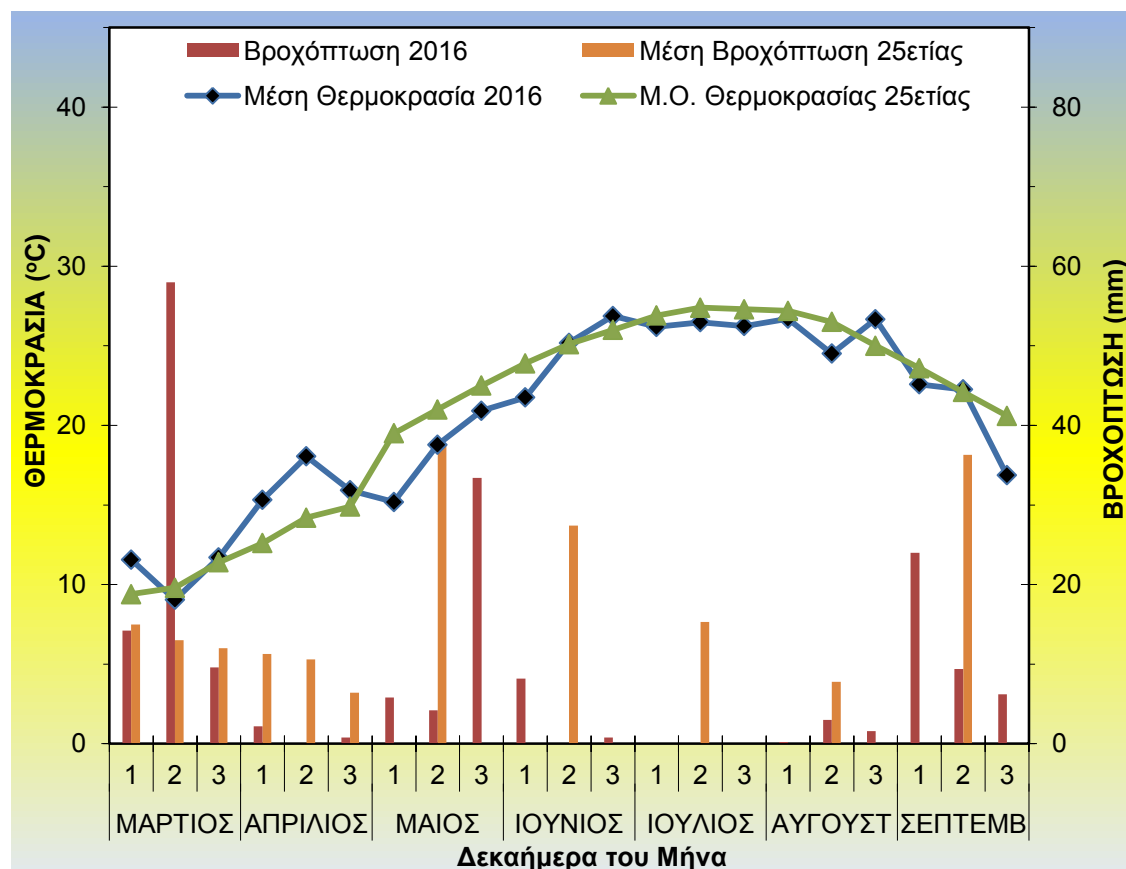
Για την στατιστική ανάλυση και την παρουσίαση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα SPSS. Έγινε σύγκριση των μέσων όρων όλων των μεταχειρίσεων μεταξύ τους (E0, E50, E75 και E100) για το ύψος, το χλωρό και ξηρό βάρος των φυτών, ως προς έναν παράγοντα, που αφορούσε την ποσότητα άρδευσης και χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση διασποράς ONE-WAY ANOVA, POST HOC=TUKEY DUNCAN ALPHA (0.05).



### **3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

### 3.1 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Στο παρακάτω Σχήμα 1 παρουσιάζονται για τους μήνες Μάρτιο έως και Σεπτέμβριο οι διακυμάνσεις της μέσης θερμοκρασίας (°C/δεκαήμερο) και της μέσης βροχόπτωσης (mm/δεκαήμερο) για το έτος 2016, καθώς και της μέσης θερμοκρασίας (°C/δεκαήμερο) και της μέσης βροχόπτωσης (mm/δεκαήμερο) για την τελευταία 25ετία.



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

Όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα, οι τιμές της θερμοκρασίας για τους μήνες Μάρτιο έως και Σεπτέμβριο του 2016 κυμάνθηκαν από 9°C έως 27°C, ενώ μέχρι και τη συγκομιδή (19 Μαΐου) έως 19°C και γενικά ακολούθησαν το μέσο όρο της 25ετίας.

Εξάιρεση αποτελούν το 2<sup>ο</sup> δεκαήμερο του Απριλίου, όπου παρατηρήθηκαν υψηλότερες τιμές, και το 1<sup>ο</sup> δεκαήμερο του Μαΐου όπου παρατηρήθηκαν χαμηλότερες τιμές.

Όσον αφορά για το υπόλοιπο χρονικό διάστημα, δεν υπήρξε σημαντική διαφορά μεταξύ του έτους 2016 και της τελευταίας 25ετίας.

Το ύψος της βροχόπτωσης διαπιστώνεται ότι δεν ακολούθησε το μέσο όρο της 25ετίας, αφού:

- το Μάρτιο του 2016, σε σχέση με την τελευταία 25ετία, είχαμε συνολικά διπλάσιο ύψος βροχόπτωσης, 82 mm αντί για 40 mm,
- τον Απρίλιο, είχαμε ελάχιστη βροχόπτωση 3 mm, ενώ την τελευταία 25ετία, 28 mm,
- το 1<sup>ο</sup> και 2<sup>ο</sup> δεκαήμερο του Μαΐου, δηλαδή μέχρι την συγκομιδή, το ύψος βροχόπτωσης ήταν 10 mm, περίπου το 1/4 της τελευταίας 25ετίας, που ήταν 38 mm,
- 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.
- από την ημερομηνία που εγκαταστάθηκε τα αρδευτικό σύστημα, έως και τη συγκομιδή, το ύψος της βροχόπτωσης έφτασε μόλις τα 20 mm, ενώ από τη συγκομιδή έως και τέλος καλοκαιριού έφτασε τα 50 mm.

### 3.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Στον παρακάτω Πίνακα 6 παρουσιάζονται αναλυτικά η ποσότητα νερού που εφαρμόστηκε, ο αριθμός και η διάρκεια των αρδεύσεων και για τις τρεις μεταχειρίσεις (E50, E75 και E100), σύμφωνα με την μέθοδο FAO–56 Penman-Monteith.

Πίνακας 6: Πρόγραμμα άρδευσης 2016 Τσαϊ. FAO–56 Penman-Monteith (Allen et al., 1998).

Ημ/μηνία (1)	ΕΤο mm (2)	Βροχό πτώση (mm) B (3)	Ωφέλιμη βροχόπτωση (mm) $\Omega B=0,8*B$ 0,8*(4)	Kc (5)	Ημερήσιες καθαρές ανάγκες σε νερό ( mm) $In=ETc - \Omega B$ ( $ETc=Eo*Kc$ ) (2)*(5)-(4)	Δόση άρδευσης ( mm) $Ida=In(10$ 0% ) (7)	Σταλά κτεας ανά φυτό $n=SI/S$ e (8)	Ωριαίο ύψος βροχής (mm/h) $Idh=$ ( $q*n$ )/( $St*S$ r) (9)	Διάρκεια άρδευσης 100% $It=$ $Ida(100\%)/$ $Idh$ (10)	100%	75%	50%
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'	0h33'
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'	0h29'
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'	0h40'
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'	0h36'
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'	0h37'

Πίνακας 6: συνέχεια

Ημ/μηνία (1)	ΕΤο mm (2)	Βροχό πτώση (mm) B (3)	Ωφέλιμη βροχόπτωση (mm) $\Omega B=0,8*B$ 0,8*(4)	Kc (5)	Ημερήσιες καθαρές ανάγκες σε νερό ( mm) $I_n=ET_c - \Omega B$ ( $ET_c=E_0*K_c$ ) (2)*(5)-(4)	Δόση άρδευσης ( mm) $I_{da}=I_n(10$ 0% ) (7)	Σταλά κτεας ανά φυτό $n=SI/S$ e (8)	Ωριαίο ύψος βροχής (mm/h) $I_{dh}=(q*n)/(St*S$ r) (9)	Διάρκεια άρδευσης 100% $I_t=$ $I_{da}(100\%)/$ $I_{dh}$ (10)	100%	75%	50%
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			
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'	0h38'
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'	0h41'
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'	0h39'

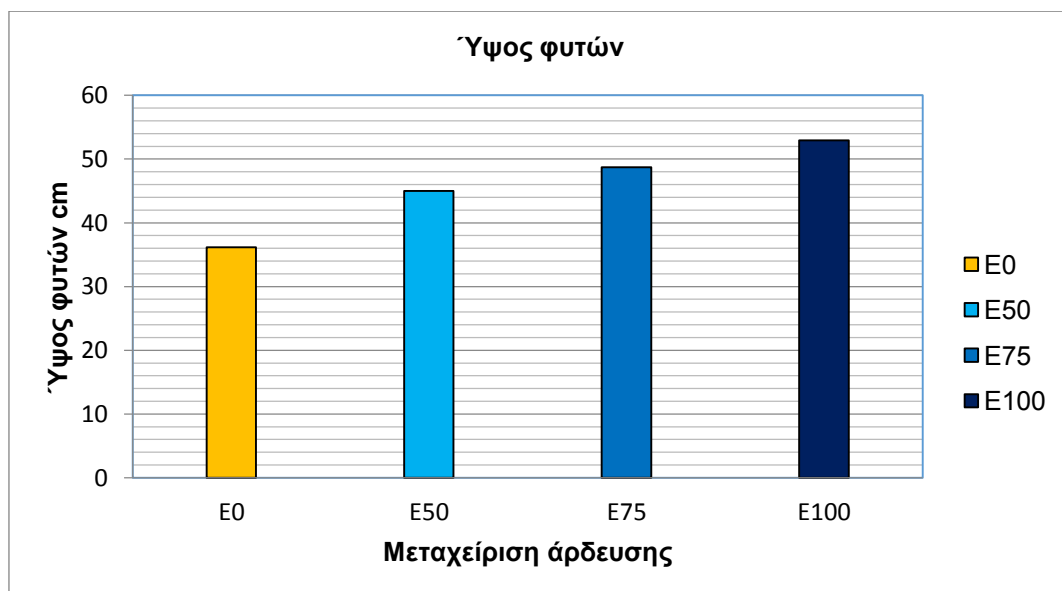
Όπως φαίνεται και από τον παραπάνω πίνακα, μέχρι και την ημερομηνία συγκομιδής έγιναν συνολικά οχτώ αρδεύσεις και η ποσότητα αρδευτικού νερού που εφαρμόστηκε κατά μεταχείριση ήταν:

- 155,17 mm ή m<sup>3</sup>/στρέμμα, στη μεταχείριση E100,
- 155,17 x 75% = 116,38 mm ή m<sup>3</sup>/στρέμμα, στη μεταχείριση E75 και
- 155,17 x 50% = 77,59 mm ή m<sup>3</sup>/στρέμμα, στη μεταχείριση E50.

### 3.3 ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ

Η μέτρηση του ύψους των φυτών έγινε στις 19 Μαΐου στον αγρό, κατά την συγκομιδή.

Στο παρακάτω Σχήμα 2 παρουσιάζεται το μέσο ύψος των φυτών και από τις τέσσερις μεταχειρίσεις άρδευσης.



Σχήμα 2: Μέσο ύψος φυτών και για τις τέσσερις μεταχειρίσεις άρδευσης

Στη μεταχείριση που δεν εφαρμόστηκε άρδευση (E0), το ύψος των φυτών που μετρήθηκαν κυμάνθηκε από 27 έως 45 cm και το μέσο ύψος αυτών ήταν 36,17 cm.

Στη μεταχείριση E50, το ύψος των φυτών που μετρήθηκαν κυμάνθηκε από 30 έως 60 cm και το μέσο ύψος αυτών ήταν 45 cm.

Στη μεταχείριση E75, το ύψος των φυτών που μετρήθηκαν κυμάνθηκε από 35 έως 60 cm και το μέσο ύψος αυτών ήταν 48,73 cm.

Στη μεταχείριση E100, το ύψος των φυτών που μετρήθηκαν κυμάνθηκε από 31 έως 65 cm και το μέσο ύψος αυτών ήταν 52,93 cm.

Όπως παρατηρούμε, ως προς την ανάπτυξη των φυτών, υπάρχει υπεροχή στις μεταχειρίσεις που εφαρμόστηκε άρδευση, σε σχέση με τη μεταχείριση που δεν εφαρμόστηκε άρδευση, με το μέσο ύψος αυτών να κυμαίνεται από 45 έως 52,93 cm και τη μεγαλύτερη τιμή να παρουσιάζει η μεταχείριση της πλήρους άρδευσης (E100).

Αναλυτικότερα, παρουσιάζεται αύξηση στο ύψος των φυτών κατά 24,4%, 34,7% και 46,3% στις μεταχειρίσεις E50, E75 και E100 αντίστοιχα σε σχέση με την ξηρική καλλιέργεια (E0).

Φαίνεται λοιπόν πως τα φυτά αντιδρούν ευνοϊκά στην εφαρμογή άρδευσης και η ανάπτυξή τους επηρεάζεται από αυτήν.

Επίσης, στον παρακάτω Πίνακα 7, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης που αφορούν το ύψος των φυτών.

Πίνακας 7: Σημαντικότητα του μέσου ύψους των φυτών μεταξύ των τεσσάρων μεταχειρίσεων.

ΠΗΓΗ ΠΑΡΑΛΛΑΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ	ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΑΡΔΕΥΣΗ	E0	E50	,000
		E75	,000
		E100	,000
	E50	E75	,133
		E100	,000
	E75	E100	,072

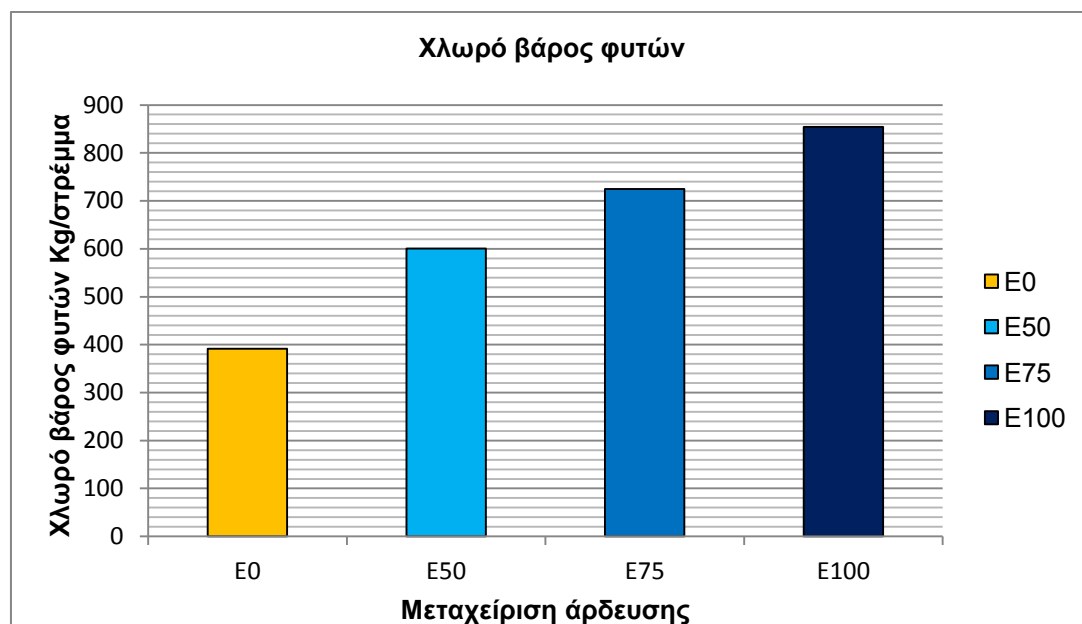
Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της μεταχείρισης που δεν εφαρμόστηκε άρδευση (E0), με όλες τις άλλες μεταχειρίσεις, καθώς και της μεταχείρισης E50 με την μεταχείριση E100.

Επίσης δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων E50 και E75 και των μεταχειρίσεων E75 και E100.

### 3.4 ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

#### 3.4.1 Χλωρό βάρος φυτών

Αμέσως μετά την συγκομιδή, έγινε η μέτρηση του χλωρού βάρους των φυτών και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο παρακάτω Σχήμα 3.



Σχήμα 3: Χλωρό βάρος των φυτών ανά μεταχείριση άρδευσης

Το χλωρό βάρος των φυτών στη μεταχείριση E0 ήταν 391,67 Kg/στρέμμα, στη μεταχείριση E50 ήταν 600,67 Kg/στρέμμα, στη μεταχείριση E75 ήταν 724,67 Kg/στρέμμα και στη μεταχείριση E100 ήταν 854,00 Kg/στρέμμα.

Όπως διαπιστώνεται, ως προς το χλωρό βάρος των φυτών ανά στρέμμα, υπάρχει ουσιαστική υπεροχή στις μεταχειρίσεις που εφαρμόστηκε άρδευση σε σχέση με τη μεταχείριση που δεν εφαρμόστηκε άρδευση. Η μεγαλύτερη τιμή παρουσιάστηκε στη μεταχείριση E100 και ακολουθούν με τη σειρά οι άλλες δύο μεταχειρίσεις E75 και E50 αντίστοιχα.

Αναλυτικότερα, παράγεται 53,4%, 85% και 118% περισσότερο χλωρό βάρος στις μεταχειρίσεις E50, E75 και E100 αντίστοιχα, σε σχέση με την ξηρική καλλιέργεια (E0).

Όπως συνέβη με το ύψος, έτσι και με το χλωρό βάρος, φαίνεται πως τα φυτά αντιδρούν ευνοϊκά στην εφαρμογή άρδευσης και η απόδοσή τους σε χλωρό βάρος επηρεάζεται από αυτήν.



Επίσης, στον παρακάτω Πίνακα 8, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης που αφορούν το χλωρό βάρος των φυτών.

Πίνακας 8: Σημαντικότητα του χλωρού βάρους των φυτών μεταξύ των τεσσάρων μεταχειρίσεων

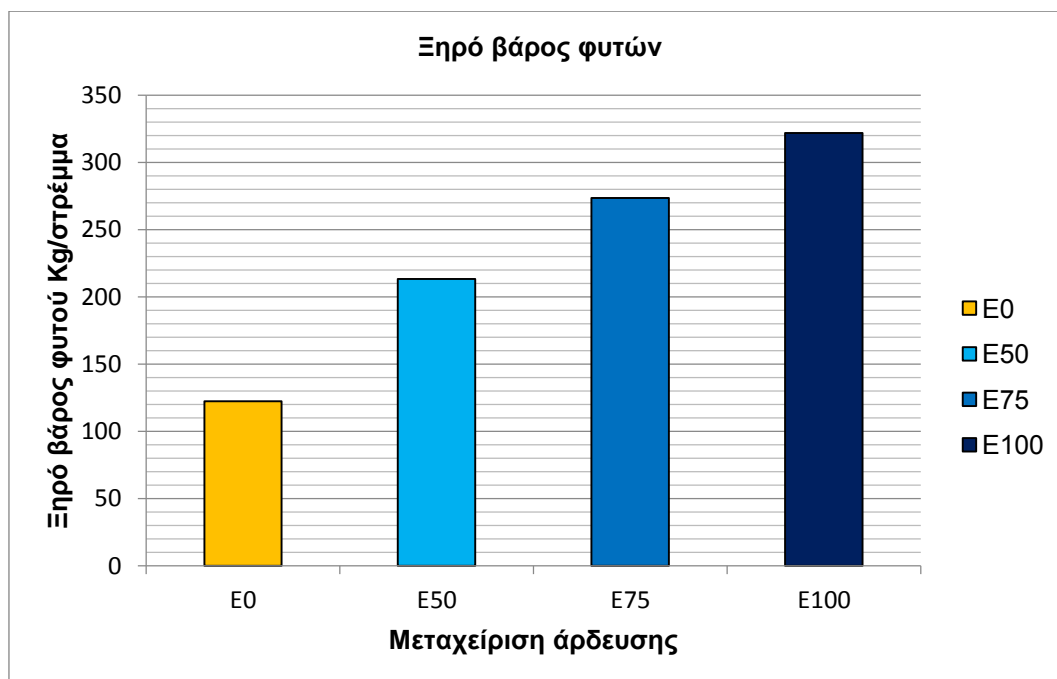
ΠΗΓΗ ΠΑΡΑΛΛΑΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ	ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΑΡΔΕΥΣΗ	Ε0	Ε50	,006
		Ε75	,000
		Ε100	,000
	Ε50	Ε75	,085
		Ε100	,002
	Ε75	Ε100	,071

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της μεταχείρισης που δεν εφαρμόστηκε άρδευση (Ε0), με όλες τις άλλες μεταχειρίσεις, καθώς και της μεταχείρισης Ε50 με τη μεταχείριση Ε100.

Επίσης, δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά, μεταξύ των μεταχειρίσεων Ε50 και Ε75 και των μεταχειρίσεων Ε75 και Ε100.

### 3.4.2 Ξηρό βάρος φυτών

Η μέτρηση του ξηρού βάρους των φυτών έγινε 10 ημέρες μετά την μέτρηση του χλωρού βάρους αυτών, αφού οι ανθοφόροι βλαστοί είχαν αποκτήσει κατά την ξήρανσή τους το επιθυμητό πρασινοκίτρινο χρώμα και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο παρακάτω Σχήμα 4.



Σχήμα 4: Ξηρό βάρος των φυτών ανά μεταχείριση άρδευσης

Από το παραπάνω σχήμα παρατηρούμε ότι το ξηρό βάρος των φυτών στη μεταχείριση E0 ήταν 122,33 Kg/στρέμμα, στη μεταχείριση E50 ήταν 213,33 Kg/στρέμμα, στη μεταχείριση E75 ήταν 273,67 Kg/στρέμμα και στη μεταχείριση E100 ήταν 322,00 Kg/στρέμμα

Διαπιστώνεται και ως προς το ξηρό βάρος των φυτών ανά στρέμμα ότι υπάρχει ουσιαστική υπεροχή στις μεταχειρίσεις που εφαρμόστηκε άρδευση, σε σχέση με τη μεταχείριση που δεν εφαρμόστηκε άρδευση. Η μεγαλύτερη τιμή παρουσιάστηκε στη μεταχείριση E100 και ακολουθούν με τη σειρά οι άλλες δύο μεταχειρίσεις E75 και E50 αντίστοιχα.

Αναλυτικότερα, παράγεται 74,4%, 123,7% και 163,22% περισσότερο ξηρό βάρος στις μεταχειρίσεις E50, E75 και E100 αντίστοιχα, σε σχέση με την ξηρική καλλιέργεια (E0).

Όπως συνέβη με το ύψος και με το χλωρό βάρος, έτσι και με το ξηρό βάρος φαίνεται πως τα φυτά αντιδρούν ευνοϊκά στην εφαρμογή της άρδευσης και η απόδοσή τους επηρεάζεται από αυτήν.

Επίσης στον παρακάτω Πίνακα 9 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης που αφορά το ξηρό βάρος των φυτών.

Πίνακας 9: Σημαντικότητα του ξηρού βάρους των φυτών μεταξύ των τεσσάρων μεταχειρίσεων

ΠΗΓΗ ΠΑΡΑΛΛΑΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ	ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΑΡΔΕΥΣΗ	Ε0	Ε50	,046
		Ε75	,003
		Ε100	,000
	Ε50	Ε75	,213
		Ε100	,014
	Ε75	Ε100	,283

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της μεταχείρισης που δεν εφαρμόστηκε άρδευση (Ε0), με όλες τις άλλες μεταχειρίσεις, καθώς και της μεταχείρισης Ε50 με τη μεταχείριση Ε100.

Επίσης, δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά, μεταξύ των μεταχειρίσεων Ε50 και Ε75 και των μεταχειρίσεων Ε75 και Ε100.

### 3.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ (IWUE)

Στον παρακάτω Πίνακα 10 παρουσιάζονται, η παραγωγή ξηρού βάρους ανά μεταχείριση, καθώς και η ποσότητα άρδευσης που χρησιμοποιήθηκε για αυτήν την παραγωγή.

Πίνακας 10: Ξηρό βάρος καλλιέργειας και ποσότητα νερού ανά μεταχείριση άρδευσης.

Μεταχείριση άρδευσης	Ξηρό βάρος (kg/στρέμμα)	Ποσότητα αρδευτικού νερού ανά μεταχείριση (mm)
E0	122,33	0
E50	213,33	77,59
E75	273,67	116,38
E100	322,00	155,17

Για την αποτελεσματικότητα χρήσης του αρδευτικού νερού (Irrigation Water Use Efficiency), για τις τρεις μεταχειρίσεις που εφαρμόστηκε άρδευση, χρησιμοποιήθηκε η σχέση (2.12), που αναφέρεται στην παράγραφο 2.9.2.4, δηλαδή:

$$I_{WUE} = (Y_i - Y_d) / I_i$$

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 E100 ήταν:

$$I_{WUE} = (Y_i - Y_d) / I_i = (322,00 - 122,33) \text{ (Kg/στρ.)} / 155,17 \text{ (mm)} = 1,28 \text{ kg/στρ/mm}$$

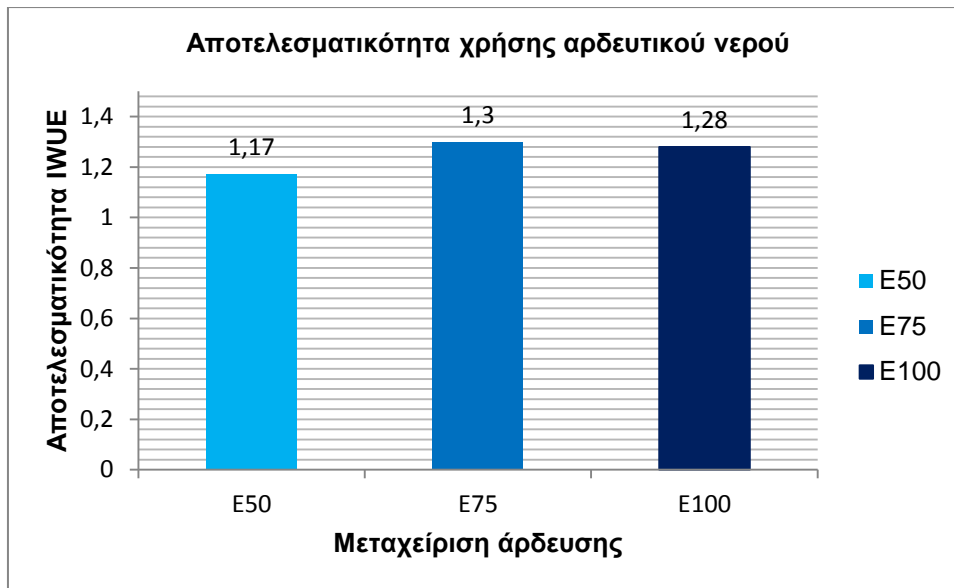
- για τη μεταχείριση E75 ήταν:

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

- για τη μεταχείριση E50 ήταν:

$$I_{WUE} = (Y_i - Y_d) / I_i = (213,33 - 122,33) \text{ (Kg/στρ.)} / 77,59 \text{ (mm)} = 1,17 \text{ kg/στρ/mm}$$

Τα παραπάνω παρουσιάζονται στο παρακάτω Σχήμα 5.



Σχήμα 5: Αποτελεσματικότητα χρήσης αρδευτικού νερού ανά μεταχείριση άρδευσης

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η αποτελεσματικότητα χρήσης αρδευτικού νερού είναι μεγαλύτερη στη μεταχείριση E75, σε σχέση με τις άλλες δύο μεταχειρίσεις E50 και E100. Αναλυτικότερα, παράγεται 1,56% περισσότερο ξηρό βάρος σε σύγκριση με τη μεταχείριση που εφαρμόστηκε πλήρη άρδευση, για κάθε mm νερού άρδευσης που εφαρμόζεται.

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

## **4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ**

## 4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Από τα πιο γνωστά αρωματικά φυτά της Ελλάδας είναι ο Σιδερίτης ή τσάι του βουνού. Οι ξεροί ανθοφόροι βλαστοί του χρησιμοποιούνται ως αφέψημα, για την αντιμετώπιση της βρογχίτιδας, την ανακούφιση του κοινού κρυολογήματος, του βήχα, των πόνων της κοιλιάς. Ακόμη, αφού περιέχει σίδηρο, θεωρείται τονωτικό, εφιδρωτικό και αντιαναιμικό. Το ρόφημα είναι πολύ αρωματικό και εύγευστο, ενώ καταναλώνεται ζεστό ή κρύο, σκέτο, ή με προσθήκη ζάχαρης ή μέλι.

Επίσης, το εκχύλισμα των ανθοφόρων βλαστών λόγω των φλαβονοειδών που περιέχουν, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως φυσική πηγή αντιοξειδωτικών σε τρόφιμα, όπως ως πρόσθετο ενισχυτικό γεύσης και συντηρητικό στο ελαιόλαδο, με σημαντικά οικονομικά οφέλη για την Ελλάδα (Tsaknis and Lalas, 2005).

Οι φυσικοί πληθυσμοί του συναντώνται σε ορεινούς όγκους και περιοχές, με υψόμετρα από 1000 έως 2400 μέτρα και είναι φυτά ανθεκτικά στις χαμηλές θερμοκρασίες και στην ξηρασία.

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται λόγω και των φαρμακευτικών - θεραπευτικών ιδιοτήτων των φυτών του γένους *Sideritis*, ότι η συλλογή αυτοφυών φυτών δεν φτάνει για να καλύψει τις ανάγκες της αγοράς. Επομένως επιβάλλεται η ανάγκη για την καλλιέργειά τους (González-Burgos et al., 2011; Todorova and Trendafilova, 2014).

Στην Ελλάδα, από τα φυτά του γένους *Sideritis*, αυτό που καλλιεργείται συστηματικά είναι το *S. raeseri* και κυρίως σε ορεινές-ημιορεινές περιοχές του Ν. Μαγνησίας και λιγότερο σε περιοχές της Δ. Μακεδονίας (Κατσιώτης και Χατζοπούλου, 2016)

Πειραματικές εργασίες σε καλλιέργεια Σιδερίτη έχουν γίνει με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων, κυρίως όσον αφορά τον ποσοτικό και ποιοτικό προσδιορισμό της χημικής σύστασης των ανθοφόρων βλαστών, όπως καλλιέργεια *S. raeseri* subsp. *raeseri* (Pljevljakušić et al., 2011), καθώς και καλλιέργεια του *S. scardica* και του υβριδίου *S. scardica* x *S. syriaca* (Evstatieva and Koleva, 2000, Kostadinova et al., 2008).

Στην παρούσα εργασία, σε πειραματική καλλιέργεια σιδερίτη (2<sup>η</sup> καλλιεργητική περίοδος) και σε υψόμετρο 70 μέτρων από την επιφάνεια της θάλασσας, μελετήθηκε η επίδραση της εφαρμογής άρδευσης, με στόχο να αξιολογηθεί η ανάπτυξη και η απόδοσή της, ενώ ως φυτικό υλικό χρησιμοποιήθηκε το είδος *Sideritis raeseri* (Boiss. & Heldr.).

Χρησιμοποιήθηκαν τέσσερις διαφορετικές μεταχειρίσεις με τρεις επαναλήψεις η κάθε μία. Από αυτές στη μία μεταχείριση δεν εφαρμόστηκε άρδευση και η καλλιέργεια κάλυψε τις ανάγκες της σε νερό μόνο από την βροχόπτωση.

Στις άλλες μεταχειρίσεις εφαρμόστηκαν τρία διαφορετικά επίπεδα άρδευσης, που αντιστοιχούσαν στο 100%, στο 75% και στο 50% των αναγκών τους σε νερό αντίστοιχα. Ο προσδιορισμός της ποσότητας νερού που χορηγήθηκε στην μεταχείριση που εφαρμόστηκε το 100% των αναγκών σε νερό της καλλιέργειας, έγινε με βάση την εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας (ETc)

#### **4.2 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΚΡΑΤΗΣΑΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ**

Οι τιμές της μέσης θερμοκρασίας δεν διαφοροποιήθηκαν σημαντικά από την τελευταία 25ετία και μέχρι την συγκομιδή έφτασε τους 19°C, ενώ τους καλοκαιρινούς μήνες τους 27°C. Φαίνεται πως η διακύμανση της μέσης θερμοκρασίας δεν αποτέλεσε αρνητικό παράγοντα, ως προς την ανάπτυξη και την απόδοση των φυτών.

Όσον αφορά τις βροχοπτώσεις, γενικά χαρακτηρίστηκαν από το μικρό ύψος αυτών, ιδιαίτερα από το 3<sup>ο</sup> δεκαήμερο Μαρτίου μέχρι την συγκομιδή και τα φυτά αντέδρασαν ευνοϊκά στη εφαρμογή της άρδευσης, αυξάνοντας τις αποδόσεις τους και την ανάπτυξή τους.

#### **4.3 ΥΨΟΜΕΤΡΟ**

Το υψόμετρο φαίνεται να μην αποτέλεσε αρνητικό παράγοντα στην ανάπτυξη και την απόδοση των φυτών, επομένως υπάρχει η δυνατότητα της καλλιέργειας Σιδερίτη σε υψόμετρα χαμηλότερα, σε σχέση με αυτά που είναι προσαρμοσμένα να αναπτύσσονται, αν και στα μεγάλα υψόμετρα, θετικό



αποτέλεσμα ασκεί η μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ ημέρας και νύκτας (Κατσιώτης και Χατζοπούλου, 2016).

#### **4.4 ΕΔΑΦΟΣ**

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, φαίνεται να μην αποτέλεσαν και αυτά αρνητικό παράγοντα στην ανάπτυξη και στην απόδοση των φυτών.

#### **4.5 ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ**

Χρησιμοποιήθηκε το επιφανειακό σύστημα στάγδην άρδευσης, το οποίο εγκαταστάθηκε στις 24 Μαρτίου.

Αποτελεί γενικά μέθοδο πιο σύγχρονη σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους και σε συνδυασμό με τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει και την αυτοματοποίηση της λειτουργίας του δικτύου, έδωσε την δυνατότητα να ρυθμίζεται η ποσότητα και το εύρος εφαρμογής αρδευτικού νερού, ώστε η υγρασία του εδάφους να βρίσκεται σε ικανοποιητικά επίπεδα για τα φυτά, αλλά και να μειωθούν οι τυχόν απώλειες αρδευτικού νερού από επιφανειακή απορροή ή από βαθιά διήθηση.

#### **4.6 ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ**

Ανάλογα με την ποσότητα νερού που εφαρμόστηκε με την άρδευση, υπήρξε διαφοροποίηση όσον αφορά το μέσο ύψος των φυτών.

Έτσι την μικρότερη τιμή εμφάνισε η μεταχείριση που δεν εφαρμόστηκε άρδευση (E0) και ακολούθησαν κατά αύξουσα σειρά οι μεταχειρίσεις E50, E75 και E100, δείχνοντας ότι η εφαρμογή της άρδευσης επιδρά στην ανάπτυξη του φυτού.

Θα πρέπει όμως να αναφερθεί ότι και στην μεταχείριση που δεν έγινε εφαρμογή άρδευσης, το μέσο ύψος των φυτών (36,17 cm), δεν διέφερε από αυτό που αναφέρεται για το συγκεκριμένο είδος Σιδερίτη και το οποίο κυμαίνεται από 10 έως 30 ή και 50 cm (Μαλούπα κ.ά, 2013; Κατσιώτης και Χατζοπούλου, 2016).

Πιθανόν στο παραπάνω να συνετέλεσε και ότι το 1<sup>ο</sup> και 2<sup>ο</sup> δεκαήμερο του Μαρτίου η βροχόπτωση έφτασε τα 72,2 mm.

Από τα αποτελέσματα που αφορούσαν την στατιστική ανάλυση των μετρήσεων, διαπιστώθηκε πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της μεταχείρισης E50 και της μεταχείρισης E75, καθώς και μεταξύ της μεταχείρισης E75 και της μεταχείρισης E100.

Αντίθετα υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της μεταχείρισης E0 με όλες τις άλλες μεταχειρίσεις, αλλά και μεταξύ της μεταχείρισης E50 και της μεταχείρισης E100.

#### **4.7 ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ**

Η συγκομιδή της καλλιέργειας έγινε 19 Μαΐου, αφού τα φυτά και από τις τέσσερις μεταχειρίσεις βρισκόντουσαν σε πλήρη άνθιση.

Είναι σημαντικό να τονιστεί πως η συγκομιδή της συγκεκριμένης καλλιέργειας, η οποία αναπτύχθηκε σε υψόμετρο 70 μέτρων από την επιφάνεια της θάλασσας, έγινε σχετικά νωρίτερα από την αναμενόμενη περίοδο συγκομιδής που πραγματοποιείται σε καλλιέργειες που αναπτύσσονται σε μεγαλύτερα υψόμετρα (από 500 μέτρα και πάνω).

Δεδομένου ότι το υψόμετρο επηρεάζει το χρόνο που θα γίνει η συγκομιδή (Μαλούπα κ.ά., 2013), φαίνεται πως η εφαρμογή της άρδευσης, σε διαφορετικά επίπεδα, δεν επηρέασε το χρόνο συγκομιδής.

#### **4.8 ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ**

Ως προς την απόδοση, η φυτεία γίνεται παραγωγική μετά το πρώτο χρόνο (Κατσιώτης και Χατζοπούλου, 2016), ενώ για την εξαγωγή αποτελεσμάτων αξιολόγησης, το πρώτο έτος δεν μπορεί να ληφθεί σοβαρά υπόψη, γιατί τα φυτά ακόμη δεν έχουν ολοκληρώσει την βιολογική τους ανάπτυξη (Γκόλιαρης, 1995).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πειράματος, τόσο για το χλωρό όσο και για το ξηρό βάρος των φυτών υπάρχει ουσιαστική υπεροχή στις μεταχειρίσεις που εφαρμόστηκε άρδευση, σε σχέση με τη μεταχείριση που δεν εφαρμόστηκε άρδευση.

Έτσι την μικρότερη τιμή εμφάνισε η μεταχείριση που δεν εφαρμόστηκε άρδευση (E0) και ακολούθησαν κατά αύξουσα σειρά οι μεταχειρίσεις E50, E75 και E100.

Επομένως ανάλογα με την ποσότητα νερού που εφαρμόστηκε με την άρδευση, υπήρξε διαφοροποίηση όσον αφορά την απόδοση σε χλωρό και ξηρό βάρος των φυτών.

Επισημαίνεται και εδώ ότι στη μεταχείριση που δεν έγινε εφαρμογή άρδευσης, το ξηρό βάρος των ανθοφόρων βλαστών ανά στρέμμα (122 Kg/στρέμμα), δεν διέφερε από αυτό που αναφέρεται για το συγκεκριμένο είδος σιδερίτη και το οποίο κυμαίνεται από 100 έως 180 Kg ανά στρέμμα (Μαλούπα κ.ά., 2013; Κατσιώτης και Χατζοπούλου, 2016).

Όσον αφορά το ξηρό βάρος των ανθοφόρων βλαστών ανά στρέμμα των μεταχειρίσεων που εφαρμόστηκε άρδευση σε διαφορετικά επίπεδα, ήταν μεγαλύτερο από την απόδοση των 150 Kg/στρέμμα, απόδοση που μπορεί να φτάσει η καλλιέργεια κατά τον τρίτο χρόνο (Μαλούπα κ.ά., 2013).

Από τα αποτελέσματα που αφορούσαν τη στατιστική ανάλυση των μετρήσεων, τόσο για το χλωρό όσο και για το ξηρό βάρος των φυτών, διαπιστώθηκε πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της μεταχείρισης E50 και της μεταχείρισης E75, καθώς και μεταξύ της μεταχείρισης E75 και της μεταχείρισης E100.

Αντίθετα υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της μεταχείρισης E0 με όλες τις άλλες μεταχειρίσεις, αλλά και μεταξύ της μεταχείρισης E50 και της μεταχείρισης E100.

Θα πρέπει να αναφερθεί, σε ότι αφορά το ξηρό βάρος των φυτών, αν και διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της μεταχείρισης που δεν έγινε εφαρμογή άρδευσης (E0) και της μεταχείρισης E50, αυτή ήταν οριακή αφού η τιμή της σημαντικότητας (0,046), πλησίασε την τιμή 0,05.

#### **4.9 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ**

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

Αξιοσημείωτο είναι ότι η μεταχείριση E50, έλαβε τη χαμηλότερη τιμή, γεγονός που δείχνει ότι η μείωση της ποσότητας νερού άρδευσης οδήγησε σε ανάλογη μείωση των αποδόσεων, σε συνδυασμό με τις ελάχιστες βροχοπτώσεις που σημειώθηκαν μετά το 3<sup>ο</sup> δεκαήμερο του μηνός Μαρτίου, μέχρι και την ημερομηνία συγκομιδής.

#### **4.10 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας είναι ενθαρρυντικά για το μέλλον της καλλιέργειας τσάι του βουνού σε υψόμετρα χαμηλότερα από αυτά που το φυτό είναι προσαρμοσμένο να αναπτύσσεται.

Η καλλιέργεια μπορεί να αποδώσει ακόμη και σε ξηρικές συνθήκες, αν και με την εφαρμογή άρδευσης έδωσε πολύ καλύτερα αποτελέσματα. Επίσης το επίπεδο στο οποίο εφαρμόζεται αποτελεσματικότερα το νερό της άρδευσης είναι στο 75% των αναγκών της καλλιέργειας σε νερό.

Δεν έχει πολλές απαιτήσεις σε καλλιεργητικές φροντίδες και φυτοπροστασία, όπως άλλες καλλιέργειες και το κυριότερο πρόβλημα που θα πρέπει να αντιμετωπιστεί είναι η καταπολέμηση των ζιζανίων.

Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει η έρευνα να συνεχιστεί, όσον αφορά τον προσδιορισμό των ποιοτικών χαρακτηριστικών του φυτού, σε συνδυασμό με εφαρμογή διαφορετικών επιπέδων άρδευσης, με ανώτατο όριο το 75% των αναγκών της καλλιέργειας σε νερό.

## **5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

## 5.1 ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 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.
- 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.
- Armata, M., Gabrieli, C., Termentzi, A., Zervou, M., and Kokkalou, E. (2008). Constituents of *Sideritis syriaca* ssp. *syriaca* (Lamiaceae) and their antioxidant activity. *Food Chemistry*, 111, 179-186.
- Aslan, İ., Kiliç, T., Gören, A.C. and Topçu, G. (2006). Toxicity of acetone extract of *Sideritis trojana* and 7-epicandicandiol, 7-epicandicandiol diacetate and 18-acetylsideroxol against stored pests *Acanthoscelides obtectus* (Say), *Sitophilus granaries* (L.) and *Ephestia kuehniella* (Zell.). *Industrial Crops and Products*, 23, 171-176.
- Baden, C. (1991). *Sideritis* L. in: *Mountain flora of Greece*. Strid A. and Tan K (Eds.), Edinburgh University Press, Edinburgh, UK. pp. 84-91.
- Barber, J. C., Francisco-Ortega, J., Santos-Guerra, A., Turner, K. G., and Jansen, R. K. (2002). Origin of Macaronesian *Sideritis* L. (Lamioideae: Lamiaceae) inferred from nuclear and chloroplast sequence datasets. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 23(3), 293–306.
- 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.
- Charami, M., Lazari, D., Karioti, A., Skaltsa, H., Hadjipavlou-Litina, D., and Souleles, C. (2008). Antioxidant and antiinflammatory activities of *Sideritis perfoliata* subsp. *perfoliata* (Lamiaceae). *Phytotherapy Research*, 22, 450-454.
- Elgallal, M., Fletcher, L., and Evans, B. (2016). Assessment of potential risks associated with chemicals in wastewater used for irrigation in arid

and semiarid zones: A review. *Agricultural Water Management*, 177, 419-431.

- Evstatieva, L., and Koleva, I. (2000). Cultivation of *Sideritis scardica* Griseb. Proceedings of the first conference on medicinal and aromatic plants of south eastern. *European Countries*. pp. 189-195.
- 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.
- Fraga, B.M. (2012). Phytochemistry and chemotaxonomy of *Sideritis* species from the Mediterranean region. *Phytochemistry*, 76, 7-24.
- Fraga, B.M., Hernández, M.G., Fernández, C., and Santana, J.M. (2009). A chemotaxonomic study of nine Canarian *Sideritis* species. *Phytochemistry*, 70, 1038–1048.
- Gabrieli, C.N., Kefalas, P.G., and Kokkalou, E.L. (2005). Antioxidant activity of flavonoids from *Sideritis raeseri*. *Journal of Ethnopharmacology*, 96, 423–428.
- 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.
- Gergis V., Spiliotis V., and Poulos C. (1990). Antimicrobial activity of essential oils from greek *Sideritis* species. *Pharmazie*, 45(1), 70-71.
- Goliaris, A., and Roupakias, D. (1997). Yield performance of interspecific F1 hybrids of the Greek mountain tea, *Sideritis* spp. L. *Plant Breeding*, 116, 493-497.
- Gómez-Serranillos, M. P., El-Naggar, T., Villar, A. M., and Carretero, M. E. (2004). Analysis and retention behaviour in high-performance liquid chromatography of terpenic plant constituents (*Sideritis* spp.) with pharmacological interest. *Journal of Chromatography B*, 812(1), 379–383.
- González-Burgos, E., Carretero, M. E., and Gómez-Serranillos, M. P. (2011). *Sideritis* spp.: uses, chemical composition and pharmacological activities - A review. *Journal of Ethnopharmacology*, 135(2), 209–225.
- 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.

- Heim, K., Tagliafferro, A.R., and Bobilya, D.J. (2002). Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *Journal of Nutritional Biochemistry*, (13), 572-584.
- Howell, T.A. (2001). Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. *Agronomy Journal*, 93, pp. 281–289.
- 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.
- Hunsaker D. J., French A. W., Bautista E. M., Thorp K. R., Waller P. M., Royer P. D., Andrade-Sanchez P., and Heun J. (2010). Spatial estimation of crop evapotranspiration, soil properties, and infiltrated water for scheduling cotton surface irrigations. ASABE, 5th National Decennial Irrigation Conference Proceedings, 5-8 December 2010.
- Janeska, B., Stefova, M., and Alipieva, K. (2007). Assay of flavonoid aglycones from the species of genus *Sideritis* (Lamiaceae) from Macedonia with HPLC-UV DAD. *Acta Pharmaceutica* (Zagreb, Croatia), 57(3), 371–377.
- 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.
- Kirda, 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.
- Knörle, R. (2012). Extracts of *Sideritis scardica* as triple monoamine reuptake inhibitors. *Journal of Neural Transmission* (Vienna, Austria: 1996), 119(12), 1477–1482.
- Koedam, A. (1986). Volatile oil composition of Greek mountain tea (*Sideritis* spp.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 36, 681-684.



- Kostadinova, E., Alipieva, K., Stefova, M., Antonova, D., Evstatieva, L., Stefkov, G., Tsvetkova, I., Naydenski, H., and Bankova, V. (2008). Influence of cultivation on the chemical composition and antimicrobial activity of *Sideritis* spp. *Pharmacognosy Magazine*, 4(14), 102.
- LaRue, J. L., (2011). Variable rate irrigation 2010 field results for center plains conference. Proceedings of the 23rd Annual Central Plains Irrigation Conference, Burlington, CO., February 22-23.
- Linardaki, Z. I., Vasilopoulou, C. G., Constantinou, C., Iatrou, G., Lamari, F. N., and Margaritis, 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.
- Loğoğlu, E., Arslan, S., Oktemer, A., and Saköyan, I. (2006). Biological activities of some natural compounds from *Sideritis sipylea* Boiss. *Phytotherapy Research: PTR*, 20(4), 294–297.
- 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.
- Monteith, J.L. (1993). The exchange of water and carbon by crops in a Mediterranean climate. *Irrigation Science*, 14, 85–91.
- 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.
- Papageorgiou, V., Kokkini, S. and Argyriadou, N. (1982). Chemotaxonomy of the Greek species of *Sideritis* L. Components of the volatile fraction of *Sideritis raeseri* ssp. *raeseri*. In: Aromatic plants. Nikos Margaritis, Arthur Koedam, Despina Vokou (eds.). *World Crops: Production, Utilization, and Description*, 7, 211-220.
- Pereira, L.S., Allen, R.G., Smith, M., and Raes, D. (2015). Crop evapotranspiration estimation with FAO 56: past and future. *Agricultural Water Management*, 147, 4–20.
- Petreska Stanoeva, J., Stefova, M., Stefkov, G., Kulevanova, S., Alipieva, K., Bankova, V., Aneva, I., and Evstatieva, L. N. (2015). Chemotaxonomic

contribution to the *Sideritis* species dilemma on the Balkans. *Biochemical Systematics and Ecology*, 61, 477-487

- Piozzi, F., Bruno, M., Rosselli, S., and Maggio, A. (2006). The diterpenoids from the genus *Sideritis*. *Studies in Natural Products Chemistry*, 33, 493–540.
- Plioukas, M., Termentzi, A., Gabrieli C., Zervou, M., Kefalas, P. and Kokkalou, E. (2010). Novel acylflavones from *Sideritis syriaca* ssp. *syriaca*. *Food Chemistry*, 123, 1136-1141.
- 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.
- Postel, S.L. (2000). Entering an era of water scarcity: the challenges ahead. *Ecological Applications*, 10(4), 941–948.
- 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.
- Sarropoulou, V. and Maloupa, E. (2015). Effect of Exogenous Dikegulac on In Vitro Shoot Proliferation of *Sideritis raeseri* L. – Greek Mountain Tea Species. *Agriculture & Forestry*, 61 (4), 153-159.
- Schulz, H., Ozkan, G., Baranska, M., Kruger, H., and Ozcan M. (2005). Characterisation of essential oil plants from Turkey by IR and Raman spectroscopy. *Vibrational Spectroscopy*, 39, 249–256.
- 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.
- Todorova, M., and Trendafilova, A. (2014). *Sideritis scardica* Griseb., an endemic species of Balkan peninsula: Traditional uses, cultivation, chemical composition, biological activity. *Journal of Ethnopharmacol*, 152 (2), 256-265.
- Tomas-Barberan, F.A., Wollenweber, E. (1990). Flavonoid aglycons from the leaf surfaces of some Labiatae species. *Plant Systematics and Evolution*, 173, 109–118.

- Tsaknis, J., and Lalas, S. (2005). Extraction and Identification of Natural Antioxidant from *Sideritis euboica* (Mountain Tea). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 6375-6381.
- Tunalier, Z., Kosar, M., Ozturk, N., Baser, K. H. C., Duman, H., and Kirimer, N. (2004). Antioxidant Properties and Phenolic Composition of *Sideritis* species. *Chemistry of Natural Compounds*, 40(3), 206–210.
- Turker U., Erdem T., Tagarakis A., Fountas S., Mitev G., Akdemir B. and Gemtos T.A. (2011). A Feasibility Study of Variable Rate Irrigation in Black Sea Area: Water and Energy Saving from the Application. *Journal of Information Technology in Agriculture*. Vol(1), pp. 1-8.
- Uğur, A., Varol, Ö., and Ceylan, Ö. (2005). Antibacterial Activity of *Sideritis curvidens* and *Sideritis lanata* from Turkey. *Pharmaceutical Biology*, 43(1), 47–52.
- 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.

## 5.2 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Βουδούρης, Κ. Σ. (2009). *Υδρολογία Περιβάλλοντος. Υπόγεια νερά & Περιβάλλον*. Εκδόσεις ΤΖΙΩΛΑ.
- Γκόλιαρης, Α. (1984). Το Τσάι του βουνού, από αυτοφυές τώρα στην καλλιέργεια. Υπουργείο Γεωργίας " Τα Αγροτικά" Τεύχος 16: 29-31.
- Γκόλιαρης, Α. ( 1995). *Γενετική μελέτη στο ελληνικό τσάι του βουνού*. Επιστ. Επετ. Παραρτ. 3, Τόμος 30. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Έγκριση των Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Αττικής, Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, Βόρειας Πελοποννήσου και Δυτικής Πελοποννήσου. (2013). Απόφαση Αριθ. οικ. 391/2013 (ΦΕΚ Β΄1004/24-04-2013).
- Κατσιώτης, Σ.Θ. και Χατζοπούλου Π.Σ. (2016). *Αρωματικά φαρμακευτικά φυτά και αιθέρια έλαια Παραγωγή, επεξεργασία, μεταποίηση, αξιοποίηση, διεθνείς αγορές, αρωματοθεραπεία, αρωματοποιία*. Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη.
- Μαλούπα, Ε., Γρηγοριάδου, Κ., Λάζαρη, Δ., και Κρίγκας, Ν. (2013). *Καλλιέργεια, μεταποίηση και διασφάλιση ποιότητας των ελληνικών αρωματικών-φαρμακευτικών φυτών*. Καβάλα: Γ. Λουπέλης.
- 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 Zymel, Αθήνα.
- Μιχελάκης, Ν. (1998). *Συστήματα αυτόματης άρδευσης. Άρδευση με σταγόνες*. Εκδόσεις Εκδοτική Αγροτεχνική Α. Ε.
- Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ. (1984). *Αρχές και Πρακτική των Άρδεύσεων*. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ. (1999). *Οι ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών*. Εκδόσεις ΖΗΤΗ. Θεσσαλονίκη.
- Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Μ. (2004). *Σημειώσεις Άρδεύσεων*. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος.
- Τερζίδης, Γ.Α. και Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ. (1997). *Γεωργική Υδραυλική*. Εκδόσεις ΖΗΤΗ

- Φουντάς Σπ. και Γέμτος Θ., (2015). *Γεωργία Ακριβείας*. Εκδόσεις Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα, ΣΕΑΒ, Αθήνα.