



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού  
Περιβάλλοντος**

**Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος**

**Πτυχιακή Διατριβή**

**Μελέτη διαχείρισης απορροών υδροπονικής καλλιέργειας  
αγγουριού για χρήση σε δευτερεύουσα καλλιέργεια στο θερμοκήπιο**



**ΓΟΥΡΖΟΥΛΙΔΟΥ ΕΛΙΣΣΑΒΕΤ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΚΑΤΣΟΥΛΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ,**

**Αναπληρωτής**

**Καθηγητής**

**ΒΟΛΟΣ, Φεβρουάριος 2019**

**Τριμελής εξεταστική επιτροπή:**

Αν. Καθηγητής Ν. Κατσούλας (Επιβλέπων),

Επ. Καθηγητής Σ. Πετρόπουλος (Μέλος)

Επ. Καθηγητής Χ. Λύκας (Μέλος)

## Ευχαριστίες

Με την περάτωση αυτής της εργασίας, θεωρώ υποχρέωση μου να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν με κάθε τρόπο σε αυτή τη προσπάθεια.

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα Καθηγητή του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κ. Νικόλαο Κατσούλα για την ανάθεση του θέματος καθώς και την καθοδήγηση του.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους Καθηγητές, κ. Πετρόπουλο και κ. Λύκα, του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για τη συμμετοχή τους στη Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή της εργασίας μου.

Ακόμα, αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω τη Δρ. κα. Αγγελική Ελβανίδη για τις χρήσιμες υποδείξεις και παρατηρήσεις της.

Θα ήταν παράληψή μου να μην ευχαριστήσω επίσης, την MSc κα. Cinthya Demmelbauer-Benitez για τη καθοδήγησή και συνεργασία της καθ' όλη τη πορεία του πειράματος.

Τέλος, οφείλω ένα τεράστιο ευχαριστώ την οικογένεια μου για την υλική και ηθική υποστήριξη τους όλα αυτά τα χρόνια.

## Περίληψη

Σε ένα κλειστό υδροπονικό σύστημα, η αύξηση της συγκέντρωσης των αλάτων στο διάλυμα απορροής, αποτελεί ένα πρόβλημα που χρήζει αντιμετώπισης. Είναι γνωστό ότι, η υψηλή συγκέντρωση αλάτων και κυρίως του  $\text{Na}^+$  και  $\text{Cl}^-$  στην περιοχή της ρίζας, επηρεάζει αρνητικά τόσο την ανάπτυξη όσο και την παραγωγή του φυτικού οργανισμού. Κατά συνέπεια, γεννιάται η ανάγκη για επαναχρησιμοποίηση των απορροών για άρδευση φυτών με υψηλότερη αντοχή στην αλατότητα του θρεπτικού διαλύματος.

Η παρούσα μελέτη επικεντρώνεται στο πως επηρεάζονται ποιοτικά και ποσοτικά ορισμένοι από του μορφολογικούς και φυσιολογικούς παράγοντες τριών αρωματικών φυτών, ύστερα από την εφαρμογή θρεπτικού διαλύματος, διαφορετικής σύστασης. Για τον σκοπό αυτό, αναπτύχθηκε ένα υδροπονικό μοντέλο πολυκαλλιέργειας, το οποίο προέβλεπε την επαναχρησιμοποίηση των απορροών της βασικής καλλιέργειας, σε δευτερεύουσες καλλιέργειες. Η ανάπτυξη των φυτών υλοποιήθηκε σε υπόστρωμα περλίτη, του οποίου η διαβροχή με θρεπτικό διάλυμα γινόταν μέσω αυτόματου συστήματος άρδευσης, εύκαμπτων αγωγών που κατέληγαν σε σταλάκτες στη ρίζα των φυτών. Ως βασική καλλιέργεια επιλέχθηκε η αγγουριά (*Cucumis sativus*) (52 φυτά) και ως δευτερεύουσες, το δεντρολίβανο (*Rosmarinus officinalis*), βασιλικός (*Ocimum basilicum*) και η μέντα (*Mentha piperita*). Για τις ανάγκες του πειράματος δημιουργήθηκαν οκτώ γραμμές καλλιέργειας εντός του θερμοκηπίου, δύο για τα αγγουράκια και έξι για τα αρωματικά. Κάθε σειρά αρωματικών, απαρτίζονταν από είκοσι επτά φυτά: εννέα φυτά του κάθε είδους από τα παραπάνω. Τα αγγούρια αρδεύτηκαν με βασικό θρεπτικό διάλυμα, ενώ οι σειρές των αρωματικών αρδεύτηκαν ανά δύο, με θρεπτικό διάλυμα διαφορετικής σύστασης. Με κάθε τύπο διαλύματος, να αντιπροσωπεύει μια διαφορετική μεταχείριση, οι τρεις μεταχειρίσεις που προέκυψαν ήταν οι εξής: i) το πρότυπο θρεπτικό διάλυμα ii) οι απορροές των αγγουριών αραιωμένες με νερό και iii) οι απορροές των αγγουριών εμπλουτισμένες με φρέσκο θρεπτικό διάλυμα. Έτσι το πείραμα αποτελούνταν από τρεις μεταχειρίσεις με δύο επαναλήψεις έκαστη. Ακόμα, κατά τη διάρκεια του πειράματος πραγματοποιήθηκαν καταστροφικές (αφαίρεση φυτών) και μη, μετρήσεις (ύψος φυτών, όγκος νερού σε συλλέκτες απορροής, EC και pH απορροών, νωπό/ξηρό βάρος φύλλων, νωπό/ξηρό βάρος βλαστών. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης έδειξαν ότι η άρδευση των φυτών

του δεντρολίβανου και του βασιλικού με τις αραιωμένες απορροές αύξησε το ποσοστό ξηράς ουσίας ενώ αντίστοιχα στη μέντα η ξηρά ουσία αυξήθηκε κατόπιν άρδευσης των φυτών με τον μάρτυρα.

## Abstract

In a closed hydroponic system, the increase of salts concentration in the drainage solution is a problem that needs to be combated. As is known, high concentration of salt ions, especially of  $\text{Na}^+$  and  $\text{Cl}^-$  in the root zone, can negatively affect plant's growth and production. Accordingly, there is a need to re-use salty drainages to irrigate plants with higher tolerance to salinity stress. The present study focuses on how three types of aromatic plants are affected by the application of a nutrient solution of different composition. For this purpose, a hydroponic model of multiculture was developed, with the reuse of the drainages of the basic crop, in secondary crops with higher salinity resistance. Plant's growth was carried out on a perlite substrate, the nutrient-solution of which was made by means of an automatic irrigation system, flexible conduits leading to drippers at the root of the plants. *Cucumis sativus* (52 plants) was selected as a primary crop and as secondary crop, rosemary (*Rosmarinus officinalis*), basil (*Ocimum basilicum*) and peppermint (*Mentha x piperita*). For the experimental needs, eight lines were used to cultivate cucumber plants in two lines and herbs in six lines. Each line of herbs consisted of nine plants of each type of herb. Cucumber plants were irrigated with standard nutrient solution, while the lines of herbs were irrigated per two, with a solution of different composition. With each type of solution, representing a different treatment, the three treatments that were obtained were: i) standard nutrient solution, ii) drainage solution diluted with water, iii) drainage solution mixed with standard nutrient solution. In this way the experiment has three treatments and two replicates per treatment. During the experiment, destructive (plant removal) and non- destructive measurements took place (plant height, water volume in drainage collectors, EC, pH, dry / dry leaves, fresh / dry matter). It was found that, the irrigation of rosemary and basil plants with diluted drainages increased the percentage of dry matter, while the dry matter of mint was increased by irrigation of the plants with the standard nutrient solution

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	Εισαγωγή.....	1
1.1	Υδροπονία.....	2
1.2	Συστήματα και μέθοδοι υδροπονικών συστημάτων.....	4
1.3	Καλλιέργεια σε περλίτη.....	5
1.4	Απορροές κλειστού υδροπονικού συστήματος και αλατότητα.....	6
1.5	Τρόποι αντιμετώπισης της αλατότητας.....	8
1.6	Καλλιέργειες.....	9
1.6.1	Αγγουριά ( <i>Cucumis sativus</i> ).....	9
1.6.1.1	Ταξινόμηση, μορφολογικά χαρακτηριστικά και χρήσεις.....	9
1.6.1.2	Υδροπονική καλλιέργεια φυτών αγγουριάς.....	10
1.6.2	Αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά.....	11
1.6.2.1	Οικογένεια Lamiaceae.....	11
1.6.2.2	Δενδρολίβανο ( <i>Rosmarinus officinalis</i> ).....	11
1.6.2.3	Βασιλικός ( <i>Ocimum basilicum</i> ).....	12
1.6.3	Μέντα ( <i>Mentha x piperita</i> ).....	12
1.7	Σκοπός Εργασίας.....	14
2.	Υλικά και μέθοδοι.....	15
2.1	Εγκαταστάσεις και καλλιέργειες.....	15
2.2	Στάδια εργασιών.....	17
2.3	Μεταχειρίσεις.....	20
2.4	Πρώτη και δεύτερη καταστροφική επέμβαση.....	20
2.5	Μέτρηση EC και pH.....	21
2.6	Εκχύλιση.....	23
2.7	Άλεση αποξηραμένων.....	23
2.8	Στατιστική ανάλυση.....	24
3.	Αποτελέσματα.....	25
3.1	Ύψος φυτών αγγουριάς.....	25
3.2	Ύψος αρωματικών.....	26
3.2.1	Ύψος δενδρολίβανου.....	26
3.2.2	Ύψος βασιλικού.....	27
3.2.3	Ύψος μέντας.....	28
3.3	Νωπό και ξηρό βάρος φύλλων (1 <sup>η</sup> καταστροφική).....	29
3.3.1	Νωπό και ξηρό βάρος φύλλων δενδρολίβανου.....	29
3.3.2	Νωπό και ξηρό βάρος φύλλων βασιλικού.....	30
3.3.3	Νωπό και ξηρό βάρος φύλλων μέντας.....	31
3.3.4	Λόγος νωπού και ξηρού βάρους.....	32
3.3.5	Ποσοστό υγρασίας φύλλων.....	33
3.4	Νωπό και ξηρό βάρος φύλλων και βλαστών (2 <sup>η</sup> καταστροφική).....	34
3.4.1	Νωπό και ξηρό βάρος φύλλων και βλαστών δενδρολίβανου.....	34
3.4.2	Νωπό και ξηρό βάρος φύλλων και βλαστών βασιλικού.....	35
3.4.3	Νωπό και ξηρό βάρος φύλλων και βλαστών μέντας.....	36
3.4.4	Λόγος νωπού και ξηρού βάρους φύλλων και βλαστών.....	37
3.4.5	Ποσοστό υγρασίας φύλλων και βλαστών.....	38
3.5	Όγκος απορροών.....	39
3.5.1	Όγκος απορροών δενδρολίβανου.....	39

3.5.2	Όγκος απορροών βασιλικού.....	40
3.5.3	Όγκος απορροών μέντας.....	41
3.6	pH και EC.....	42
3.6.1	pH και EC θρεπτικών διαλυμάτων.....	42
3.6.2	pH και EC διαλυμάτων άρδευσης και απορροής.....	44
3.6.3	pH και EC βασικού θρεπτικού διαλύματος και απορροών αγγουριών...	46
3.6.4	pH και EC αραιωμένων απορροών.....	47
3.6.5	pH και EC βελτιωμένων απορροών.....	48
4.	Συζήτηση.....	49
5.	Συμπεράσματα.....	51
6.	Βιβλιογραφία.....	52



## 1.Εισαγωγή

Η σύγχρονη εποχή έρχεται ολοένα και περισσότερο αντιμέτωπη με επιπτώσεις τόσο των κοινωνικών μεταβολών όσο και της κλιματικής αλλαγής. Η αύξηση της στάθμης της θάλασσας και κατ' επέκταση η υποβάθμιση της ποιότητας του νερού, θέτουν στον πρωτόγεννη τομέα την πρόκληση της χρήσης χαμηλής ποιότητας νερού για την παραγωγή αγροτικών προϊόντων, καθώς και τη μείωση των αποβλήτων των γεωργικών εκμεταλλεύσεων. Επιπροσθέτως, η συνεχής αύξηση του πληθυσμού και της αστικοποίησης του(που δεν επιτρέπει την παραγωγή και αυτοκατανάλωση των κηπευτικών προϊόντων) επιτάσσουν την αύξηση της παραγωγής των αγροτικών αγαθών (φρούτων και λαχανικών), για την ικανοποίηση των διατροφικών αναγκών του πληθυσμού. Σύμμαχος στην αντιμετώπιση των παραπάνω ζητημάτων τάσσεται η εφαρμογή υδροπονικών συστημάτων καλλιέργειας .

Στον τομέα των θερμοκηπίων, οι υδροπονικές καλλιέργειες παρέχουν τη δυνατότητα τόσο της χρήσης χαμηλής ποιότητα νερού όσο τη μείωση των αποβλήτων. Η ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος σε ένα κλειστό υδροπονικό σύστημα περιορίζει την μόλυνση των υδάτινων πόρων και παράλληλα μειώνει τη χρήση λιπασμάτων και νερού (Carmassi et al., 2005). Υδροπονικά συστήματα σαν αυτά, λόγω της δυνατότητας συλλογής και εκ νέου χρήσης των απορροών της καλλιέργειας, αποτρέπουν τη διαφυγή λιπασμάτων στο περιβάλλον με αποτέλεσμα τη μείωση της μόλυνσης των επιφανειακών καθώς και υπόγειων πόρων με νιτρικά και φωσφορικά ιόντα. Ωστόσο, αξίζει να τονισθεί ότι το πρόβλημα της αλατότητας που προκύπτει από την ανακύκλωση του απορρέοντος διαλύματος επιδρά ως παράγοντας καταπόνησης των φυτών, ο οποίος μπορεί να έχει δραματικές επιπτώσεις στην ανάπτυξη και την παραγωγή του φυτικού οργανισμού. Στην περίπτωση όμως, που το πρόβλημα αυτό δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί, η αντικατάσταση του διαλύματος απορροής του αποτελεί μονόδρομο, περιορίζοντας έτσι το περιβαλλοντικό όφελος από την εφαρμογή υδροπονικών συστημάτων καλλιεργειών.

Με βάση τα παραπάνω λοιπόν, γεννάται η ανάγκη για μία εναλλακτική αντιμετώπιση του προβλήματος η οποία θα πρέπει να συνδυάζει τόσο την προστασία του περιβάλλοντος όσο και το χαμηλό κόστος εφαρμογής. Μια τέτοια λύση, θα μπορούσε να είναι η διοχέτευση των απορροών υψηλής συγκέντρωσης αλάτων, σε καλλιέργεια φυτών με υψηλή αντοχή στην αλατότητα. Ορισμένα φυτά με το

παραπάνω χαρακτηριστικό, τα οποία μάλιστα καλλιεργούνται υδροπονικώς, είναι το δεντρολίβανο (*Rosmarinus officinalis*), ο βασιλικός (*Ocimum basilicum*) και η μέντα (*Mentha x piperita*). Η εφαρμογή ενός υδροπονικού συστήματος πολυκαλλιέργειας σαν αυτό, θα παρουσίαζε ιδιαίτερο ενδιαφέρον όχι μόνο από περιβαλλοντικής αλλά και από οικονομικής άποψης, καθώς η αύξησης της ζήτησης των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών τα τελευταία χρόνια είναι ανάλογη της αύξησης του πληθυσμού. Ωστόσο, για την εύρυθμη λειτουργία ενός υδροπονικού συστήματος απαιτείται επαγγελματική εκπαίδευση και κατάρτιση για τον έλεγχο της παραγωγής αλλά και για τη μεταφορά της τεχνογνωσίας στους άμεσα ενδιαφερόμενους.

Παρακάτω θα μελετηθούν, η υδροπονία ως μέθοδος παραγωγής προϊόντων, τα συστήματα και οι μέθοδοι υδροπονικών συστημάτων, η αλατότητα στις απορροές ενός κλειστού συστήματος καθώς και οι πιθανοί τρόποι αντιμετώπισης της. Επιπλέον θα παρουσιαστούν ταξινομικά και μορφολογικά γνωρίσματα των φυτών αγγουριάς (*Cucumis sativus*) καθώς και των αρωματικών φυτών, μέντα (*Mentha x piperita*), βασιλικός (*Ocimum basilicum*) και δεντρολίβανο (*Rosmarinus officinalis*). Σκοπός είναι να μελετηθεί πως η εφαρμογή θρεπτικού διαλύματος διαφορετικής συγκέντρωσης νατρίου επιδρά σε πιο ανθεκτικές καλλιέργειες. Τέλος, θα διευκρινιστούν ο τελικός σκοπός και οι στόχοι της παρούσας εργασίας.

## 1.1 Υδροπονία

Η λέξη υδροπονία προέρχεται, από το «ύδωρ», που σημαίνει νερό και το «πόνος» με την έννοια της εργασίας. Η υδροπονία είναι η καλλιεργητική μέθοδος κατά την οποία το ριζικό σύστημα αναπτύσσεται εξ ολοκλήρου εκτός φυσικού εδάφους, με παροχή θρεπτικού διαλύματος (Raviv & Lieth, 2008; Son et al., 2015, ώστε να παρέχεται στον φυτικό οργανισμό αρκετό νερό για να είναι σε θέση να διεκπεραιώνει τις απαραίτητες εργασίες λειτουργίες για τη ζωή του. Αν και θεωρείται ότι ανήκει στις νεότερες καλλιεργητικές πρακτικές, έχει τις ρίζες της βαθιά στο παρελθόν (Clark, 1982). Χαρακτηριστικό παράδειγμα των πρώτων υδροπονικών καλλιέργειών αποτελούν οι Κρεμαστοί Κήποι της Βαβυλώνας, οι πλεούμενοι κήποι των Ατζέκων στο Μεξικό και οι κήποι στην Κίνα. Ακόμα επιστήμονες τον 17<sup>ο</sup> μεγάλωναν φυτά σε δοχεία πάνω από το έδαφος, κατά την προσπάθειά τους να κατανοήσουν ποια στοιχεία υποβοηθούν την ανάπτυξη καθώς και τη δόμηση των φυτικών οργανισμών (Howard, 2007; Torabi et al., 2012).

Η εν λόγω τεχνική, βασίζεται στην ανάπτυξη των φυτών, με παροχή ανόργανων θρεπτικών στοιχείων, διαμέσου θρεπτικού διαλύματος καθώς και στη παρουσία μηχανικής στήριξης ή όχι του ριζικού συστήματος (Jones, 1997; Jensen, 1999). Σε ένα τέτοιο σύστημα καλλιέργειας, η αύξηση και ανάπτυξη της ρίζας πραγματοποιείται είτε απευθείας στο καθαρό θρεπτικό διάλυμα είτε σε πορώδη στερεά υλικά, όπως περλίτη, χαλίκι, αρυκτιβάμβακα κ.α., τα οποία καλούνται ως υπόστρωμα (Asao, 2012; Jensen, 1999).

Το προαναφερθέν θρεπτικό διάλυμα είναι ένα αραιό υδατικό διάλυμα όλων των θρεπτικών στοιχείων, που είναι αναγκαία για την ανάπτυξη των φυτών τα οποία είναι διαλυμένα στο νερό με τη μορφή ή ιόντων ανόργανων αλάτων ή ευδιάλυτων οργανικών ενώσεων ή ευδιάλυτων ανόργανων ενώσεων (Σάββας, 2017). Ένα τυπικό θρεπτικό διάλυμα αποτελείται συνήθως από τα μικροστοιχεία N, K, P, Ca, Mg, S, και τα μικροστοιχεία (σε διαλύτη μορφή) Fe, B, Cu, Mn, Ni, Zn, Mo, Cl, Co (για τα είδη που απαιτούν σταθεροποίηση N). Σε ορισμένες περιπτώσεις, γίνεται προσθήκη Si και Se που αν και δεν είναι απαραίτητα στοιχεία, θεωρούνται ευεργετικά για την ανάπτυξη των φυτικών οργανισμών (Epstein, 1994, 1999; Lyons et al, 2009; Howar, 2002; Hanan, 1931;). Η συγκέντρωση και η αναλογία των στοιχείων στο διάλυμα, είναι αντίστοιχη των απαιτήσεων του φυτού για τη φυσιολογική του ανάπτυξη (Sonetal., 2015).

Αγροτικά προϊόντα, που παράγονται με την μέθοδο της υδροπονίας, είναι η τομάτα, το αγγούρι, η πιπεριά, η φράουλα, το μαρούλι και ορισμένες ξεχωριστές καλλιέργειες οι οποίες στο σύνολο τους, πλην τις πιπεριάς, την έχουν αναδείξει ως μια κερδοφόρα καλλιεργητική τεχνική (Christie, 2014; Jenner, 1980; Asao, 2012; Jones, 1997). Τέλος, η μέθοδος αυτή βρίσκει εφαρμογή και την παραγωγή αρωματικών φυτών (Jones, 1997; Howard, 2007).

Η υδροπονία αποτελεί την πλέον εξελιγμένη μέθοδο παραγωγής διότι, είναι σε θέση να χρησιμοποιήσει ακόμα και αφαλατωμένο νερό για την παραγωγής αγροτικών προϊόντων (Howard, 2007). Η συνεισφορά της είναι αδιαμφισβήτητη σε τομείς όπως η αντιμετώπιση των προκλήσεων της κλιματικής αλλαγής, η διαχείριση των συστημάτων παραγωγής για την αποτελεσματικότερη αξιοποίηση των φυσικών πόρων και ο περιορισμός του υποσιτισμού (Mamta & Shraddha, 2013).

## 1.2 Συστήματα και μέθοδοι και υδροπονικών συστημάτων

Ένας γενικός τρόπος ταξινόμησης των καλλιεργειών εκτός εδάφους, θα μπορούσε να βασίζεται αρχικά στον τρόπο διαχείρισης των απορροών του υδροπονικού συστήματος και στη συνέχεια στο μέσο ανάπτυξης της ρίζας, του φυτικού οργανισμού.

Βασική κατηγοριοποίηση των υδροπονικών συστημάτων ανάλογα με τον τρόπο διαχείρισης, της περίσσειας θρεπτικού διαλύματος που απορρέει από το περιβάλλον των ριζών, είναι ο διαχωρισμός τους σε ανοιχτά και κλειστά συστήματα (Nederhoff & Stanghellini, 2010; Asao, 2012; Jensen, 1999; Raviv & Lieth, 2008; Gradziel, 2010; Jones, 1997) Σε ένα ανοιχτό σύστημα, έπειτα από τη χρήση του θρεπτικού διαλύματος, η περίσσεια του που εκρέει από τις ρίζες των φυτών (διάλυμα απορροής) δεν ανακυκλώνεται αλλά αποβάλλεται στο περιβάλλον. Αντιθέτως, σε ένα κλειστό σύστημα η περίσσεια του απορρέοντος υδατικού διαλύματος επαναχρησιμοποιείται, ύστερα από τη συλλογή και τον επαναπροσδιορισμό του, δηλαδή την συμπλήρωση του με νερό και θρεπτικά στοιχεία (Jensen and Collins, 1985; J.B Jones 1930; Jensen, 1999; Asao, 2012; Gradziel, 2010; Jones, 1997). Επιπλέον αριθμός των κύκλων που θα επιτελέσει το διάλυμα απορροής σε ένα κλειστό υδροπονικό σύστημα δεν είναι συγκεκριμένος (Lykas *et al.*, 2006) ενώ η ανακύκλωση του αυτή, δεν αποτελεί περιοριστικό παράγοντα στην την απόδοση της καλλιέργειας (Raviv *et al.*, 1998; Savvas and Gizas, 2002). Γενικά με την εφαρμογή κλειστού υδροπονικού συστήματος μπορεί να επιτευχτεί μείωση έως 20-40 % της χρήσης νερού και λιπασμάτων συγκριτικά με ένα ανοιχτό (Nederhoff & Stanghellini, 2010). Ωστόσο στο ανοιχτό πραγματοποιείται ευκολότερη διαχείριση της καλλιέργειας (Van Os, 1999) καθώς η σύσταση του θρεπτικού διαλύματος το οποίο εφαρμόζεται στα φυτά είναι γνώστη και σταθερή και μπορεί εύκολα επιδέχεται τροποποιήσεις ανάλογα με τις ανάγκες του φυτικού οργανισμού (Sonneveld, 2002). Τα γνωρίσματα αυτά, αποτελούν έκαστο από ένα ενδεικτικό πλεονεκτήματα των παραπάνω συστημάτων.

Με βάση το μέσο ανάπτυξης, του ριζικού συστήματος που χρησιμοποιείται στην καλλιέργεια εκτός εδάφους, γίνεται διαχωρισμός των μεθόδων στις ακόλουθες κατηγορίες: την υδροπονία χωρίς υπόστρωμα καθώς και την υδροπονία σε στέρεο υπόστρωμα (Jones 1997; Σημειώσεις e-class; Gradziel, 2010;). Όσον αφορά υδροπονία χωρίς υπόστρωμα, η καλλιέργεια των φυτών πραγματοποιείται απευθείας σε θρεπτικό διάλυμα σε κανάλια συνεχούς ή μη συνεχούς ροής και περιλαμβάνονται αντιστοιχώς

οι τεχνικές NFT(Nutrient film technique) και DFH (Deep flow technique) (Jensen, 1999). Επίσης στην κατηγορία αυτή, ανήκει και η αεροπονία, με το ριζικό μέρος του φυτικού οργανισμού να αιωρείται και πάνω του να ψεκάζεται θρεπτικό διάλυμα (Gradziel, 2010; Raviv & Lieth, 2008; Jensen, 1999). Στην υδροπονία σε πορώδες υπόστρωμα, το οποίο επιδέχεται τον περεταίρω διαχωρισμό σε οργανικό και ανόργανο, η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, λαμβάνει χώρα σε σταθερό υπόστρωμα το οποίο διαβρέχεται από υδατικό διάλυμα ανόργανων αλάτων, στα πλαίσια της άρδευση του φυτού (Savvas, 2003; Σειμειώσεις e-class; Mamta & Shraddha, 2013). Στην υδροπονική καλλιέργεια σε υπόστρωμα, κάθε μέθοδος φέρει το όνομα του υλικού που χρησιμοποιείται, όπως για παράδειγμα καλλιέργεια σε περλίτη, σε άμμο, σε χαλίκι, σε πετροβάμβακα κ.ά.(Mamta & Shraddha, 2013). Στις μεθόδους DFH, NFT και αεροπονία γίνεται εφαρμογή του κλειστού υδροπονικού συστήματος ενώ στις μεθόδους τις καλλιέργειας σε υπόστρωμα παρέχεται η δυνατότητα της εφαρμογής και των δύο συστημάτων αναλόγως με το αν προβλέπεται ανακύκλωση του απορρέοντος διαλύματος όχι (Jensen, 1999; Gradziel, 2010).

### **1.3 Καλλιέργεια σε περλίτη**

Ο περλίτης είναι ένα υαλώδες αδρανές ορυκτό, αργιλλοπυριτικό με ηφαιστειακή προέλευση το οποίο χαρακτηρίζεται από υψηλή ικανότητα συγκράτησης νερού (συγκρατεί έως και 3 με 4 φορές το βάρος του σε νερό) και αερισμού (Tyson, 2007; Howard, 2007). Ακόμα έχει pH που κυμαίνεται από 6 έως 8 (Howard, 2007) χωρίς όμως να παρουσιάζει ρυθμιστική ικανότητα και ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (Hanan, 1931; Jones, 1997), κατέχει δηλαδή τη δυνατότητα να μη δεσμεύει τα θρεπτικά στοιχεία από το διάλυμα, αλλά να τα αφήνει ελεύθερα να απορροφούνται από το φυτό.

Η καλλιέργεια σε περλίτη, χαρακτηρίζεται ως μία απλή μέθοδος που συνδυάζει την εύκολη εγκατάσταση και το χαμηλό κόστος διότι, οι σάκοι στους οποίους εμπεριέχεται παρέχουν τη δυνατότητα της επαναχρησιμοποίησης ύστερα από την απομάκρυνση των υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας και την απολύμανση τους (Jones, 1997; Hanan, 1931;). Η μέθοδος περιλαμβάνει την δημιουργία οπών στην πάνω επιφάνεια του σάκου, για την μεταφύτευση των φυτών σε αυτόν καθώς και δύο σχισμών στην χαμηλά στην κάτω επιφάνεια ώστε επιτρέπεται η αποστράγγιση του πλεονάζοντος υδατικού διαλύματος (Gradziel, 2010). Η διαβροχή του πορώδους υλικού με θρεπτικό διάλυμα γίνεται με στάγδην άρδευση, είναι προγραμματισμένη να γίνεται συχνά

αλλά μικρά σε διάρκεια, με τον σταλαχτή να τοποθετείται στη βάση της κάθε ρίζας. Τέλος το εν λόγω υπόστρωμα, χρησιμοποιείται ευρέως για την καλλιέργεια φυτών αγγουριάς (Jones, 1997; Howard, 2007; Gradziel, 2010; Raviv&Leith 2008 ).

#### **1.4 Απορροές κλειστού υδροπονικού συστήματος καλλιέργειας και αλατότητα**

Στην ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος η οποία πραγματοποιείται σε ένα κλειστό σύστημα προκύπτουν ορισμένα εμπόδια τα οποία θα πρέπει να αντιμετωπιστούν ώστε να μην αποτελούν περιοριστικό παράγοντα στην ανάπτυξη και τη παραγωγή της καλλιέργειας. Ένα από αυτά τα προβλήματα είναι η συγκέντρωση αλάτων στο απορρέον διάλυμα (Savvas and Gizas, 2002).

Υστέρα από κάθε κύκλο του θρεπτικού διαλύματος στο σύστημα, η σύνθεση του διαλύματος απορροής αλλάζει σημαντικά συγκριτικά με αυτή του διαλύματος τροφοδοσίας (Σάββας, 2017). Έπειτα από συνεχείς ανακυκλώσεις των απορροών, παρατηρείται αύξηση της συγκέντρωσης ιόντων  $\text{Na}^+$  και  $\text{Cl}^-$ , κυρίως στην περιοχή της ρίζας (Savvas et al., 2005; 2007). Αυτό συμβαίνει γιατί η φαινομενική συγκέντρωση απορρόφησης (ο λόγος μεταξύ πρόσληψης θρεπτικών ουσιών και νερού) αρκετών ιόντων, όπως το  $\text{Na}^+$  και  $\text{Cl}^-$ , είναι χαμηλότερη από τη συγκέντρωσή τους στο νερό άρδευσης (Savvas et al., 2005; Carmassi et al., 2005). Η υψηλή συγκέντρωση των αλάτων και κυρίως των παραπάνω ιόντων, στην έκταση που καλύπτεται από τη ριζόσφαιρα, δύναται να προκαλέσει συμπτώματα τοξικότητας στον φυτικό οργανισμό, ιοντική καθώς και οσμωτική καταπόνηση (δημιουργία χαμηλού δυναμικού νερού) (Sonneveld & Voogt, 2009). Ως γνωστόν, η κίνηση του νερού για την απορρόφηση του από τον φυτικό οργανισμό, πραγματοποιείται από την περιοχή με υψηλό δυναμικό προς αυτή με χαμηλό. Κατ'αυτόν τον τρόπο, ακόμα και αν το νερό στην περιοχή της ρίζας βρίσκεται σε αφθονία, η υψηλή συγκέντρωση ιόντων στο υδατικό διάλυμα έχει σαν αποτέλεσμα το νερό αυτό να μην είναι διαθέσιμο στο φυτό εξ αιτίας του χαμηλού υδατικού δυναμικού (Sonneveld & Voogt, 2009; Asao, 2012). Η αυξημένη έτσι οσμωτική πίεση μειώνει την ικανότητα του φυτού να απορροφά νερό και το φυτό υποφέρει από έλλειψη νερού, με συχνά την εμφάνιση συμπτωμάτων μαρασμού.

Βάση των παραπάνω, η διαχείρισή της περίσσιας του θρεπτικού διαλύματος που ρέει από τις ρίζες των φυτών χρήζει, ανά τακτά χρονικά διαστήματα, χημικής και

ανάλυσης (Carmassi et al., 2005). Δύο από τις παραμέτρους που εξετάζονται εργαστηριακά είναι η EC (Electrical Conductivity) το pH.

Η συνολική ποσότητα των ιόντων στο διάλυμα συνήθως υπολογίζεται ως ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) (Raviv & Lieth, 2008; Μαυρογιανόπουλος, 2005). Σε ένα υδατικό διάλυμα, σε μία συγκεκριμένη θερμοκρασία η EC είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των ιόντων που βρίσκονται διαλυμένα σ' αυτό. Αποτελεί λοιπόν ένα καλό εκτιμητή της συγκέντρωσης των ιόντων (Singh & Dunn, 2016). Ωστόσο αξίζει να τονιστεί ότι δεν παρουσιάζει κάποια ένδειξη σχετικά με το είδος τους ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  κλπ.) (Graves, 1983; Μαυρογιανόπουλος, 2005; Gradziel, 2010). Η τιμή της θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ των 1,5-2,5 ds m<sup>-1</sup> (Van Os, 1999), με τιμές EC > 2,5 ds m<sup>-1</sup> να αυξάνουν την οσμωτική πίεση στην περιοχή της ρίζας και τιμές EC < 1,5 να προκαλούν προβλήματα στην ανάπτυξη και παραγωγή του φυτού (Samarakoon & Weerasinghe, 2006).

Όσον αφορά το pH του θρεπτικού διαλύματος, αυτό έχει τεράστια σημασία για τη θρέψη των φυτών. Η τιμή του επηρεάζει τις χημικές ισορροπίες μεταξύ διαφόρων ιόντων και χημικών ενώσεων στο θρεπτικό διάλυμα καθορίζοντας έτσι τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων στο διάλυμα, καθώς τα φυτά δύνανται να απορροφήσουν ορισμένα στοιχεία κάτω από ένα συγκεκριμένο εύρος τιμών του (Samarakoon & Weerasinghe, 2006; Clark, 1982). Στην περίπτωση που το pH είναι ψηλότερο ή χαμηλότερο από κάποιες επιθυμητές τιμές που θεωρούνται ως ανώτερα ή κατώτερα όρια, αρκετά θρεπτικά καθίστανται δυσδιάλυτα (κυρίως ο P, ο Fe, το Mn σε υψηλό pH), με αποτέλεσμα τα φυτά να δυσκολεύονται να τα απορροφήσουν ενώ απορροφούν άλλα ταχύτερους από τους συνήθεις ρυθμούς (π.χ. το Mn και το αργίλιο σε χαμηλό pH). Βάση αυτού παρατηρούνται διαταραχές στην θρέψη των φυτών (τροφοπενίες, τοξικότητες κ.λ.π.). Ιδιαίτερη σημασία έχει ο έλεγχος του pH στα συστήματα υδροπονικών καλλιεργειών, λόγω τόσο του μικρού όγκου του υποστρώματος που αναλογεί στο κάθε φυτό όσο και στην έλλειψη της ρυθμιστικής ικανότητας καθώς μπορεί να συμβούν μεγάλες αλλαγές στο pH του διαλύματος στο χώρο των ριζών, εντός μικρού χρονικού διαστήματος. Έτσι για να παραμένει σταθερό το pH στην περιοχή της ρίζας είναι αναγκαία η λήψη μέτρων στις υδροπονικές καλλιέργειες (Savvas, 2001). Οι πιο ευνοϊκές τιμές pH του θρεπτικού διαλύματος για την ανάπτυξη των περισσότερων καλλιεργειών κυμαίνονται μεταξύ 5.5 και 5.8 (Raviv & Lieth, 2008), υπάρχει όμως μεγάλη παραλλακτικότητα της ευαισθησίας των

καλλιεργειών στις τιμές πάνω από 7 (Sonneveld & Voogt, 2009). Γενικότερα οι τιμές δεν θα πρέπει να βρίσκονται κάτω από 5 και πάνω από 7 (Raviv & Lieth, 2008).

### **1.5 Τρόποι αντιμετώπισης της αλατότητας**

Όπως προαναφέρθηκε η υψηλή συγκέντρωση αλάτων στο θρεπτικό διάλυμα αλλά κυρίως στην περιοχή της ρίζα δρα ως περιοριστικός παράγοντας στην ανάπτυξη και απόδοση του φυτικού οργανισμού. Με σκοπό την επίλυση των επιβλαβών αποτελεσμάτων της αλατότητας, έχουν διεξαχθεί αρκετές έρευνες ωστόσο παρακάτω προτείνονται ορισμένες μόνο μέθοδοι που μπορούν να εφαρμοστούν ώστε να περιορίσουν το φαινόμενο αυτό.

Η πιο γνωστή μέθοδος είναι αντιμετώπισης της αλατότητας είναι η αύξηση της ποσότητας του νερού άρδευσης. Όταν η συγκέντρωση των αλάτων στο περιβάλλον της ρίζας είναι υψηλότερη από την επιθυμητή εφαρμόζεται επιπλέον ποσότητα νερού ώστε να πραγματοποιηθεί έκπλυση των αλάτων από το υποστρώματος (Sonneveld and Voogt, 2009)

Ακόλουθο μέτρο είναι ο τρόπος διαχείρισης του θρεπτικού διαλύματος. Ο πρώτος τρόπος είναι ολική ανανέωση του θρεπτικού διαλύματος ενώ ο δεύτερος είναι η ανάμειξη καθαρού νερού (χαμηλότερης ηλεκτρικής αγωγιμότητας) με το νερό της απορροής, η αφαίρεση μικρού όγκου του νερού της απορροής και αντικατάστασή του με καθαρό νερό (Μπράτη και Αναστασίου, 2000-2001) ή προσθήκη βασικού θρεπτικού διαλύματος στο διάλυμα απορροής. Για παράδειγμα, στα εμπορικά συστήματα κατόπιν μιας σειρά ανακυκλώσεων του θρεπτικού διαλύματος, οι τιμές τις EC και του pH θα έχουν αυξηθεί σε τέτοιο βαθμό που δεν θα υπεισέρχονται καμίας βελτίωσης, με προσθήκη βασικού θρεπτικού διαλύματος ή νερού, κάνοντας αναγκαία την ολική αντικατάσταση του (Lykas et al., 2006) ή τουλάχιστον την μερική αντικατάστασή του (Carmassi et al., 2007). Η μερική αντικατάσταση του θρεπτικού διαλύματος χαρακτηρίζει το εφαρμοζόμενο σύστημα καλλιέργειας και ως ημι-κλειστό (Carmassi et al., 2005; 2007; Nederhoff & Stanghellini 2010)

Στη συνέχεια, η αλατότητα μπορεί να αντιμετωπιστεί με την εφαρμογή διαφυλλικού ψεκασμού θρεπτικών συστατικών, ή εμπλουτισμού του θρεπτικού διαλύματος με αυτά. Η μέθοδος αυτή είναι αρκετά αποτελεσματική στη την αύξηση αντοχής των φυτών στην αλατότητα καθώς και στη μείωση της καταπόνησης την καλλιέργειας που προκαλείται από τα ιόντα Na και Cl (Pardossi et al, 1999a, Tzortzakis,



2009a,b). Έρευνες έδειξαν ότι η εφαρμογή των θρεπτικών ουσιών διαφυλλικά μείωσε τις δυσμενείς συνέπειες του πρόβλημα της αλατότητας και διόρθωσε τη θρεπτική αξία προκαλώντας αύξηση στην ανοχή της αλατότητας φυτά τομάτας (El Foulyetal, 2002). Ακόμα η αύξηση της θρέψης των φυτών με κάλιο και νιτρικά άλατα είναι εξίσου αποτελεσματική καθώς σε καλλιέργειες όπως στη τομάτα (*Lycopersicon esculentum* L.), στο μαρούλι (*Lactucasativa* L.), το γλυκό καλαμπόκι (*Zeasmays* L. var. *RugosaBonaf.*) και το γκρεϊπφρουτ (*Citrus x paradiseMact.*) η εφαρμογή Multi-K (νιτρικό κάλιο) όχι μόνο προστάτευσε τις καλλιεργείες από τα προβλήματα που προκαλεί η αλατότητα αλλά βελτίωσε και την παραγωγή (Achilea, 2002).

Η επιλογή φυτών με υψηλή αντοχή στην αλατότητας αποτελεί εναλλακτικό μέτρο στον περιορισμό των επιπτώσεων της (Jones, 1997; Shrivastave &Kumar, 2015). Ανάμεσα στα καλλιεργούμενα φυτά που διαθέτουν το χαρακτηριστικό αυτό είναι το δεντρολίβανο (*Rosemarnus officinals*), ο βασιλικός (*Ocimum busilicum*) και η μέντα (*Mentha x pipereta*) καθώς είναι ικανά να συσσωρεύουν έως και 50% NaCl (ξηρή βάση) (Ushakonaetal., 2005). Η καλλιέργεια των φυτών αυτών, σε συνδυασμό με την άρδευση τους με αραιωμένες με νερό ή βελτιωμένες (με φρέσκο θρεπτικό διάλυμα) απορροές θα είχε ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τη μελέτη της απόδοσης ενός κλειστού συστήματος ενάντια στην αλατότητα.

## **1.6Καλλιέργειες**

### **1.6.1 Αγγουριά (*Cucumis sativus*)**

#### **1.6.1.1Ταξινόμηση, μορφολογικά χαρακτηριστικά και χρήσεις**

Η αγγουριά είναι σημαντικό φυτό της οικογένειας των κολοκυνθωδών (Cucurbitaceae), το οποίο ανήκει στο γένος *Cucumis* και στο είδος(*Cucumis sativus*), με πιθανή προέλευση από την Ινδία και μεταγενέστερη εξάπλωση σε Ασία , Αφρική και Ευρώπη. Το παραπάνω είδος βρίσκεται ανάμεσα στα δύο από 50 είδη του γένους *Cucumis*, σε Ασία και Αφρική με ιδιαίτερη οικονομική αξία (Salunke&Kadam).

Πρόκειται για μία έρπουσα ή και αναρριχόμενη ετήσια πόα , μόνοικη , δίκλινη στην οποία δεν συναντώνται συχνά ανδρομονοϊκές ποικιλίες με αρσενικά και τέλεια άνθη. Έχει θυσανώδες ριζικό σύστημα και βλαστό που φέρει τριχίδια στην επιφάνεια με ανάπτυξη που μπορεί να είναι είτε θαμνώδη ή να φτάσει τα 3-4 μέτρα. (Χα &Πετρόπουλος, 2004). Επιπλέον, η δυνατότητα αναρρίχησης παρέχεται στον βλαστό μέσω των ελίκων που εκφύονται στους κόμβους του. Τα φύλα του φέρουν τριχίδια και

από τους οφθαλμούς, στις μασχάλες τους γίνεται η έκπτυξη πλάγιων βλαστών. Τα άνθη φύονται από τις μασχάλες των φύλλων και είναι κίτρινου χρώματος και ο καρπός είναι κυλινδρική ράγα το μήκος του οποίου εξαρτάται από την ποικιλία ή το υβρίδιο (Κανάκης, 2004)

Το φυτό προορίζεται για παραγωγή καρπού, ο οποίος διατίθεται για επιτραπέζια χρήση ως σαλατικό ή ως τουρσί. Επιπλέον, το αγγουράκι χρησιμοποιείται ευρέως ως βασικό συστατικό σε παρασκευάσματα ομορφιάς, όπως κρέμες και καθαριστικά δέρματος (Κανάκης, 2004).

#### **1.6.1.2.Υδροπονική καλλιέργεια φυτών αγγουριάς**

Σήμερα στα θερμοκήπια καλλιεργείται ο Ευρωπαϊκός τύπος με ποικιλίες και υβρίδια που είναι γυνομόνικες, παρθενοκαρπικές (παράγει καρπούς χωρίς επικονίαση) (Jones, 1997). Τα αγγούρια του τύπου αυτού, έχουν μακριούς λεπτούς καρπούς και επιδερμίδα που φέρει μικρά εξογκώματα χωρίς όμως να φέρει αγκάθια (Χα & Πετρόπουλος, 2004). Η καλλιέργεια του πραγματοποιείται σε συνήθως σε υπόστρωμα περλίτη ή πετροβάμβακα (Jensen, 1999; Howard, 2007). Η υποστύλωση της, επιτυγχάνεται με τοποθέτηση γαλβανισμένου σύρματος σε ύψος 1,8 με 2,1 πάνω από τις γραμμές φύτευσης και χρήση πλαστικού σπάγκου, για την αναρρίχηση των φυτών, ο οποίος δένεται είτε σε ειδικό πασσαλάκι τοποθετημένο στο έδαφος, είτε κατευθείαν σε βάση του φυτού (Κανάκης 2004). Ακόμα είναι αναγκαία η αφαίρεση των πλαγιών βλαστών οι οποίοι για την ανάπτυξη του απορροφούν μεγάλες ποσότητες θρεπτικών από το φυτό (Howard, 2007).

Η αγγουριά παρουσιάζει καλύτερη ανάπτυξη σε θερμοκρασία, μεταξύ 18-30<sup>0</sup>C και (Salunkhe & Kadam) και σχετικά υψηλά επίπεδα σχετικής υγρασίας (Morgan, 2002a). Ωστόσο, είναι αρκετά ευαίσθητη σε θερμοκρασία μεγαλύτερη από 30<sup>0</sup>C σε συνδυασμό με υψηλής έντασης φωτισμό όπως και αυξημένες τιμές EC του θρεπτικού διαλύματος (Morgan, 2002a). Όταν οι τιμές της EC είναι πάνω από το επιθυμητό όριο προκαλούν αργή ανάπτυξη του φυτού και χαμηλής ποιότητας καρπούς αλλά και μείωση του αριθμού των καρπών ανά φυτό (Jones, 1997). Επιπροσθέτως, λόγω της μεγάλης φυλλικής επιφάνειας του και κατ' επέκταση της αυξημένης εξατμισιοδιαπνοής του έχει ιδιαίτερα αυξημένες ανάγκες σε νερό (Χα & Πετρόπουλος 2004). Παρουσιάζει σημάδια χλώρωσης καθώς και μείωση των αποδόσεων του σε τιμές pH πάνω από 6 και ικανοποιητική ανταπόκριση της επίδοσης του σε pH 5.5 (Van Os, 1999).

## 1.6.2 Αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά

### 1.6.2.1 Οικογένεια Lamiaceae

Η οικογένεια Labiatae (Lamiaceae) περιλαμβάνει περίπου 3500 είδη τα οποία συναντώνται κυρίως στη Μεσόγειο καθώς και στην Αυστραλία, στη Νοτιοδυτική Ασία και στο Νότιο Αμερική σε μικρότερες όμως ομάδες οι οποίες έχουν τοπικό χαρακτήρα (Kokkini et al., 2003). Στην οικογένεια περιλαμβάνονται ετήσια και πολυετή φυτά, ποώδη ή υποθαμνώδη των ξηρών και θερμών περιοχών. Χαρακτηριστικά τους γνωρίσματα αποτελούν, ο τετράγωνος βλαστός, τα ζυγόμορφα άνθη με δίχειλη στεφάνη, τα αντίθετα και ανά ζεύγος σταυροειδώς τοποθετημένα φύλλα και ο ξηρό καρπό (Σαρλής, 1999). Τα φυτά περιβάλλονται από αδένες η αδενώδεις τρίχες και διαθέτουν έντονη αρωματική οσμή λόγω της παρουσίας αιθέριων ελαίων, κάτι το οποίο αυξάνει την εμπορεύσιμη αξία τους καθώς έχουν αρωματική και φαρμακευτική χρήση. Συνήθως τα αρωματικά καλλιεργούνται τόσο για τα αιθέρια έλαια όσο και για τις ξηρές ρώγες τους (δηλαδή αποξηραμένα μέρη των φυτών όπως φύλλα, βλαστοί, άνθη, ρίζες, σπόροι καθώς και καρποί) (Δόρδας 2012). Επιπροσθέτως η αυξημένη οικονομική απόδοσης τους έχει στρέψει το ενδιαφέρον των παραγωγών στην καλλιέργεια τους. Μεταξύ των αρωματικών φυτών που καλλιεργούνται με επιτυχία υδροπονικώς, είναι το δεντρολίβανο (*Rosemarinus officinalis*), ο βασιλικός (*Ocimum basilicum*) και η μέντα (*Mentha x pipereta*) (Jones, 1997; Hanon 2007)

### 1.6.2.2 Δεντρολίβανο (*Rosmarinus officinalis*)

Φυτό της οικογένειας Lamiaceae (Lambiatae) που ανήκει στο γένος *Rosmarinus* και στο είδος *Rosmarinus officinalis*. Το δεντρολίβανο είναι ένας αειθαλής, πολύκλαδος θάμνος, συνήθως όρθιος που μπορεί να φτάσει τα 2 μ σε ύψος και φάρδος. Ο κορμός του είναι ξυλώδης, γκρι χρώματος και διακλαδίζεται σχεδόν από τη βάση του ενώ τα φύλλα είναι αντικριστά, γραμμοειδή, πράσινα –σκούρα, γυαλιστερά στην επάνω επιφάνεια και άσπρα χνουδωτά στην κάτω που όταν θρυμματιστούν διαχέουν αρωματική οσμή (Guzman, 1999). Το φυτό καλλιεργείται για φαρμακευτική χρήση, μαγειρικούς και διακοσμητικούς σκοπούς καθώς και για τα αιθέρια έλαια του (Masouri Botanical Garden, 2014).

Στα καλλιεργητικά του χαρακτηριστικά, συμπεριλαμβάνονται η αντοχή του σε υψηλές θερμοκρασίες και ξηρασία καθώς και η ικανότητα επιβίωσης του σε περιοχές με ξηρό, φτωχό, βραχώδες και αμμώδες έδαφος (Floridata, 2014). Οι ανάγκες του φυτού σε λίπασμα κυμαίνονται σε 6-8 kg/στρέμμα N και P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> και 8-10 K<sub>2</sub>O (Κατσιώτης & Χατζοπούλου, 2016). Η υδροπονική καλλιέργεια του πραγματοποιείται σε συνήθως σε υπόστρωμα περλίτη ή πετροβάμβακα (Jensen, 1999) και παρουσιάζει εύρωστη ανάπτυξη σε pH 5,5-6,5 και EC 1.0-1.6. Επιπλέον ως φυτό είναι αρκετά ευαίσθητο σε αυξημένες ποσότητες άρδευσης ενώ απαιτεί καλά αποστραγγισμένο μέσο για την ανάπτυξη του (Jones, 1997).

### **1.6.2.3 Βασιλικός (*Ocimum basilicum*)**

Ο βασιλικός είναι ένα αρωματικό και φαρμακευτικό φυτό, με προέλευση από την Ινδία, που ανήκει στην οικογένεια των χειλανθών Lamiaceae (Lambiales) στο γένος *Ocimum* και στο είδος *Ocimum basilicum* (Botannica, 2018). Το γένος *Ocimum* απαρτίζεται από περισσότερα από 150 είδη αποτελώντας το μεγαλύτερο γένος της οικογένειας (Pandey et al., 2014). Από αυτά, το είδος *Ocimum basilicum* είναι αυτό με τη μεγαλύτερη οικονομική σημασία καθώς αποτελείται από πολλά φαρμακευτικά και αρωματικά είδη (Werker et al., 1992), ενώ η πλέον εμπορεύσιμη ποικιλία είναι αυτή του Ευρωπαϊκού (γλυκός βασιλικός) (Δόρδας, 2012). Πρόκειται για ένα ετήσιο ποώδες φυτό που καλλιεργείται σε αρκετές περιοχές του κόσμου (Sajjadi, 2006) που οφείλει το όνομά του στο πλατύ μέγεθος των φύλλων του όπως επίσης και στο γλυκό του άρωμα (Δόρδας, 2012). Η ποικιλία του πλατύφυλλου βασιλικού, έχει ευρεία χρήση σχεδόν σε όλες τις κουζίνες του κόσμου, ενώ τα αιθέρια έλαια των διαφόρων ποικιλιών χρησιμοποιούνται στην αρωματοποιεία αλλά και στις παραδοσιακές τεχνικές φαρμακευτικής (Telci et al., 2006)

Όσον αφορά την υδροπονική καλλιέργεια του βασιλικού, η ανάπτυξη του πραγματοποιείται συνήθως σε υπόστρωμα περλίτη ή πετροβάμβακα (Jensen, 1999). Για την εύρωστη ανάπτυξη του φυτού το θρεπτικό διάλυμα που συνίσταται από τους Walters & Currey (2016) αποτελείται από λίπασμα 16N-1.8P-14.3K, έχει τιμές pH μεταξύ 5,5 -6,0 ενώ EC 1,0-1,6 (Singh & Bruce, 2016). Τέλος ο βασιλικός παρουσιάζει ευαισθησία και δεν αρέσκεται σε υψηλά επίπεδα υγρασίας στην κορυφή του (Howard, 2002), ωστόσο έχει αυξημένες απαιτήσεις σε νερό (Δόρδας 2012) καθώς και φως (Jones, 1997).

#### 1.6.2.4 Μέντα (*Mentha x piperita*)

Η μέντα είναι ένα ακόμα φυτό της οικογένειας Lamiaceae (Lambiales) του οποίου η καλλιέργεια ξεκίνησε από την Αγγλία και στην πορεία διαδόθηκε στην Ευρώπη, τις ΗΠΑ καθώς και την Αφρική. Ανάμεσα στις εμπορικές ποικιλίες μέντας, το είδος *Mentha x piperita* κατέχει την πρώτη θέση (Κατσιώτης & Χατζοπούλου, 2016). Το προαναφερθέν είδος αποτελεί φυσικό υβρίδιο της *Mentha spicata* L. (δύσμος) και της *Mentha aquatica* L. (μέντα η υδροχαρή) (Khalil et al., 2015). Το φυτό της μέντας χαρακτηρίζεται ως μια πολυετής πόα, που καλλιεργείται για τα αιθέρια έλαια της τα οποία χρησιμοποιούνται τόσο για φαρμακευτικούς όσο και για μαγειρικούς σκοπούς (Gobert et al., 2002)

Η καλλιέργεια του εν λόγω αρωματικού αναπτύσσεται άριστα ως υδροπονική (Jones, 1997). Το υπόστρωμα που χρησιμοποιείται συνήθως είναι ο περλίτης ή ο πετροβάμβακας (Jensen, 1997). Το θρεπτικό διάλυμα που εφαρμόζεται για την άρδευση του θα πρέπει να έχει σταθερή EC ίση με 2,0-2,4 και pH 5,5-6,0 όπως επίσης και αρκετά στοιχεία ( π.χ N<sub>2</sub>, P 2O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O). Τέλος, το φυτό έχει μέτριες απαιτήσεις σε νερό ωστόσο σε κλίματα με ξηρά καλοκαίρια ή σε μέρες με υψηλές θερμοκρασίες η συχνή άρδευση της καλλιέργειας είναι επιτακτική (Howard, 2002; Δόρδας, 2012 )

## 1.7 Σκοπός της εργασίας

Όπως προαναφέρθηκε, κατόπιν μιας σειράς ανακυκλώσεων του θρεπτικού διαλύματος σε ένα κλειστό σύστημα, επέρχεται η συσσώρευση αλάτων στο διάλυμα. Συσσώρευση η οποία συντελεί στην αύξηση της ηλεκτρική του αγωγιμότητας του διαλύματος, επιδρώντας κατ' αυτόν τον τρόπο αρνητικά στην ανάπτυξη της καλλιέργειας. Στόχος της παρούσας εργασίας ήταν να μελετηθεί η εφαρμογή θρεπτικού διαλύματος υψηλής συγκέντρωσης νατρίου σε πιο ανθεκτικές καλλιέργειες. Για αν επιτευχθεί η μελέτη αυτή, απορροές καλλιέργειας αγγουριού συλλέχθηκαν με σκοπό την άρδευση αρωματικών φυτών όπως η μέντα (*Mentha x piperita*), ο βασιλικός (*Ocimum basilicum*) και δεντρολίβανο (*Rosmarinus officinalis*). Η μελέτη της επίδρασης των απορροών σε διαφορετικά είδη αρωματικών φυτών θα βοηθήσει να διαπιστωθεί η αποτελεσματικότητα της κάθε καλλιέργειας και η απόδοση της σε αντίστοιχες συνθήκες αλατότητας.

## 2.Υλικά και μέθοδοι

### 2.1 Εγκαταστάσεις και καλλιέργεια

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε σε θερμοκήπιο του Εργαστηρίου Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος, του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στο χώρο του αγροκτήματος, το οποίο βρίσκεται στην περιοχή του Βελεστίνου (39° 22', 22° 44', 85 m). Για το σκοπό της εργασίας, καλλιέργεια αγγουριών και αρωματικών φυτών πραγματοποιήθηκε σε μονό τοξωτό θερμοκήπιο, με μονό άνοιγμα, έκαστη 160 τμ, προσανατολισμένο N-S και καλυμμένο από μία μεμβράνη πολυαιθυλενίου.

Η έναρξη του πειράματος ορίστηκε στις 22 Σεπτεμβρίου με την εφαρμογή των μεταχειρίσεων και η ολοκλήρωσή του στις 11 Δεκεμβρίου του 2017 (διάρκεια 80 ημέρες) με τη συγκομιδή των φυτών. Σχετικά με τον σχεδιασμό του, επιλέχθηκε να υπάρχει μια βασική καλλιέργεια, που θα λειτουργούσε βάση των προδιαγραφών ενός κλειστού υδροπονικού συστήματος, του οποίου οι απορροές θα διοχετεύονταν σε τρεις δευτερεύουσες καλλιέργειες, ύστερα από τις απαραίτητες τροποποιήσεις του διαλύματος απορροής. Η τρεις δευτερεύουσες καλλιέργειες θα λειτουργούσαν βάση του ανοιχτού συστήματος καλλιέργειας με τις απορροές τους να διοχετεύονται στο περιβάλλον. Όσον αφορά την επιλογή του φυτικού υλικού, ως βασική καλλιέργεια επιλέχθηκε το αγγούρι (*Cucumis sativus*) ενώ ως δευτερεύουσες ο βασιλικός (*Ocimum basilicum*), η μέντα (*Mentha piperita*) και το δεντρολίβανο (*Rosmarinus officinalis*). Η ανάπτυξη των φυτών πραγματοποιήθηκε σε ανόργανο αδρανές υπόστρωμα διογκούμενου ορυκτού περλίτη σε σάκους. Η παροχή θρεπτικού διαλύματος πραγματοποιήθηκε μέσω αυτόματου συστήματος άρδευσης το οποίο βασίζονταν σε δικτύου εύκαμπτων πλαστικών αγωγών, που καταλήγουν σε σταλάκτες στη ρίζα των φυτών (συχνότητα άρδευσης: 11 ποτίσματα την ημέρα, από τις 8πμ. μέχρι 6μμ). Διαλύτης του θρεπτικού διαλύματος ήταν το νερό βρύσης του αγροκτήματος με χημική σύσταση: EC 0.7 dS m<sup>-1</sup>, 1.15 mM Ca<sup>2+</sup>, 1.25 mM Mg<sup>2+</sup>, 1.10 mM Na<sup>+</sup>, 0.40 mM NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 0.36 mM SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, 3.20 mM HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, και 1.50 mM Cl<sup>-</sup>.

Το πείραμα χωρίστηκε σε οκτώ σειρές καλλιέργειας κατά μήκος του θερμοκηπίου, δύο για τα αγγουράκια (με 26 φυτά έκαστη) και 6 για τα αρωματικών. Κάθε σειρά

αρωματικών απαρτίζονταν από 9 φυτά βασιλικού, 9 φυτά δεντρολίβανου και 9 φυτά μέντας, συνολικά 27 φυτά.

Στα φυτά του αγγουριού εφαρμόστηκε το βασικό θρεπτικό διάλυμα, ρυθμισμένο σε EC 2.8 dSm<sup>-1</sup> και pH 5.6. Η συγκέντρωση των μικροστοιχείων στο διάλυμα ήταν: 6.00 mM Ca<sup>2+</sup>, 2.30 mM Mg<sup>2+</sup>, 6.40 mM K<sup>+</sup>, 0.50 NH<sub>4</sub>, 17.00 mM NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 2.20 mM SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, 1.00 mM H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, 1.00 mM NaCl 25.00 μM Fe, 8.00 μM Mn, 7.00 μM Zn, 1.30 μM Cu, 50.00 μM B and 0.50 μM Mo το λίτρο. Αντιθέτως, στις γραμμές των αρωματικών εφαρμόστηκαν ξεχωριστά, τρία θρεπτικά διαλύματα με διαφορετική σύσταση το καθένα. Με κάθε τύπο διαλύματος να αντιπροσωπεύει μια διαφορετική μεταχείριση, οι μεταχειρίσεις του πειράματος ήταν οι εξής:

- i. μάρτυρας (M), θρεπτικό διάλυμα ίδιας σύστασης και αναλογιών με αυτό που εφαρμόστηκε στα αγγουράκια
- ii. οι αραιωμένες απορροές (A.A) των αγγουριών: απορροές αγγουριών διαλυμένες σε νερό
- iii. οι βελτιωμένες απορροές (B.A) αγγουριών: απορροές αγγουριών συν φρέσκο θρεπτικό διάλυμα, ίδιας σύστασης και αναλογιών με αυτό που εφαρμόστηκε στα αγγουράκια.

Όσον αφορά τα φυτά της μεταχείρισης A.A, το 30% του ημερήσιου διαλύματος αποστράγγισης που συλλεγόταν από τα μισά φυτά του αγγουριού, αραιώθηκε με νερό στα 100 λίτρα για να καλυφθούν οι ανάγκες τους. Το υπόλοιπο διάλυμα απορροής, αποθηκεύτηκε σε δεξαμενή και αναμίχθηκε με φρέσκο θρεπτικό διάλυμα στα 80 λίτρα, για να αρδεύσει τα φυτά της μεταχείρισης B.A.

Οι τρεις μεταχειρίσεις εφαρμόστηκαν με δύο επαναλήψεις έκαστη. Η κάθε επανάληψη αποτελούνταν από μία γραμμή αρωματικών, στην οποία οι τρεις καλλιεργείς τοποθετήθηκαν βάση πλήρους τυχαιοποιημένου σχεδίου. Παρακάτω παρουσιάζεται αναλυτικά ο αριθμός των φυτών που χρειάστηκε για την υλοποίηση του πειράματος (Πίνακας 1).

**Πίνακας 1.** Συγκεντρωτικός πίνακας του αριθμού των φυτών.

Φυτά	Στη σειρά καλλιέργειας	Στο σύνολο
<i>Cucumissativus</i>	26	52
<i>Menthaxpiperita</i>	9	54



<i>Ocimumbasilicum</i>	9	54
<i>Rosmarinusofficinalis</i>	9	54

## 2.2 Στάδια εργασιών

Αρχικά τοποθετήθηκαν οκτώ παράλληλες σειρές μεταλλικών πάγκων κατά μήκος του. Θερμοκηπίου. Οι δύο μπάκαν συνεχόμενα πλευρικά του θερμοκηπίου ώστε πάνω του να φέρουν τα φυτά αγγουριάς, η ανάπτυξη των οποίων θα περιόριζε το <<side effect>> στα αρωματικά. Οι υπόλοιπες 6 μεταλλικές σειρές τοποθετήθηκαν στο κέντρο του, με τη διαφορά ότι αντί να σχηματίσουν ένα συνεχόμενο μεταλλικό πάγκο όπως οι πλευρικές, χωρίστηκαν σε 3 ισομήκους πάγκους η κάθε μία, έτσι ώστε να παρεμβάλλονται μεταξύ τους πλαστικοί συλλέκτες απορροών.

Η τοποθέτηση των συλλεκτών καθώς του φυτικού υποστρώματος ήταν τα επόμενα βήματα των εργασιών. Σκοπός της τοποθέτησης των συλλεκτών στο τέλος κάθε πάγκου, ήταν τόσο η συγκέντρωση των απορροών για την απομάκρυνση τους, όσο και συλλογή δειγμάτων από τις απορροές για περαιτέρω ανάλυση τους στο εργαστήριο. Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 18 συλλέκτες. Στη συνέχεια, υλοποιήθηκε η εναπόθεση των σάκων perlite (ISOCON Perloflor Hydro 1, ISOCONS.A., Athens, Greece) επάνω στους πάγκους. Μεταξύ σάκου και μεταλλικής επιφάνειας υπήρχε μία πολύ λεπτή πλαστική στρώση, μεμβράνης νάιλον. Υπολογίστηκαν 13 σάκοι για την κάθε μία από τις σειρές που έφεραν τα φυτά αγγουριάς και 9 σάκοι για την κάθε σειρά αρωματικών (80 σάκοι στο σύνολο) (Εικόνα 1).

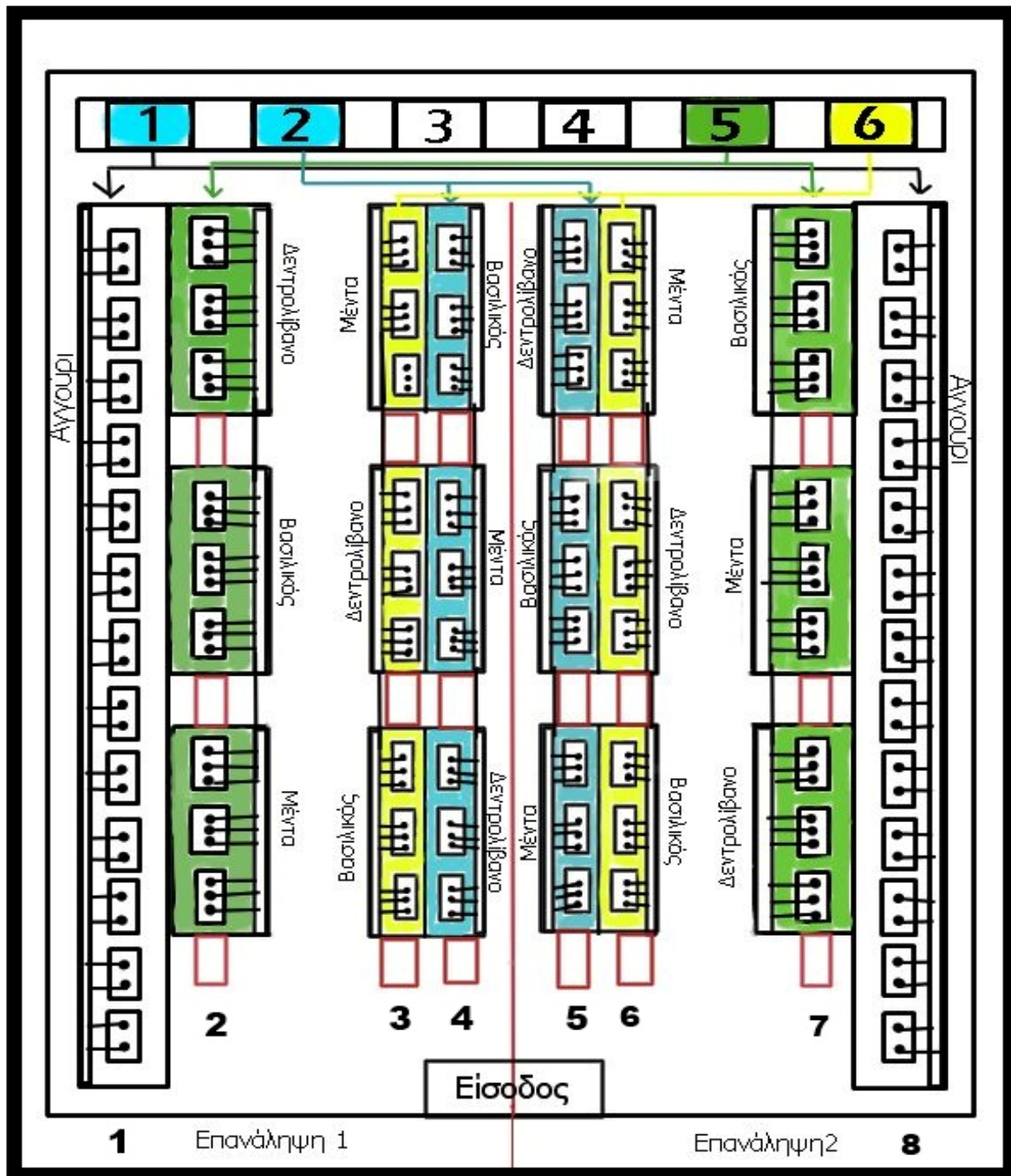


**Εικόνα1:** Εσωτερικός χώρος θερμοκηπίου ύστερα από τοποθέτηση σάκων perlite.

Κατόπιν ακολούθησε επιδιόρθωση του ήδη υπάρχοντος συστήματος άρδευσης. Αναλυτικότερα, όπου ήταν αναγκαίο έγινε αντικατάσταση των χαλασμένων ή από άλατα φραγμένων σταλακτών, άνοιγμα νέων παροχών καθώς και το φράξιμο παλαιών παροχών. Ο αριθμός των σταλακτών ήταν ίσος με τον αριθμό των φυτών (214 σταλάκτες χιάστηκαν συνολικά).

Τελικό βήμα της προετοιμασίας του θερμοκηπίου πριν την έναρξη του πειράματος, ήταν σήμανση και η δημιουργία οπών στην επιφάνια των σακών καθώς και η ετοιμασία του θρεπτικού διαλύματος με το οποίο θα ποτιζόντουσαν τα φυτά

Στις 16 Σεπτεμβρίου, πραγματοποιήθηκε το πρώτο πότισμα των σάκων, απουσία φυτών, με το βασικό θρεπτικό διάλυμα και στις 18 έγινε η μεταφύτευση των φυτών αγγουριάς, φυτεύοντας δύο φυτά σε κάθε σάκο. Στις 20 Σεπτεμβρίου μεταφυτεύτηκαν τα αρωματικά (τρία φυτά σε κάθε σάκο) ενώ η έναρξη του πειράματος ορίστηκε στις 22 Σεπτεμβρίου, με την έναρξη της άρδευσης των φυτών με τις τρεις μεταχειρίσεις όπως επίσης και με την πρώτη μέτρηση του ύψους. Στην Εικόνα 2, διαφαίνεται η κατάσταση του θερμοκηπίου ύστερα από την έναρξη των μεταχειρίσεων.



**Εικόνα 2:** Απεικόνιση της κάτοψης του θερμοκηπίου ύστερα από την έναρξη των μεταχειρίσεων. Οι σειρές 1 και 8 αντιπροσωπεύουν τη βασική καλλιέργεια. Το γαλάζιο χρώμα την Μ μεταχείριση, το κίτρινο τη Β.Α και το πράσινο την Α.Α. Με μαύρες βούλες αναπαριστώνται οι θέσεις των φυτών και των σταλαχτών ανά σάκο περλίτη που και αυτοί αναπαριστώνται με μικρά ορθογώνια, μαύρου περιγράμματος. Τα ορθογώνια σχήματα, κόκκινου περιγράμματος αναπαριστούν τους συλλέκτες των απορροών. Οι αριθμοί 1 και 2 (γαλάζιου χρώματος) αριθμούν τα τανκ από τα οποία παρέχεται το διάλυμα της μεταχείρισης Μ και το βασικό διάλυμα στις σειρές 1, 4, 5, και 8. Το 5 (πράσινο χρώμα) είναι το τανκ που προμηθεύει με την μεταχείριση Α.Α τις σειρές 2 και 7 ενώ το νούμερο 6 (κίτρινο χρώμα) είναι το τανκ από το οποίο αρδεύονται οι σειρές 3 και 6 με την μεταχείριση Β.Α.

### **2.3 Μεταχειρίσεις**

Κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου πραγματοποιήθηκαν καταστροφικές και μη επεμβάσεις. Στις 22 Σεπτεμβρίου, υλοποιήθηκε η πρώτη μέτρηση του ύψους τους. Ύψος θεωρήθηκε η απόσταση του κορυφαίου φύλλου του κάθε φυτού από την επιφάνεια του υποστρώματος. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβανόταν μέχρι και την τελευταία μέρα του πειράματος με σταθερή συχνότητα μετρήσεων στις οκτώ ημέρες. Επίσης για τα φυτά των αγγουριών, ύστερα από τη μέτρηση του ύψους γινόταν καταγραφή του αριθμού και του βάρους των καρπών ανά φυτό. Σε εβδομαδιαία βάση πραγματοποιούνταν επίσης η μέτρηση του ύψους του διαλύματος απορροής εντός των συλλεκτών για τον υπολογισμό του ποσοστού δέσμευσης νερού από τα φυτά ενώ προηγούνταν η λήψη υδατικού δείγματος για τον προσδιορισμό της EC καθώς και του PH. Η πρώτη καταστροφική επέμβαση έγινε 45 ημέρες μετά την πρώτη μέτρηση του ύψους και η δεύτερη έγινε 80 ημέρες μετά την πρώτη.

### **2.4 Πρώτη και δεύτερη καταστροφική επέμβαση**

Η πρώτη καταστροφική έγινε με στόχο τον υπολογισμό του λόγου νωπού και ξηρού βάρους των φύλλων του φυτού. Την 45<sup>η</sup> ημέρα από την πρώτη μέτρηση του ύψους των φυτών και ύστερα από την προγραμματισμένη μέτρηση του ύψους τους πραγματοποιήθηκε αφαίρεση φυτών. Πιο συγκεκριμένα, αφαιρέθηκε μεσαίο φυτό από κάθε σάκο που έφερε φυτά μέντας, βασιλικού και δεντρολίβανου. Οι υπόλοιποι σάκοι που έφεραν φυτά αγγουριάς δεν υπέστησαν καμία καταστροφή. Τα φυτά κόπηκαν, ζυγίστηκαν και τοποθετήθηκαν σε πλαστικές σακούλες αφού πρώτα αυτές σημάνθηκαν με τον αριθμό που κατείχε το κάθε ένα στη θέση φύτευσής του. Οι σακούλες μεταφέρθηκαν στο Εργαστήριο των Γεωργικών Εγκαταστάσεων του Πανεπιστημίου όπου και έγινε ο διαχωρισμός των φύλλων από τους μίσχους και των 54 φυτών, το ζύγισμα των φύλλων σε ηλεκτρονική ζυγαριά και εναπόθεση τους σε σκεύη αλουμινίου μίας χρήσης (Sanitas 34,5 x 28,5cm) τα οποία επίσης σημάνθηκαν με τον αριθμό του φυτού. Στη συνέχεια έγινε η τοποθέτηση τους στους φούρνους ξήρανσης του εργαστηρίου σε θερμοκρασία 65°C (Εικόνα 3).



**Εικόνα 3:** Αριστερά είναι τα φύλλα μέντας πριν τοποθετηθούν στο ξηραντήριο ενώ δεξιά μια μέρα αφού τοποθετήθηκαν σε αυτό.

Λόγο της μεγάλης ποσότητας προς ξήρανση και την διάθεση μόνο δυο φούρνων μικρής χωρητικότητας ήταν αναγκαίο να γίνεται έλεγχος τους ώστε να απομακρύνονται τα αποξηραμένα φυτά και να προστίθενται αυτά προς ξήρανση. Για το λόγο αυτό δεν ήταν δυνατό να γίνει η καταγραφή της χρονικής διάρκειας της αποξήρανσης, κατά προσέγγιση όμως η διαδικασία ολοκληρώθηκε σε 5 ημέρες. Τα φύλλα που ήταν στην αναμονή για ξήρανση αναδεύονταν ανά μια ημέρα ώστε να αλλοιωθούν. Η μάζα των αποξηραμένων φύλλων κάθε φυτού ζυγίστηκε σε ηλεκτρονική ζυγαριά και έπειτα τοποθετήθηκε σε χάρτινη σακούλα μιας χρήσης η οποία συνέχισε να φέρει τον αριθμό του φυτού από το οποίο προήρθαν τα φύλλα.

Συνεχίζοντας με τη δεύτερη καταστροφική, έγινε με στόχο τον υπολογισμό του νερού και ξηρού βάρους των φύλλων και των βλαστών του φυτού. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν βήμα προς βήμα ίδια με την πρώτη. Οι μόνες διαφορές ήταν ότι αφαιρέθηκαν όλα τα φυτά από το θερμοκήπιο χωρίς όμως να χρησιμοποιηθούν για περεταίρω χρήση τα φυτά αγγουριάς. Ακόμα τα αρωματικά αποξηράθηκαν ολόκληρα (μόνο το υπέργειο τμήμα τους) στους φούρνους του εργαστηρίου Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικού Τοπίου του Πανεπιστημίου.

### **2.5 Μέτρηση EC και PH**

Όπως προαναφέρθηκε η λήψη των δειγμάτων για τον υπολογισμό της EC και του pH πραγματοποιούνταν σε εβδομαδιαία βάση. Το δείγμα λαμβάνονταν από τους συλλέκτες απορροών των αρωματικών καθώς και από τους συλλέκτες απορροών των φυτών αγγουριάς σε πλαστικά μπουκάλια (ημιδιάφανα με κωνική ροπή και καπάκι των

100 ml). Ακολουθούσε η μεταφορά τους στο εργαστήριο Γεωργικών Εγκαταστάσεων εντός του Πανεπιστημίου. Εκεί γινόταν το άδειασμα σε αριθμημένα πλαστικά ποτήρια με βάση τον συλλέκτη από τον οποίο προέρχονταν και στη συνέχεια πραγματοποιούνταν πρώτα οι μετρήσεις του pH και έπειτα της EC. Πρέπει να αναφερθεί ότι και οι δύο συσκευές ρυθμίζονταν βάση των οδηγιών χρήσεως τους πριν από την έναρξη των μετρήσεων, αλλά και ενδιάμεσα για τη λήψη αξιόπιστων αποτελεσμάτων. Για την καταγραφή του pH χρησιμοποιήθηκε επιτραπέζιο εργαστηριακό πεχάμετρο (HANNA HI 2210 pH) και ρυθμιστικό διάλυμα (Fluka, Buffer solution pH =7 with fungicide). Το ειδικό εξάρτημα (ηλεκτρόδιο) που διαθέτει αυτή η συσκευή για τη μέτρηση εμβαπτίζονταν πρώτα στο buffer για τη ρύθμιση του και μετά από δείγμα σε δείγμα αφού πρώτα είχε ξαπλωθεί με άφθονο απιονισμένο νερό, πριν και μετά από κάθε μέτρηση ώστε να μη μεταφέρει υπολείμματα από το προηγούμενο δείγμα (Εικόνα 4).



**Εικόνα 4:** Αριστερά παρουσιάζεται η διαδικασία μέτρηση του pH και δεξιά τα δείγματα που είναι προς μέτρηση.

Οι αναγραφόμενες τιμές στην οθόνη της συσκευής καταγράφονταν σε φύλο excel. Η ίδια ακριβώς διαδικασία πραγματοποιούνταν ύστερα από την καταγραφή του pH και για την EC. Η μέτρηση της πραγματοποιήθηκε με ηλεκτρονικό αγωγιμόμετρο πάγκου (HANNA).

## 2.6 Εκχύλιση

Η εκχύλιση είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται ευρέως για παραγωγή αιθέριων ελαίων από τα αρωματικά φυτά. Η ποιότητα καθώς και η ποσότητα του παραγόμενου ελαίου εξαρτώνται άμεσα από τη μέθοδο εκχύλισης που εφαρμόζεται. Για το συγκεκριμένο πείραμα επιλέχθηκε η μέθοδος υδρο-ατμοαπόσταξη δηλαδή απόσταξη με νερό και ατμό.

Στον αποστακτήρα προστέθηκαν νερό και το φυτικό δείγμα στις κατάλληλες θέσεις. Οι θέσεις τους στον αποστακτήρα δεν επιτρέπουν την επαφή νερού και φυτομάζας παρά μόνο την διόδο των υδρατμών που παράγονται από τη μεταφορά θερμότητας στο νερό. Το νερό που έβραζε στη βάση του αποστακτήρα μετατρέπονταν σε υδρατμούς οι οποίοι στη συνέχεια διοχετεύονταν στη θέση του φυτικού δείγματος. Η θέση αυτή επέτρεπε την είσοδο των υδρατμών στο εσωτερικό της καθώς και την ανάμιξή τους. Εδώ θα πρέπει να τονιστεί ότι δεν πρέπει να γίνεται πάκτωση της φυτομάζας στον υποδοχέα κατά την τοποθέτηση της ώστε να γίνεται διέλευση των υδρατμών. Από την ανάμιξη τους προκύπτει ένα μίγμα υδρατμών με αιθέριο έλαιο από το δείγμα το οποίο αφού περνούσε από τον συμπυκνωτή (συμπύκνωση με ψυχρό ρεύμα νερού) και στη συνέχεια από τον συλλέκτη, διαχωρίζονταν σε αιθέριο έλαιο και νερό λόγω διαφοράς της πυκνότητάς τους. Το έλαιο, υποκίτρινου χρώματος συλλέγονταν σε πολύ μικρά γυάλινα μπουκαλάκια και σε αυτά προσθέτονταν μία ελάχιστη ποσότητα από το σκεύασμα Sodium sulphate anhydrous ACS-ISO-For analysis (Εικόνα 5). Για να μην αλλοιωθούν τα χαρακτηριστικά του ελαίου το κάθε μπουκαλάκι τυλίγονταν με αλουμινένια μεμβράνη. Η διαδικασία της εκχύλισης διήρκησε περίπου 7 ώρες για το κάθε δείγμα και συνολικά εκχυλίστηκαν 6 φυτά, δύο από κάθε αρωματικό είδος. Κρίσιμο σημείο για τη λήξη της ήταν η μη μεταβολή του όγκου του ελαίου στον συλλέκτη σε διάστημα 20 λεπτών. Τα δείγματα ελαίου που συλλέχτηκαν μεταφέρθηκαν στο Πανεπιστήμιο Geisenheim της Γερμανίας για εργαστηριακή ανάλυση των συστατικών τους.



**Εικόνα 5:** Αριστερά παρουσιάζεται η φυτική μάζα εντός του εκχυλιστήρα και δεξιά το φιαλίδιο που φέρει το έλαιο.

## 2.7 Άλεση αποξηραμένων

Τελικό στάδιο του πειραματικού μέρους στην Ελλάδα, ήταν η άλεση της φυτικής μάζας. Συνολικά αλέστηκαν 156 φυτά (όλα τα αρωματικά φυτά εκτός των έξι που εκχυλίστηκαν) σε μύλο του εργαστηρίου των Κηπευτικών καλλιεργειών, του Πανεπιστημίου. Τα δείγματα ελαίου που συλλέχτηκαν μεταφέρθηκαν στο Πανεπιστήμιο Geisenheim της Γερμανίας για εργαστηριακή ανάλυση.

## 2.8 Στατιστική ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων της έρευνας έγινε με τη χρήση του SPSS (Statistical Package for the Social Sciences, IBM, USA). Πιο συγκεκριμένα, επιλέχθηκαν οι μέθοδοι one-way ANOVA και Tukey για τη σύγκριση των μέσων τιμών των μετρήσεων του πειράματος σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% ( $p \leq 0,05$ )

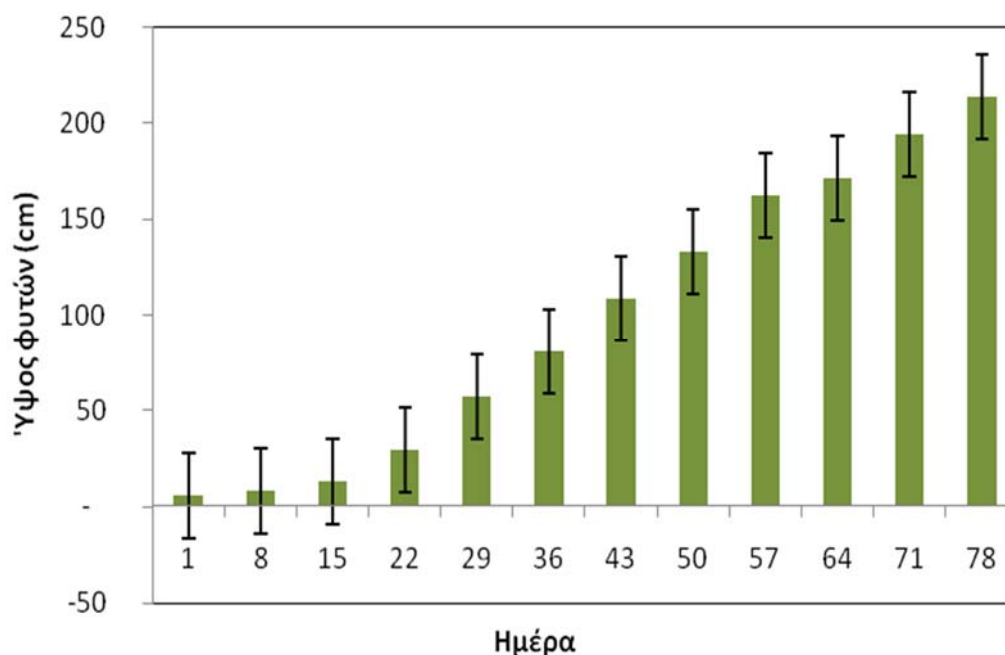


### 3.Αποτελέσματα

Ακολουθούν τα αποτελέσματα των μετρήσεων του ύψους των φυτών αγγουριάς και των αρωματικών φυτών, του νωπού και ξηρού βάρους των φύλλων των αρωματικών (της πρώτης καταστροφικής παρέμβασης), όπως και οι μετρήσεις νωπού και ξηρού βάρους των φύλλων και των βλαστών των αρωματικών (της δεύτερης καταστροφικής). Επιπροσθέτως, παρουσιάζονται οι μετρήσεις όγκου, pH και EC του διαλύματος απορροής των αρωματικών. Οι πίνακες παρουσιάζουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δειγμάτων σε επίπεδο σημαντικότητας  $p < 0.05$ .

#### 3.1 Ύψος φυτών αγγουριάς

Στο Διάγραμμα 3.1 παρουσιάζεται η μεταβολή του μέσου όρου του ύψους των φυτών αγγουριάς κατά το χρονικό διάστημα, το οποίο μεσολάβησε από την έναρξη έως και τη λήξη του πειράματος. Γενικά, παρατηρείται αύξηση του ύψους, το οποίο ξεκινώντας από 5 cm έφτασε μέχρι και τα 2 μέτρα, στο τέλος της πειραματικής περιόδου.

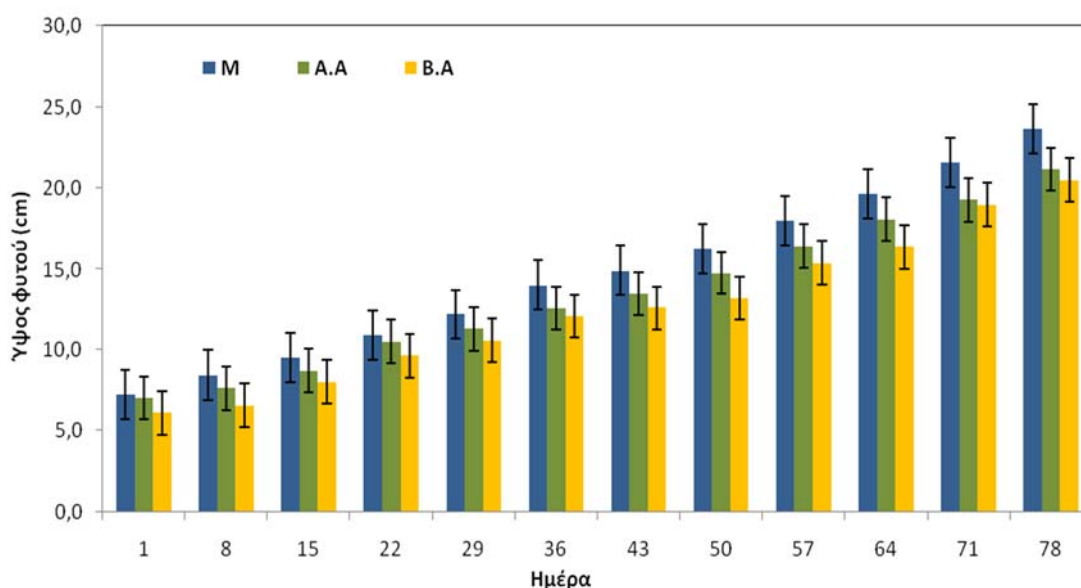


**Διάγραμμα 3.1** Μεταβολή το μέσου όρου του ύψους σε (cm) των φυτών αγγουριάς, από την 1<sup>η</sup> ημέρα της έναρξης των μεταχειρίσεων έως και την 78<sup>η</sup>.

### 3.2 Ύψος αρωματικών.

#### 3.2.1 Ύψος δεντρολίβανου

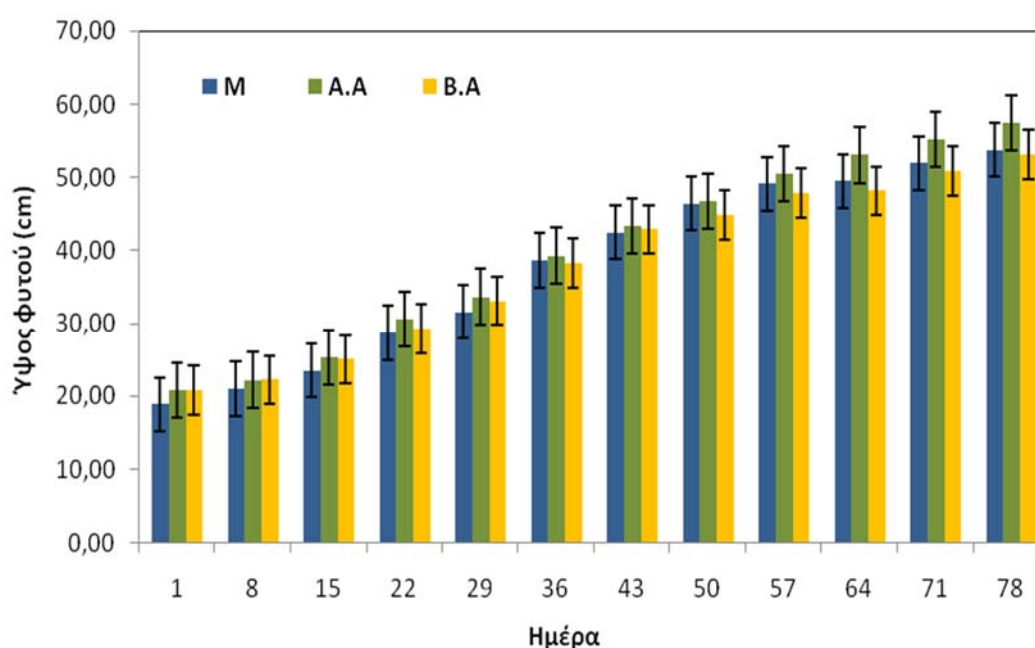
Στο Διάγραμμα 3.2. παρατηρείται η εξέλιξη του ύψους των φυτών του δεντρολίβανου, για τις τρεις μεταχειρίσεις άρδευσης σε όλη την πειραματική περίοδο. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, στατιστικά σημαντικά διαφορά του ύψους παρατηρήθηκε την 1<sup>η</sup> μέρα της εφαρμογής των μεταχειρίσεων, με τιμές που κυμανθήκαν από 6,1cm στην μεταχείριση B.A και 7,3 cm στη μεταχείριση M. Η υπεροχή του μέσου όρου του ύψους, των φυτών του μάρτυρα συνέχισε μέχρι το τέλος της πειραματικής περιόδου όπου η μέση τιμή του ξεπέρασε τα 23 cm . Από την άλλη πλευρά, τα φυτά της B.A μεταχείρισης που ο μέσος όρος τους δεν ξεπέρασε τα 20 cm σε ύψος, παρουσίαζαν το μεγαλύτερο ποσοστό ανάπτυξης από μέτρηση σε μέτρηση, συγκριτικά με αυτό των άλλων μεταχειρίσεων. Ωστόσο τη 50<sup>η</sup> ημέρα, εξαιτίας της θραύσης ενός φυτού προκλήθηκε διακοπή της αύξησης του ποσοστού αυτού. Πάρ' αυτά όμως στη λήξη του πειράματος η μεταχείριση B.A κατάφερε να ξεπεράσει σε ανάπτυξη τα φυτά του μάρτυρα κατά 9%. Τέλος τα φυτά της μεταχείρισης των αραιωμένων απορροών δεν κατάφεραν να ξεπεράσουν τα 21 cm διαφέροντας κατά 10,6% από τον μάρτυρα.



**Διάγραμμα 3.2** Μεταβολή του μέσου όρου του ύψους σε (cm) των φυτών δεντρολίβανου, υπό την επίδραση του μάρτυρα (M), των αραιωμένων απορροών (A.A) και των βελτιωμένων απορροών (B.A), από την 1<sup>η</sup> μέρα της έναρξης των μεταχειρίσεων έως και την 78<sup>η</sup>.

### 3.2.2 Ύψος βασιλικού

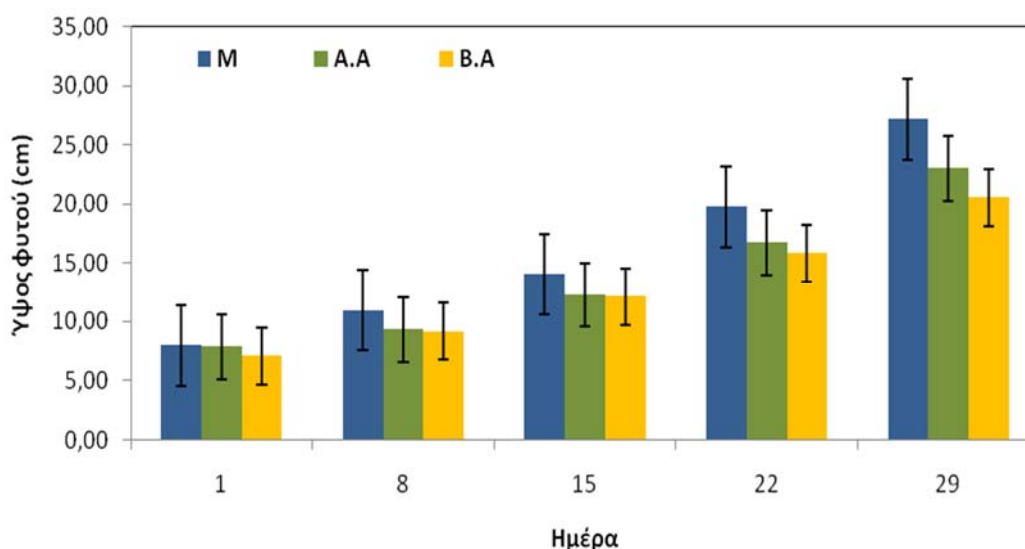
Η επίδραση των τριών μεταχειρίσεων στην αύξηση του μέσου όρου ύψους, των φυτών του βασιλικού παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 3.3. Η μέση τιμή του ύψους φάνηκε να επηρεάστηκε από την εφαρμογή των διαφορετικών διαλύματος άρδευσης κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου. Την 1<sup>η</sup> ημέρα της έναρξης της εφαρμογής των μεταχειρίσεων το ύψος κυμάνθηκε από 21 έως 22 cm. Η μεγαλύτερη ωστόσο αύξηση σημειώθηκε στα φυτά που αρδεύτηκαν με τις αραιωμένες απορροές με το μέσο όρο του ύψους να αγγίζει τα 58 cm, στο τέλος της πειραματικής περιόδου. Η αύξηση αυτή αύξησε και τη διαφορά ύψους της μεταχείρισης AA από τον μάρτυρα κατά 6,8%. Η διαφοροποίηση του ύψους έγινε πιο εμφανής από την 50<sup>η</sup> ημέρα και έπειτα όπου η μέση τιμή του ύψους των φυτών των αραιωμένων απορροών άρχισε να μεγαλώνει αισθητά. Από την άλλη πλευρά, αξιοσημείωτο είναι ότι τα φυτά του μάρτυρα και των βελτιωμένων απορροών από εκείνη την ημέρα ακολούθησαν παρόμοια εξέλιξη έχοντας τελικό μέσο όρο ύψους τα 53,5 και 53 cm αντίστοιχα. Ακόμα η διαφοροποίηση του ύψους υπήρξε στατιστικά σημαντική την 64<sup>η</sup> ημέρα του πειράματος χωρίς όμως αυτό να επηρεάσει το τελικό αποτέλεσμα.



**Διάγραμμα 3.3** Μεταβολή του μέσου όρου του ύψους σε (cm) των φυτών βασιλικού, υπό την επίδραση του μάρτυρα (M), των αραιωμένων απορροών (A.A) και των βελτιωμένων απορροών (B.A), από την 1<sup>η</sup> μέρα της έναρξης των μεταχειρίσεων έως και την 78<sup>η</sup>.

### 3.2.3 Ύψος μέντας

Η άρδευση με διαφορετικές μεταχειρίσεις φάνηκε να επηρεάζει και το ύψος των φυτών της μέντας. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων, την πρώτη μέρα της εφαρμογής των μεταχειρίσεων στα φυτά, έδειξαν μια ελαχίστη διακύμανση της μέσης τιμής του ύψους που κυμάνθηκε μεταξύ των 7 και 8 cm. Τον υψηλότερο μέσο όρο μέχρι και το τέλος της πειραματικής περιόδου σημείωσε η μεταχείριση του μάρτυρα ξεπερνώντας τα 27 cm. Αντίθετα η άρδευση με τις βελτιωμένες απορροές παρουσίασε φυτά με μειωμένο ύψος, με τελική μέση τιμή τα 21 cm. Η τιμή αυτή, μείωσε τη διαφορά ύψους από το μάρτυρα στο 24%. Λιγότερο ωστόσο από την Μ μεταχείριση, διέφερε η ΑΑ με ποσοστό 15%. Ακόμα θα πρέπει να σημειωθεί ότι την 29<sup>η</sup> ημέρα, το ποσοστό ανάπτυξης των φυτών, από την πρώτη ημέρα της εφαρμογής διαφορετικής άρδευσης τους, κατείχε την ίδια τιμή τόσο για τη μεταχείριση των αραιωμένων απορροών όσο και της Β.Α με τιμή 192 %. Στατιστικά σημαντική διαφορά ύψους παρατηρήθηκε 15<sup>η</sup> και 22<sup>η</sup> ανάμεσα στα φυτά της Μ και της Β.Α μεταχείρισης.

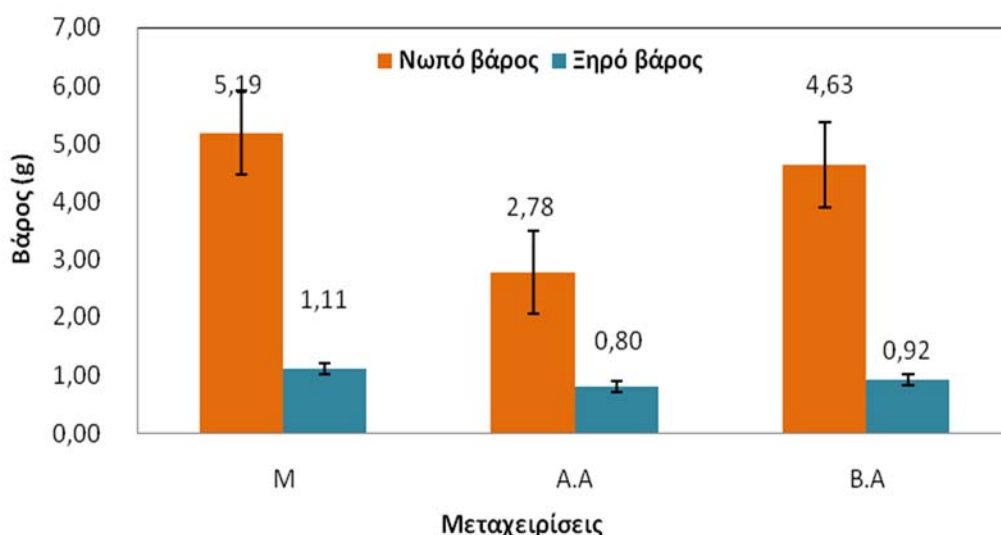


**Διάγραμμα 3.4** Μεταβολή του μέσου όρου του ύψους σε(cm) των φυτών μέντας, υπό την επίδραση του μάρτυρα (M), των αραιωμένων απορροών (A.A) και των βελτιωμένων απορροών (B.A), από την 1<sup>η</sup> μέρα της έναρξης των μεταχειρίσεων έως και την 78<sup>η</sup>.

### 3.3 Νωπό και ξηρό βάρος φύλλων (1<sup>η</sup> καταστροφική)

#### 3.3.1 Νωπό ξηρό και βάρος φύλλων δεντρολίβανου

Στο Διάγραμμα 3.5 παρατηρείται ο μέσος όρος, τόσο του νωπού όσο και του ξηρού βάρους των φύλλων. Τα φύλα του δεντρολίβανου παρουσίασαν το περισσότερο νωπό βάρος στην μεταχείριση του μάρτυρα, ξεπερνώντας με μικρή διαφορά, μόλις για 0,56 γαυτά των βελτιωμένων απορροών. Από την άλλη πλευρά λιγότερο νωπό βάρος παρατηρήθηκε στα φύλλα των αραιωμένων απορροών με τιμή 2,78g. Την ίδια πορεία ακολούθησε και το ξηρό βάρος των φύλλων. Η διαφορά ξηρού-νωπού βάρους σε όλες τις μεταχειρίσεις ήταν μεταξύ 71,% (M), 78,5% (A.A) 80,2% (B.A) Καμία τιμή δεν θεωρήθηκε στατιστικά σημαντική (Πίνακας 1).



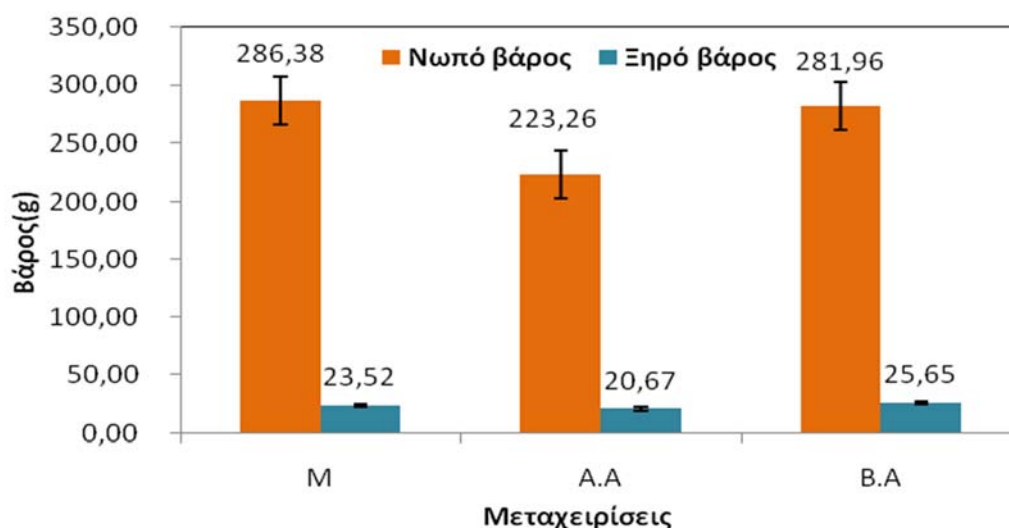
**Διάγραμμα 3.5** Μεταβολή του μέσου όρου, του νωπού και του ξηρού βάρους σε (g) των φύλων του δεντρολίβανου ανάλογα με το θρεπτικό διάλυμα (M, A.A, B.A).

**Πίνακας 1.** Νωπό και ξηρό βάρος φύλων.

Μεταχείριση	Νωπό βάρος φύλλων (g)	Ξηρό βάρος φύλλων (g)
M	5,19 A	1,11 A
A.A	2,78 A	0,80 A
B.A	4,63 A	0,92 A

### 3.3.2 Νωπό και ξηρό βάρος φύλλων βασιλικού

Το βάρος, νωπό και ξηρό των φύλλων βασιλικού δεν έμεινε ανεπηρέαστο από την επίδραση των μεταχειρίσεων. Μεγαλύτερη μέση τιμή νωπού βάρους σημειώθηκε στα φυτά που αρδευτήκαν με τον μάρτυρα, με βάρος 286,38g ενώ η περισσότερη ξηρή μάζα στα φυτά που αρδευτήκαν με τη μεταχείριση B.A , με βάρος 25,65g (Διάγραμμα 3.6). Η δεύτερη σε νωπό βάρος, ήταν η B.A μεταχείριση με διαφορά ,4,42g από την M και τρίτη η A.A με διαφορά 63,12g από την M. Όσον αφορά την ξηρή μάζα, τη δεύτερη ψηλότερη τιμή κατείχαν τα φυτά της μεταχείρισης M ενώ τη χαμηλότερη οι αραιωμένες απορροές..Η διαφορά ξηρού με νωπού βάρους σε όλες τις μεταχειρίσεις ήταν μεταξύ 91,79% (M), 90,74% (A.A) 91% (B.A) Οι τιμές των μετρήσεων δε παρουσίασαν καμία στατιστικά σημαντική διαφορά (Πίνακας 2).



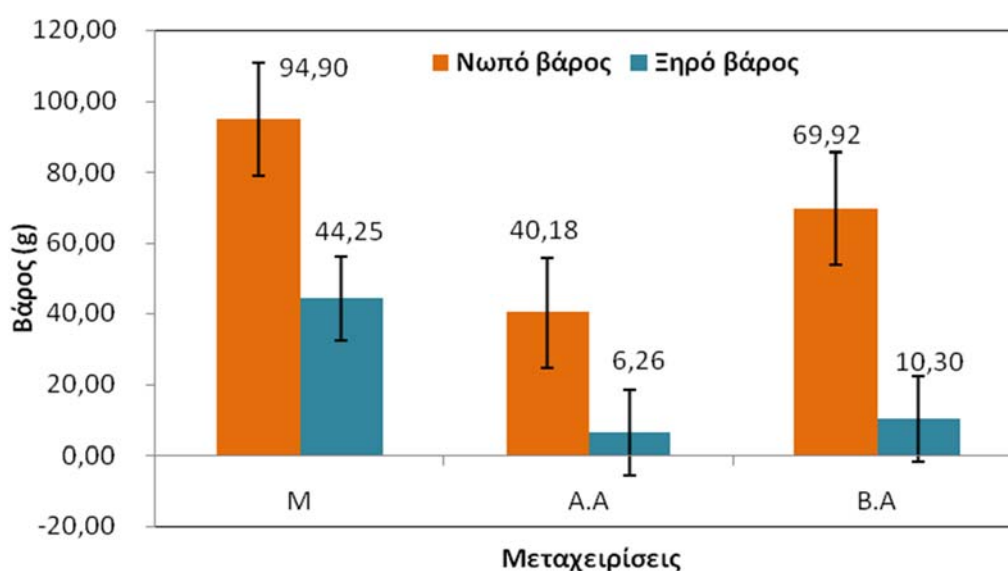
**Διάγραμμα 3.6** Μεταβολή του μέσου όρου, του νωπού και του ξηρού βάρους σε (g) των φύλλων του δεντρολίβανου ανάλογα με το θρεπτικό διάλυμα (M, A.A, B.A).

**Πίνακας 2.** Νωπό και ξηρό βάρος φύλλων.

Μεταχείριση	Νωπό βάρος φύλλων (g)	Ξηρό βάρος φύλλων (g)
M	286,38 A	23,52 A
A.A	223,26 A	20,67A
B.A	281,96 A	25,65 A

### 3.3.3.Νωπό και ξηρό βάρος φύλλων μέντας

Όπως παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 3.7, ο μέσος όρος του νωπού και ξηρού βάρους των φύλλων μέντας ακολούθησαν την ίδια πορεία. Τα φυτά που αρδεύτηκαν με τη μεταχείριση M κατείχαν τις μεγαλύτερες τιμές νωπού και ξηρού βάρους με 94,9 g και 44,25g αντίστοιχα, καθώς τη μικρότερη διαφορά ξηρού με νωπό βάρος με τιμή 53,4%. Στη συνέχεια ακολουθεί το βάρος των φυτών στα οποία εφαρμόστηκαν βελτιωμένες απορροές διαφορά ξηρού-νωπού βάρους 85,3%. Τέλος στα φυτά στα οποία εφαρμόστηκε η μεταχείριση A.A κατέχουν τις χαμηλότερες τιμές με νωπό βάρος 40,18g και ξηρό 6,26g ωστόσο η διαφορά τους ήταν στο 84,43%. Στο νωπό βάρος παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του μάρτυρα και των αραιωμένων απορροών.



**Διάγραμμα 3.7** Μεταβολή του νωπού και του ξηρού βάρους σε (g) των φύλλων της μέντας ανάλογα με το θρεπτικό διάλυμα (M, A.A, B.A).

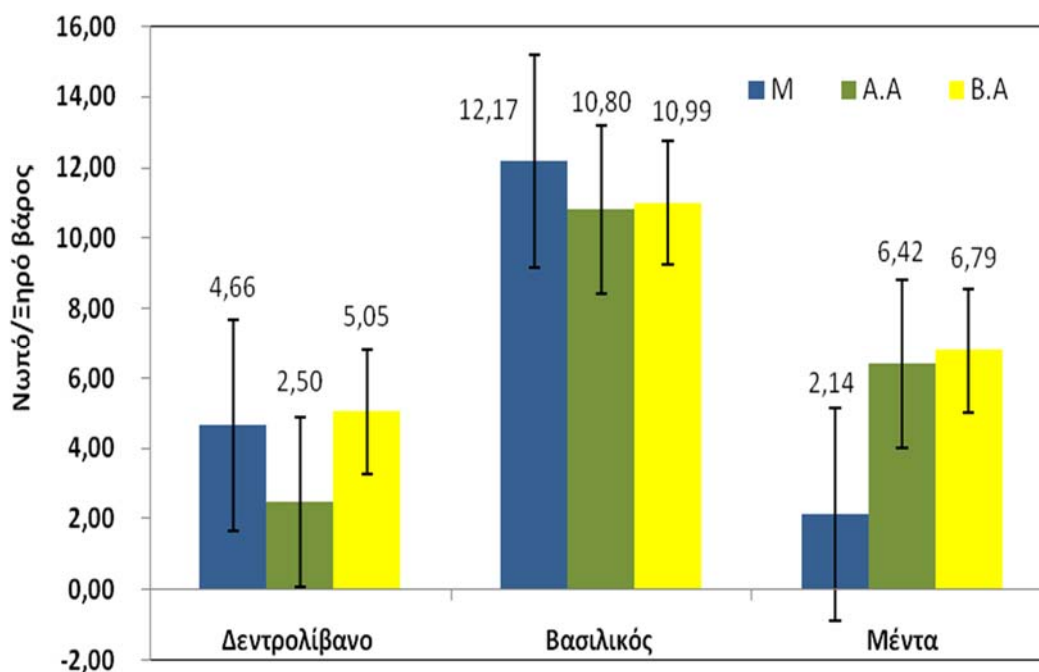
**Πίνακας 3.**Νωπό και ξηρό βάρος φύλων.

Μεταχείριση	Νωπό βάρος φύλλων (g)	Ξηρό βάρος φύλλων (g)
M	94,90 A	10,73 A
A.A	40,18 B	6,26 A
B.A	69,92 AB	10,30 A

\*Με χρώμα γρι σημειώνονται οι τιμές που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά

### 3.3.4 Λόγος νωπού και ξηρού βάρους

Ο λόγος των νωπού ως προς το ξηρό βάρους των φύλλων όλων των αρωματικών, ύστερα από την άρδευση των φυτών με τις διαφορετικές μεταχειρίσεις παρουσιάζεται συγκεντρωτικά στο Διάγραμμα 3.8. Στο δεντρολίβανο παρατηρήθηκε μεγαλύτερη τιμή του Ν/Ξ στις βελτιωμένες απορροές παρόλα αυτά όμως η διαφοροποίηση της από το μάρτυρα δεν είναι σημαντική με τιμές 5,05 και 4,66 αντίστοιχα. Στο βασιλικό ο λόγος παρουσίασε ελάχιστη διακύμανση, με υψηλότερη τιμή το 12,17 του μάρτυρα και χαμηλότερη το 10,8 των αραιωμένων απορροών. Ωστόσο οι αραιωμένες απορροές διέφεραν μόλις για 0,11 λιγότερο, από τις βελτιωμένες απορροές. Το ίδιο παρατηρήθηκε και στη μέντα όπου η μεταχείριση Β.Α ξεπέρασε την Α.Α μόλις για 0,36. Αξιοσημείωτος όμως είναι μειωμένος λόγος του μάρτυρα, στη μέντα.

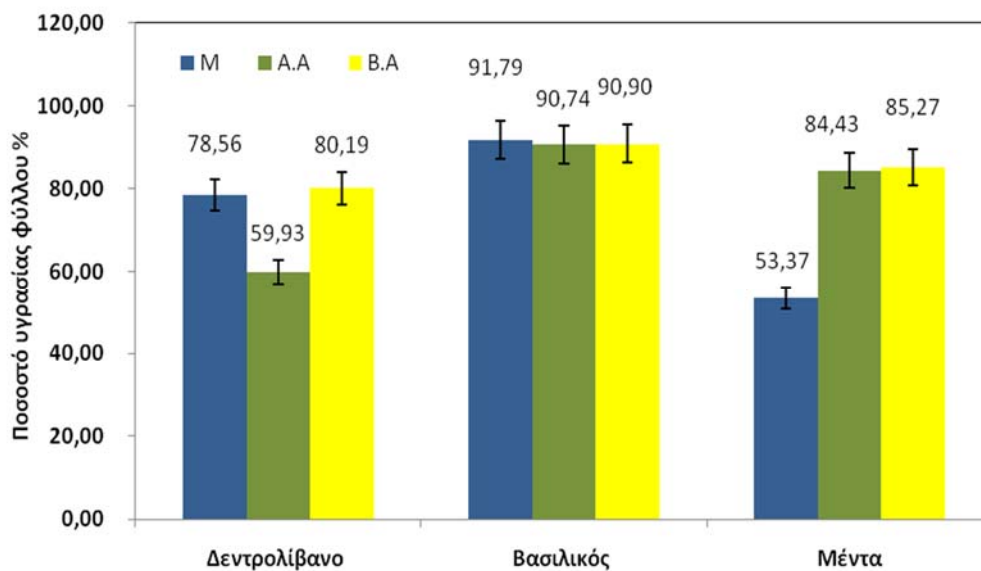


**Διάγραμμα 3.8** Μεταβολή του λόγου του νωπού προς ξηρού βάρους των φύλλων ανάλογα με το φυτικό είδος και το θρεπτικό διάλυμα (Μ, Α.Α, Β.Α).



### 3.3.5 Ποσοστό υγρασίας φύλλων

Στο Διάγραμμα 3.9 παρουσιάζονται αναλυτικά οι τιμές του ποσοστού υγρασίας στα φύλλα των φυτών ανάλογα με το είδος του φυτού καθώς και τη μεταχείριση. Το ποσοστό υγρασίας στα φύλλα κατείχε τη μικρότερη τιμή στη μέντα (53,4%) με άρδευση των φυτών με το μάρτυρα ενώ στο βασιλικό και το δεντρολίβανο με την εφαρμογή των αραιωμένων απορροών με τιμές 90,8% και 60% αντίστοιχα

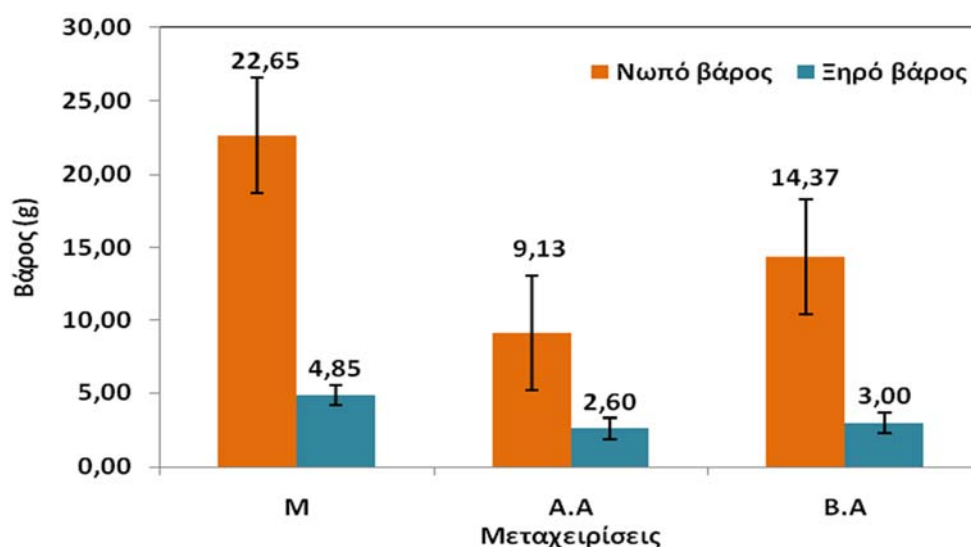


**Διάγραμμα 3.9** Ποσοστό υγρασίας φύλλου (%) συγκριτικά με το φυτικό είδος και το θρεπτικό διάλυμα (M, A.A, B.A).

### 3.4 Νωπό και ξηρό βάρος φύλλων και βλαστών (2<sup>η</sup> καταστροφική)

#### 3.4.1 Νωπό και ξηρό βάρος φύλλων και βλαστών δεντρολίβανου

Στο Διάγραμμα 3.10 διαφαίνονται οι μεταβολές της μέσης τιμής του νωπού και ξηρού βάρους των φύλλων αλλά και των βλαστών, στα φυτά του δεντρολίβανου με την επίδραση των διαφορετικών μεταχειρίσεων. Από αυτές ο μάρτυρας σημείωσε τη μεγαλύτερη τιμή νωπού βάρους (22,65g). Τη χαμηλότερη τιμή παρουσιάζουν οι αραιωμένες απορροές (9,13g), κάτι το οποίο παρατηρήθηκε να συμβαίνει και με το ξηρό βάρος. Ωστόσο αξίζει να σημειωθεί ότι αν και η μεταχείριση των βελτιωμένων απορροών ξεπέρασε σε νωπό βάρος (κατά 4,94g) αυτή των αραιωμένων, σε ξηρό βάρος την η διαφορά τους ήταν ελάχιστη, μόνο 0,4g. Στις τιμές εντοπίστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του μάρτυρα και των αραιωμένων απορροών, τόσο στο ξηρό όσο και στο νωπό βάρος (Πίνακας 4) .



**Διάγραμμα 3.10** Μεταβολή του νωπού και του ξηρού βάρους σε (g) των φύλλων και βλαστών του δεντρολίβανου ανάλογα με το θρεπτικό διάλυμα (M, A.A, B.A).

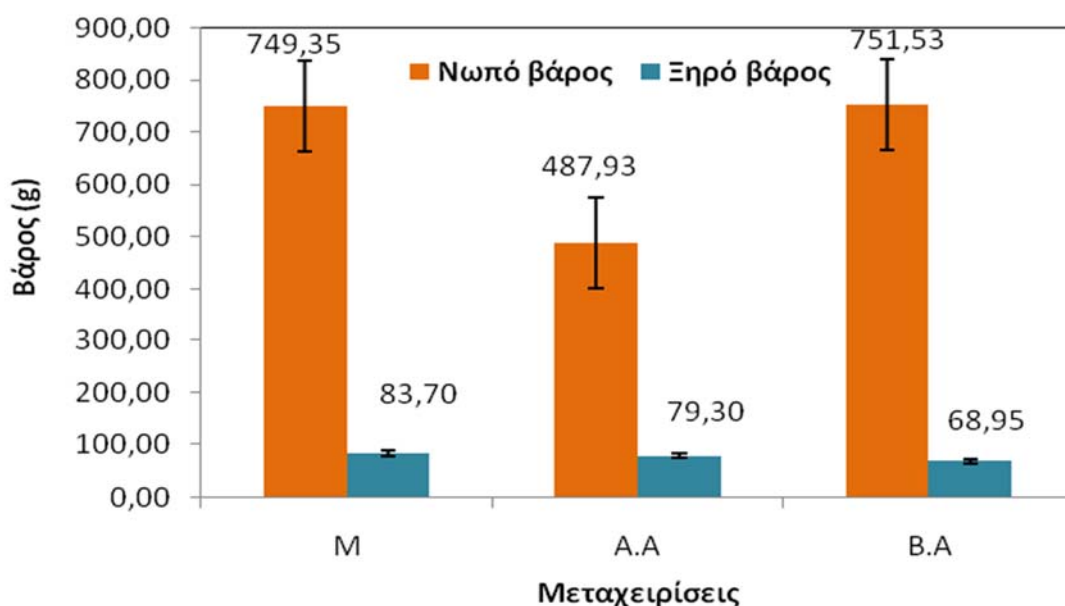
**Πίνακας 4.** Νωπό και ξηρό βάρος φύλλων και βλαστών.

Μεταχείριση	Νωπό βάρος φύλλων και βλαστών (g)	Ξηρό βάρος φύλλων και βλαστών (g)
M	22,65 A	4,85 A
A. A	9,13 B	2,60 B
B.A	14,37 AB	3,00 AB

\*Με χρώμα γρι σημειώνονται οι τιμές που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

### 3.4.2 Νωπό και ξηρό βάρος φύλλων και βλαστών βασιλικού

Η άρδευση των φυτών του βασιλικού με τις τρεις μεταχειρίσεις, προκάλεσε μεταβολή βάρους τόσο του ξηρού όσο και του νωπού. Τα φυτά στα οποία εφαρμόστηκαν οι βελτιωμένες απορροές, παρουσίασαν τη μεγαλύτερη μέση τιμή νωπού βάρους (751,5 g), ξεπερνώντας αυτή των αραιωμένων απορροών κατά 263,6 g και του μάρτυρα κατά 2,18g, αλλά συγχρόνως και το μεγαλύτερο πόστο διαφοράς από το ξηρό βάρος (90,9%). Από την άλλη πλευρά, η μεταχείριση των αραιωμένων απορροών έχει μειωμένο νωπό βάρος, ωστόσο η διαφορά του από το ξηρό βάρος είναι μικρότερη (83,8%) από της άλλες μεταχειρίσεις (Διάγραμμα 3.11). Σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05 οι μετρήσεις φάνηκαν να μη παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές (Πίνακας 5).



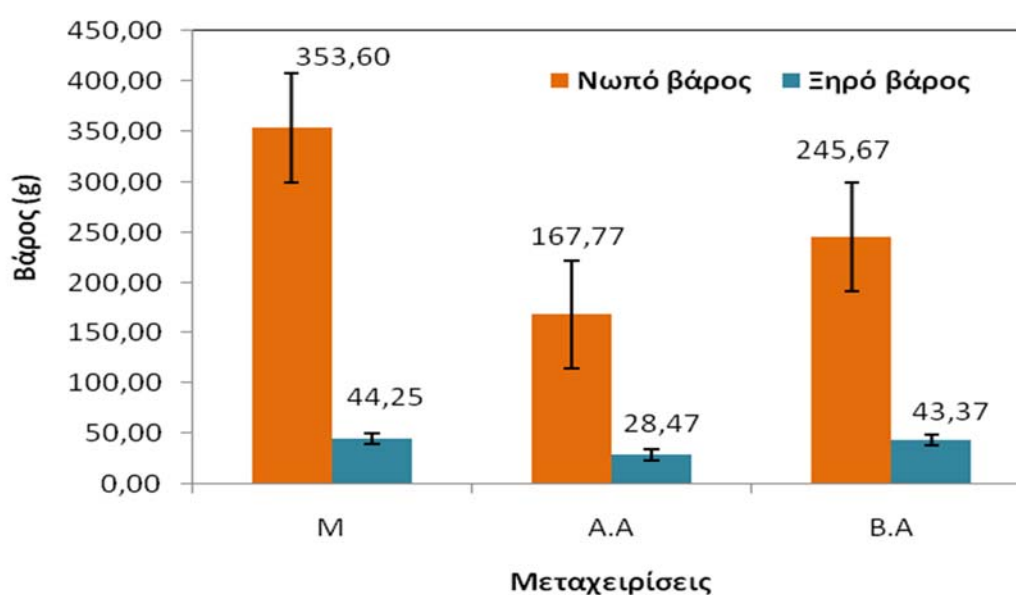
**Διάγραμμα 3.11** Μεταβολή του νωπού και του ξηρού βάρους σε (g) των φύλλων και βλαστών του βασιλικού ανάλογα με το θρεπτικό διάλυμα (M, A.A, B.A).

**Πίνακας 5.** Νωπό και ξηρό βάρος φύλλων και βλαστών.

Μεταχείριση	Νωπό βάρος φύλλων και βλαστών (g)	Ξηρό βάρος φύλλων και βλαστών (g)
M	749,35 A	83,70 A
A.A	487,93 A	79,30 A
B.A	751,53 A	68,95 A

### 3.4.3 Νωπό και ξηρό βάρος φύλλων και βλαστών μέντας

Στο Διάγραμμα 3.12 παρουσιάζεται η διακύμανση του μέσου όρου του βάρους , νωπού και ξηρού, της μέντας. Η μεγαλύτερη τιμή νωπού βάρους σημειώθηκε σε τη μεταχείριση M με βάρος 353,60 g διαφέροντας κατά 107,93 από τη B.A και κατά ,185,83 από την A.A. Την ίδια πορεία συνέχισε και το ξηρό βάρος. Το ποσοστό διαφοράς το ξηρού από το νωπό βάρος υπολογίστηκε στο μάρτυρα στο 87,5% τις αραιωμένες απορροές στο 83% και στις βελτιωμένες απορροές σε 82,4% Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι μεταξύ του μάρτυρα και των αραιωμένων απορροών εντοπίζεται στατιστικά σημαντικά διαφορά.



**Διάγραμμα 3.12** Μεταβολή του νωπού και του ξηρού βάρους σε (g) των φύλλων και βλαστών της μέντας ανάλογα με το θρεπτικό διάλυμα (M, A.A, B.A).

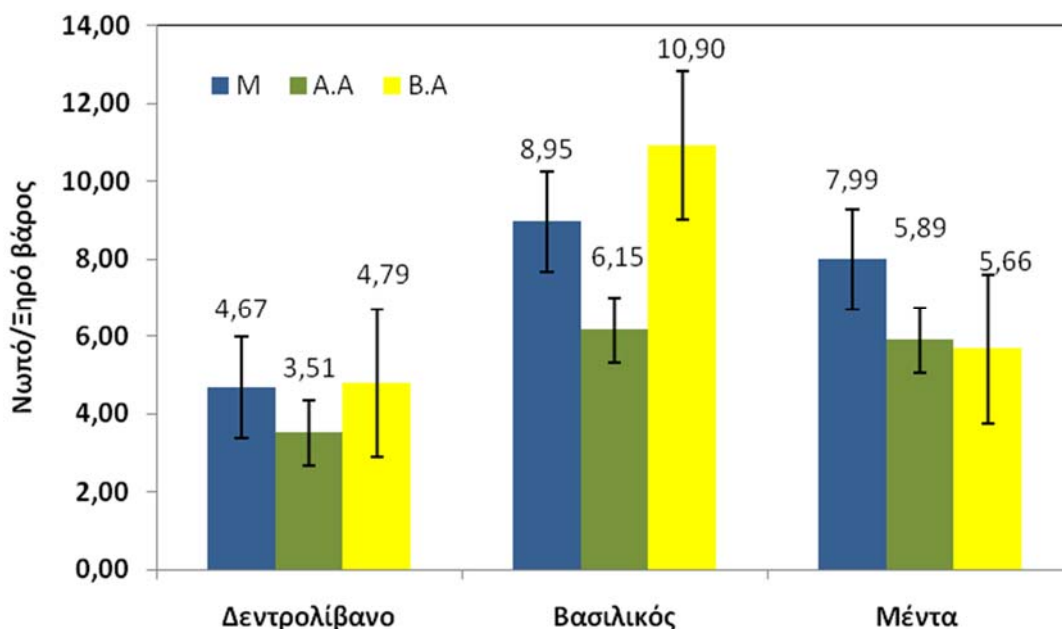
**Πίνακας 6.** Νωπό και ξηρό βάρος φύλλων και βλαστών.

Μεταχείριση	Νωπό βάρος φύλλων και βλαστών (g)	Ξηρό βάρος φύλλων και βλαστών (g)
M	353,60 A	44,25 A
A.A	167,77 B	28,47 A
B.A	245,67 AB	43,37 A

\*Με χρώμα γρι σημειώνονται οι τιμές που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

### 3.4.4 Λόγος νωπού ξηρού βάρους φύλλων και βλαστών

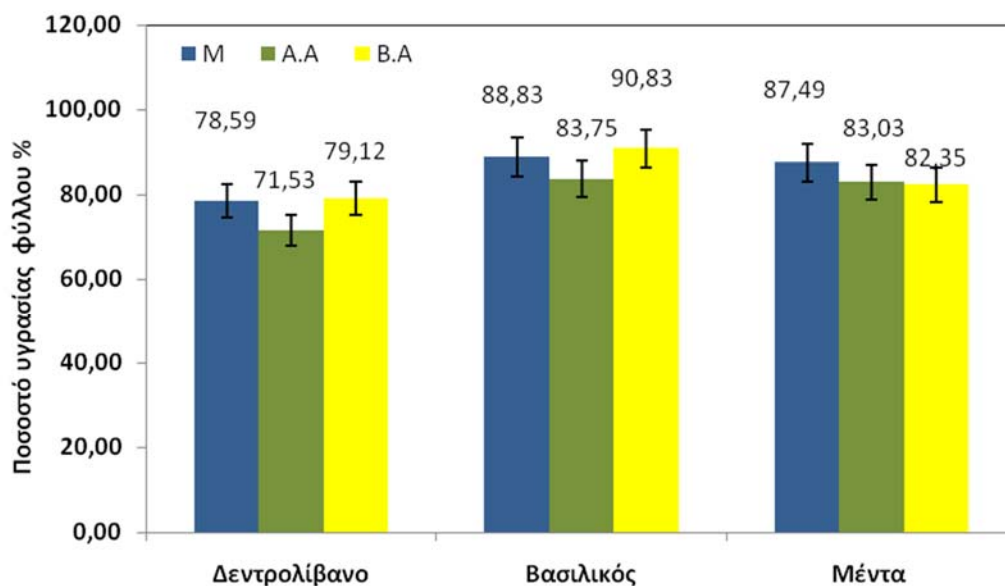
Οι λόγοι νωπό/ξηρό βάρος παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στο Διάγραμμα 3.13. Στο δεντρολίβανο μεγαλύτερος ήταν ο λόγος στα φυτά που αρδεύτηκαν με τις βελτιωμένες απορροές με τιμή 4,79 διαφέροντας όμως μόλις κατά 0,12 από αυτόν του μάρτυρα. Στο βασιλικό ο λόγος παρουσίασε μεγαλύτερη διακύμανση μεταξύ των μεταχειρίσεων, με τη μεγαλύτερη τιμή να σημειώνεται πάλι στη μεταχείριση των Β.Α με ποσοστό διαφοράς 4,7% από αυτόν των αραιωμένων απορροών. Από την άλλη πλευρά στην μέντα, η μεταχείριση του μάρτυρα ήταν αυτή με τον μεγαλύτερο λόγο, αφήνοντας πίσω αυτή των αραιωμένων απορροών για 2,1 και στο τέλος αυτή των βελτιωμένων για 2,3.



**Διάγραμμα 3.13** Μεταβολή του λόγου του νωπού προς ξηρού βάρους των φύλλων και βλαστών ανάλογα με το φυτικό είδος και το θρεπτικό διάλυμα (Μ, Α.Α, Β.Α)

### 3.4.5 Ποσοστό υγρασίας φύλλων και βλαστών

Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 3.14, το δενδρολίβανο και ο βασιλικός παρουσιάζουν μέγιστες τιμές ποσοστού υγρασίας φύλλου και βλαστού στη μεταχείριση B.A, μικρότερες σε αυτή του μάρτυρα και τις ελάχιστες τιμές στη μεταχείριση A.A. Αντιθέτως η μέντα, καταγράφει την υψηλότερη τιμή της 87,5% στη μεταχείριση του μάρτυρα και την ελάχιστη 82,3% σε αυτή των βελτιωμένων απορροών.

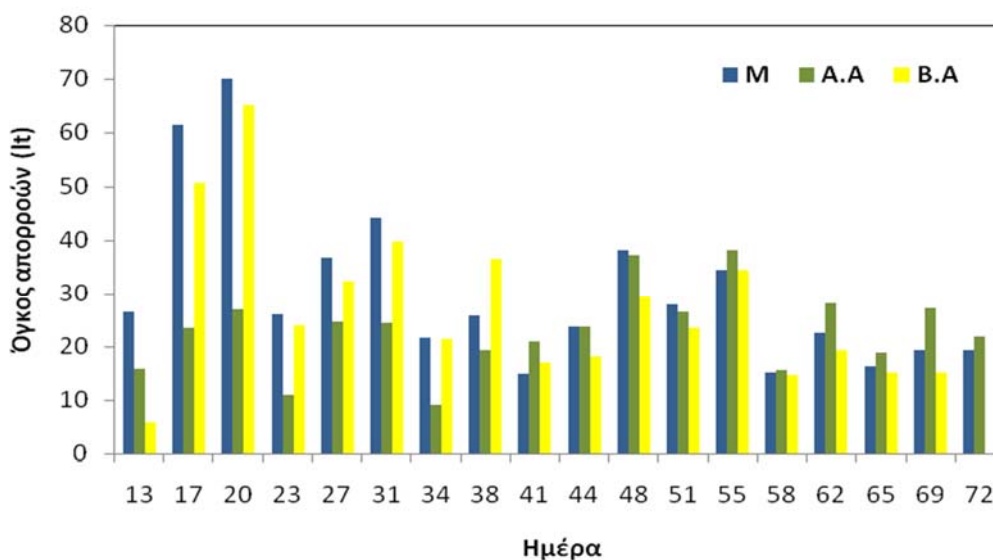


**Διάγραμμα 3.14** Ποσοστό υγρασίας φύλλου και βλαστού (%) συγκριτικά με το φυτικό είδος και το θρεπτικό διάλυμα (M, A.A, B.A)

### 3.5. Όγκος απορροών

#### 3.5.1 Όγκος απορροών δεντρολίβανου

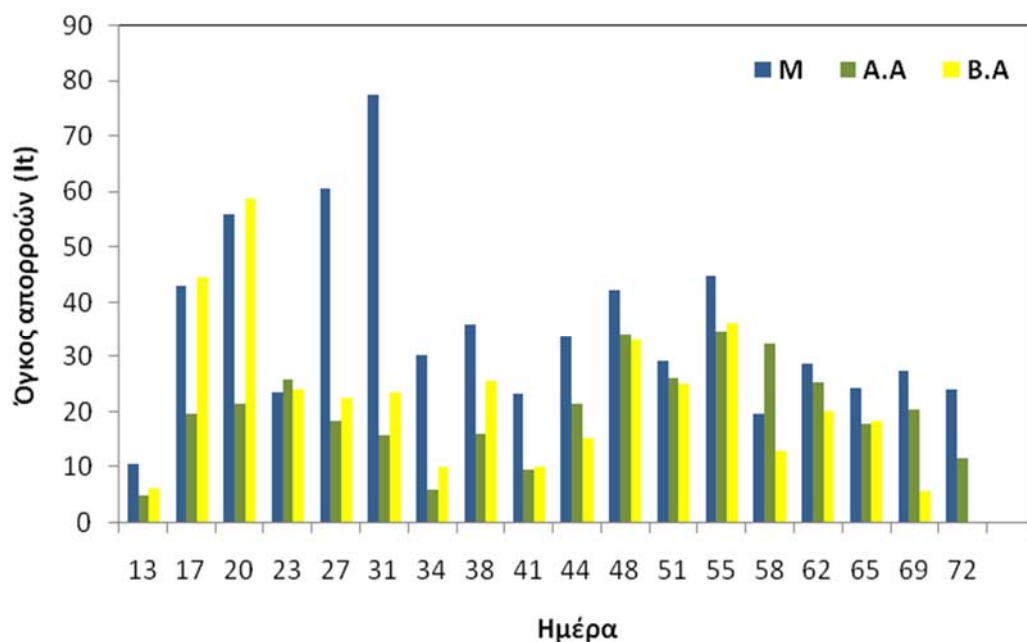
Την 13<sup>η</sup> ημέρα των μετρήσεων ο μάρτυρας προηγείται ως προς τον όγκο των απορροών του θρεπτικού διαλύματος, με διαφορά 40,6% από τις αραιωμένες απορροές και 78,2% από τις βελτιωμένες απορροές. Η διαφορά μάρτυρα και βελτιωμένων απορροών, μειώνεται απότομα στην αμέσως επόμενη μέτρηση, την 17<sup>η</sup> ημέρα στο 17,6% (Διάγραμμα 3.15). Από την 17<sup>η</sup> ημέρα έως και την 34<sup>η</sup> η εικόνα των απορροών είναι σταθερή με τον μάρτυρα στην πρώτη θέση τις βελτιωμένες απορροές στη δεύτερη και στη τρίτη τις αραιωμένες. Επιπλέον την 34<sup>η</sup> ημέρα παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων καθώς ο όγκος των αραιωμένων απορροών αγιάζει τη χαμηλότερη τιμή του, μόλις τα 9 lt. Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρούνται επίσης και στις ημέρες 38, 55, 72 με τον όγκο των αραιωμένων απορροών την 38<sup>η</sup> ημέρα να αγγίζουν το 115,5% του όγκου τους. Αντιθέτως την 55<sup>η</sup> ημέρα οι αραιωμένες απορροές ,κάνοντας την αρχή της ανοδικής τους απορίας, ξεπέρασαν αυτές του μάρτυρα με διαφορά 11,5%. Τέλος την 72<sup>η</sup> ημέρα δεν υπάρχουν καθόλου απορροές από την μεταχείριση των βελτιωμένων απορροών.



**Διάγραμμα 3.15** Μεταβολή του όγκου των απορροών σε (lt) των θρεπτικών διαλυμάτων (M A.A, B.A) των φυτών του δεντρολίβανου, από την από την 1<sup>η</sup> μέρα της έναρξης των μεταχειρίσεων έως και την 72<sup>η</sup>.

### 3.5.2 Όγκος απορροών βασιλικού

Με βάση το Διάγραμμα 3.16, ο όγκος των αραιωμένων απορροών κατέχει από την αρχή των μετρήσεων χαμηλές τιμές με εξαίρεση την 23<sup>η</sup> και 58<sup>η</sup> ημέρα. Πιο συγκεκριμένα ενώ τη 13<sup>η</sup> ημέρα οι τιμές του όγκου και για τις τρεις μεταχειρίσεις είναι σχετικά χαμηλές, την 17<sup>η</sup> ημέρα αυξάνονται απότομα και κρατούν την σταθερότητα τους έως και την 20<sup>η</sup> ημέρα, όπου παρατηρείται η πρώτη στατιστική σημαντική διαφορά. Αναλυτικότερα την 20<sup>η</sup> ημέρα η διαφορά του όγκου ανάμεσα στο μάρτυρα και τις αραιωμένες απορροές είναι στο 61,8% ενώ η διαφορά μεταξύ βελτιωμένων απορροών και μάρτυρα στο 5,6%. Η επόμενη στατιστικά σημαντική διαφορά είναι στην 27<sup>η</sup> ημέρα όπου ο μάρτυρας έχει ξεπεράσει αισθητά τα άλλες δύο μεταχειρίσεις φτάνοντας 157,7%. Τελική στατιστικά σημαντική διαφορά εντοπίζεται στην 69<sup>η</sup> ημέρα όπου ο όγκος των βελτιωμένων απορροών έχει τιμή 5 lt.

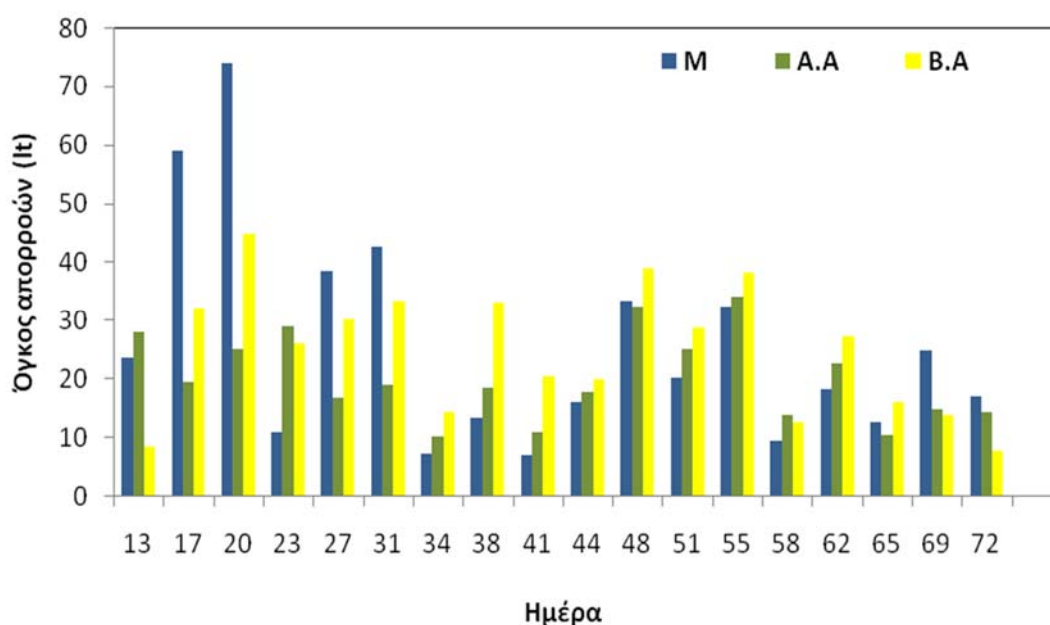


**Διάγραμμα 3.16** Μεταβολή του όγκου των απορροών σε (lt) των θρεπτικών διαλυμάτων (M, A.A, B.A) των φυτών του βασιλικού, από την 1<sup>η</sup> μέρα της έναρξης των μεταχειρίσεων έως και την 72<sup>η</sup>.



### 3.5.3 Όγκος απορροών μέντας

Παρατηρώντας το Διάγραμμα 3.17 και την ημέρα 13, προκύπτει το συμπέρασμα ότι τις πρώτες ημέρες της καλλιέργειας στο θερμοκήπιο, ο μέσος όρος του όγκου των απορροών που εκρέει από τις ρίζες των φυτών της μέντας, κατέχει σχετικά χαμηλές τιμές. Οι τιμές αυξάνουν απότομα από την 17<sup>η</sup> ημέρα όπου εντοπίζεται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του όγκου των μεταχειρίσεων. Ο μάρτυρας ξεπερνά σε όγκο κατά 66,8% τις αραιωμένες απορροές ενώ κατά 45,5% τις βελτιωμένες απορροές. Από την 34<sup>η</sup> ημέρα (όπου οι τιμές του όγκου είναι αξιοσημείωτα χαμηλές) και έπειτα διαφαίνεται μια ανοδική πορεία των βελτιωμένων απορροών που όμως διακόπτεται την 58<sup>η</sup> ημέρα.

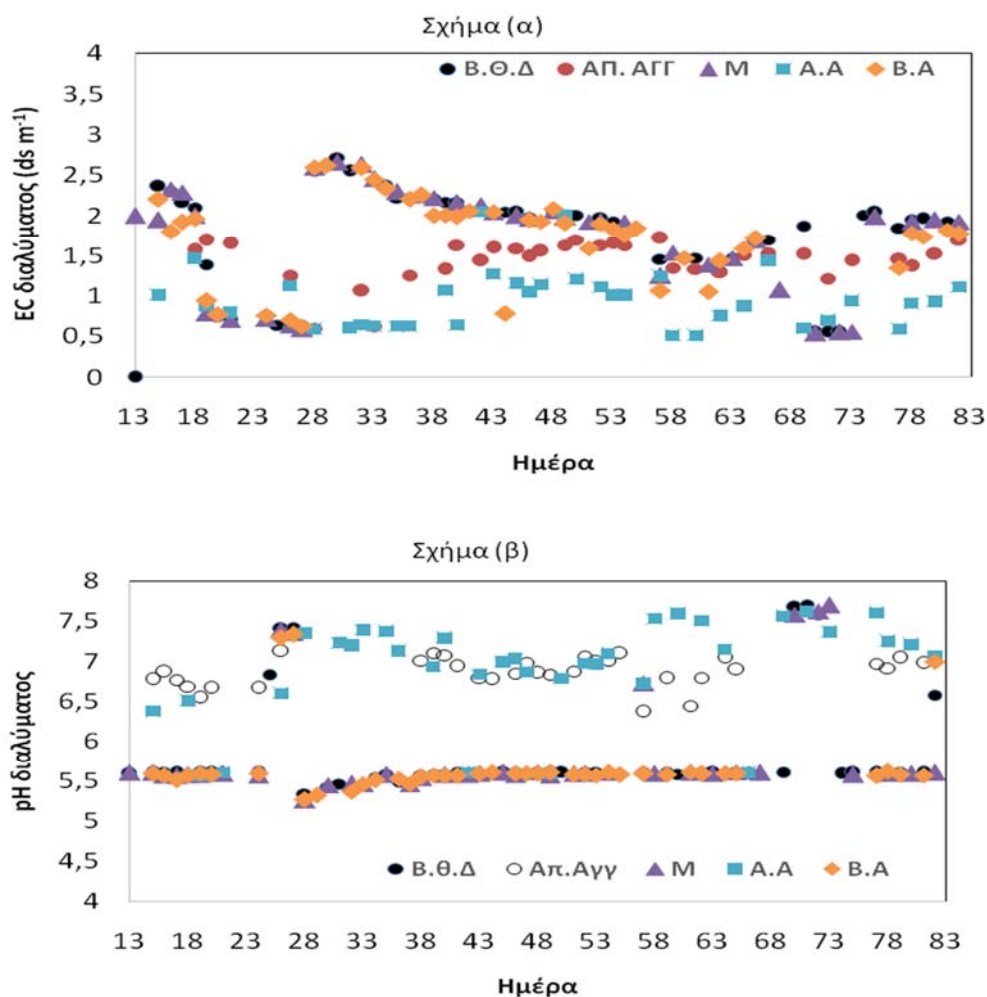


**Διάγραμμα 3.17** Μεταβολή του όγκου των απορροών σε (lt) των θρεπτικών διαλυμάτων (M ,A.A, B.A) των φυτών του δεντρολίβανου, από την από την 1<sup>η</sup> μέρα της έναρξης των μεταχειρίσεων έως και την 72<sup>η</sup>.

### 3.6 pH και EC

#### 3.6.1 pH και EC θρεπτικών διαλυμάτων

Στο Διάγραμμα 3.18 παρουσιάζεται η εξέλιξη της EC (Σχήμα (α)) και του pH (Σχήμα (β)) σε διαφορετικά στάδια κατά την ποριά της άρδευσης. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, όπως αναμενόταν άλλωστε, οι μέσες τιμές της EC του βασικού θρεπτικού διαλύματος που εφαρμόστηκε τόσο στο αγγούρι όσο και στα αρωματικά της μεταχείρισης Μ είχα την ίδια πρόοδο, περίπου 1,73. Ωστόσο, σημαντική μείωση των τιμών της EC πραγματοποιήθηκε από 1,73 έως 1,44, όταν το θρεπτικό διάλυμα εκπλύθηκε σε όλα τα αγγούρια. Στη συνέχεια, μετά την ανάμιξη των απορροών αγγουριού με φρέσκο διάλυμα, οι τιμές της EC έφθασαν στο επιθυμητό επίπεδο. Από την άλλη πλευρά, τα αρωματικά της μεταχείρισης Β.Α, αρδεύτηκαν με 40% χαμηλότερη τιμή EC, καθώς το νερό που προστέθηκε στις απορροές δεν ήταν σε θέση να αυξήσει στο επιθυμητό σημείο την EC.

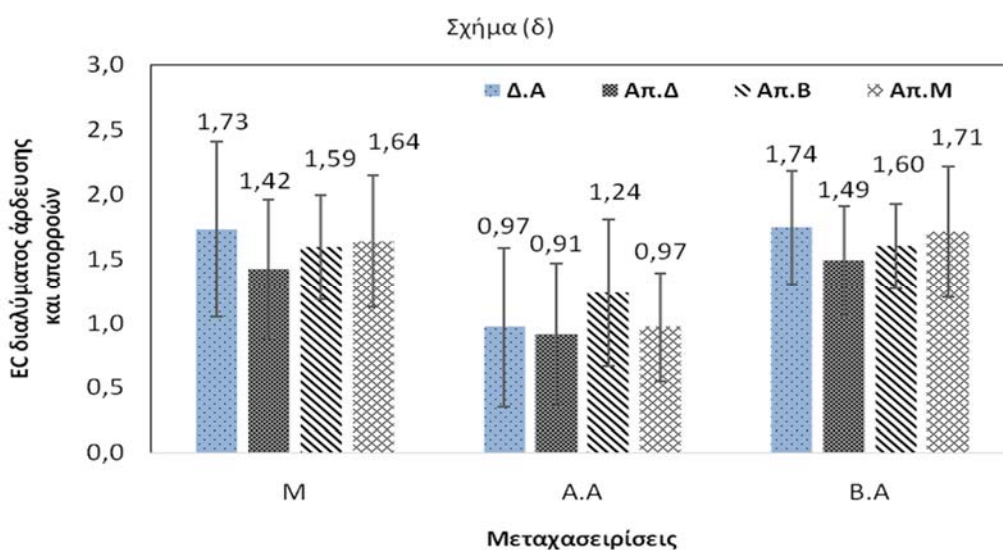
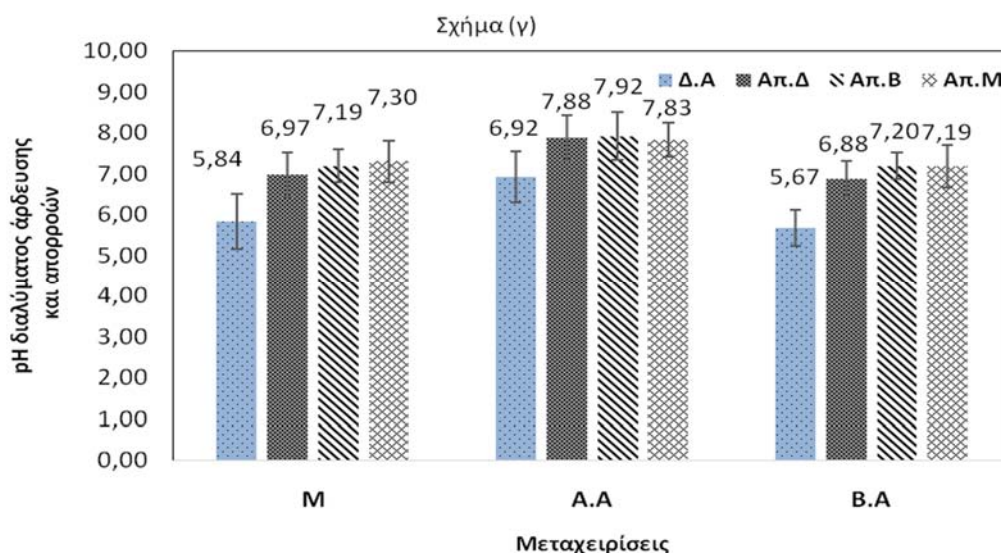


**Διάγραμμα 3.18** Μεταβολή της (α) EC και (β) pH, σε διαφορετικά στάδια κατά την πορεία της άρδευσης, των θρεπτικών διαλυμάτων: βασικό θρεπτικό διάλυμα (B.Θ.Δ) που διατίθεται στα αγγούρια, απορροές αγγουριού (Απ.Αγγ), μάρτυρας (M), αραιωμένες απορροές(A.A) και βελτιωμένες απορροές (B.A).

Το pH ωστόσο, των θρεπτικών διαλυμάτων παρουσίασε μικρότερη διακύμανση από την EC.Όπως διαφαίνεται και στο Διάγραμμα 3.18 οι τιμές του στο θρεπτικό διάλυμα των μεταχειρίσεων B.Θ.Δ, M, και B.A διατήρησαν σχεδόν το ίδιο pH, πέραν κάποιων μικρών αποκλίσεων, το οποίο κυμάνθηκε γύρω από το 5,5 καθ' όλη την πορεία της άρδευσης. Οι απορροές των αγγουριών ωστόσο παρουσίασαν μια έντονη αστάθεια του pH με τιμές που να σημειώνονται γύρω από το 6,5 και το 7ενώ οι αραιωμένες απορροές ένα πιο αλκαλικόH το οποίο σε ορισμένες περιπτώσεις ξεπέρασε ακόμα και το 7,5.

### 3.6.2 pH και EC διαλυμάτων άρδευσης και απορροής

Η μεταβολή pH (Σχήμα (γ)) και EC (Σχήμα (δ)) των διαλυμάτων άρδευσης και απορροής διαφαίνεται στο Διάγραμμα 3.19. Αύξηση τις μέσης τιμής του pH στις απορροές των φυτών, παρουσιάστηκε και στις τρεις μεταχειρίσεις. Ωστόσο μεταξύ των απορροών της κάθε μεταχείρισης η διαφορά των τιμών του ήταν ελάχιστη (Σχήμα (β)). Στο μάρτυρα, το pH από το διάλυμα άρδευσης (Δ.Α) κατά 25% στις απορροές της μέντας ενώ κατά 19,3% στις απορροές του βασιλικού. Στις αραιωμένες απορροές, είναι αξιοσημείωτη τη τιμή του pH που άγγιξε το 6,9 στο Δ.Α διάλυμα, καθώς και η διαφορά μεταξύ των μέσων όρων των απορροών της μεταχείρισης, που βρίσκεται στο 0,1. Τέλος, στη μεταχείριση των βελτιωμένων απορροών, τη μεγαλύτερη διαφορά από το pH του διαλύματος άρδευσης, είχαν οι απορροές της μέντας και του βασιλικού με ποσοστό που ανήλθε στο 30%.

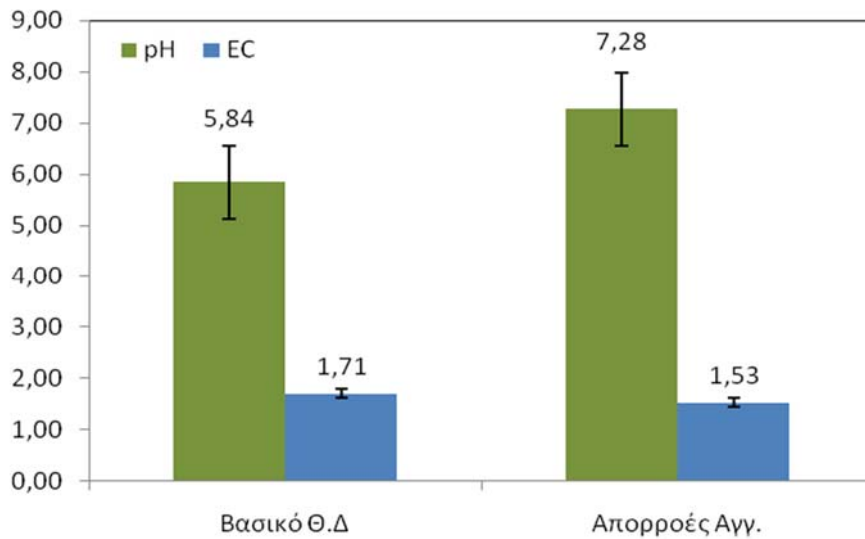


**Διάγραμμα 3.19** Μεταβολή του pH ( $\gamma$ ) και της EC ( $\delta$ ) συντριπτικά με τη μεταχείριση (M, A.A, B.A.), το διάλυμα που αρδεύονται ( $\Delta.A$ ) τα φυτά και το διάλυμα απορροής του δεντρολίβανου (Απ.Δ), του βασιλικού (Απ.Β) και της μέντας (Απ.Μ).

Σχετικά με την EC (Σχήμα ( $\delta$ )), ακολούθησε αντίστροφη πορεία από το pH τόσο στο διάλυμα άρδευσης όσο και στις απορροές των φυτών. Στο μάρτυρα η μέση τιμή της στο  $\Delta.A$  μειώθηκε κατά, 17,8% στις απορροές του δεντρολίβανου, 8% στις απορροές του βασιλικού και κατά 5% σε αυτές της μέντας. Στη μεταχείριση A.A παρατηρήθηκε ελάχιστη έως και καθόλου μείωση του μέσου όρου της EC ο οποίος μάλιστα αυξήθηκε κατά 27% στις απορροές του βασιλικού. Τέλος στη μεταχείριση B.A αυξημένη μείωση (14,7%) παρουσίασαν οι απορροές του δεντρολίβανου (Διάγραμμα 3.19).

### 3.6.3 pH και EC βασικού θρεπτικού διαλύματος και απορροών αγγουριών

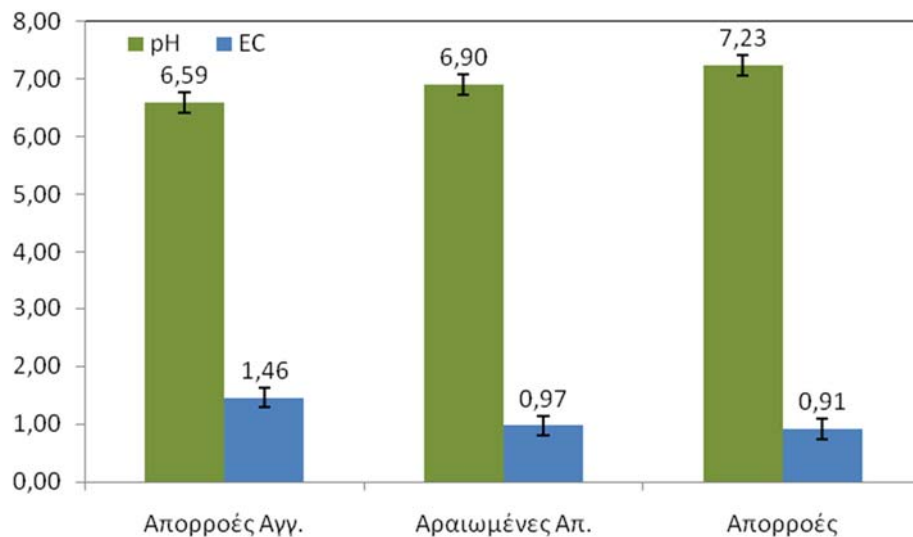
Η συνολική μεταβολή της μέσης τιμής του pH και της EC του βασικού θρεπτικού διαλύματος, πριν και μετά την από της εφαρμογή του στα φυτά αγγουριάς παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 3.20. Αύξηση του pH παρατηρήθηκε στις απορροές των αγγουριών σε ποσοστό 24,5 %. Ωστόσο διαφορετική πορεία είχε η EC, στη οποία προκλήθηκε μείωση της τάξης του 10,3%, από το βασικό θρεπτικό διάλυμα στις απορροές των φυτών.



**Διάγραμμα 3.20** Μεταβολή pH και EC (dSm-1) συγκριτικά με τους τύπους των υδατικών διαλυμάτων (Βασικό Θρεπτικό Διάλυμα, Απορροές Αγγουριών).

### 3.6.4. pH και EC αραιωμένων απορροών

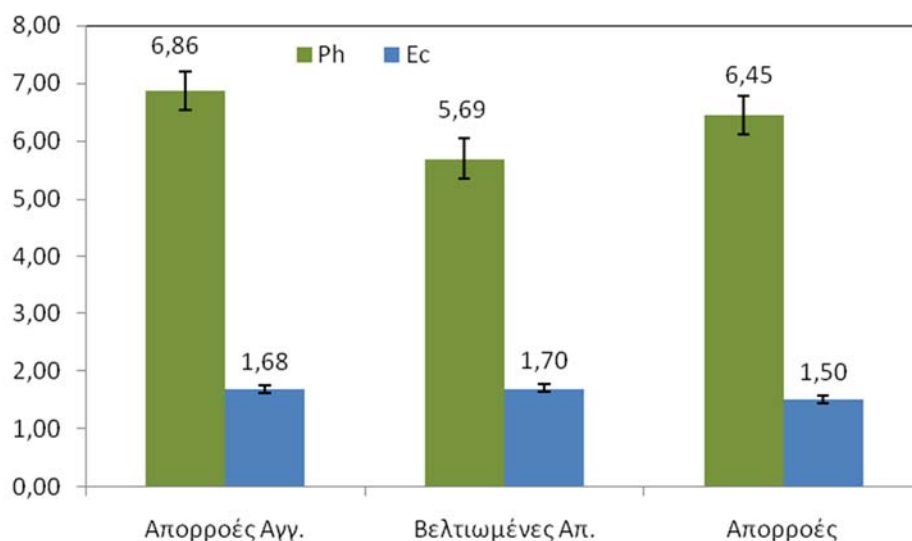
Η πορεία του θρεπτικού διαλύματος προκάλεσε διακυμάνσεις στο μέσο όρο των μετρήσεων του pH όσο και της EC. Η διαδρομή του θρεπτικού διαλύματος στο σύστημα άρδευσης, για τη δημιουργία της μεταχείρισης των αραιωμένων απορροών, ξεκινά από το στάδιο των απορροών των φυτών αγγουριάς, με pH 6,59(Διάγραμμα 3.21).Στην πορεία ρυθμιστικέ αυτομάτως από το σύστημα και αυξάνεται κατά 4,7%, ώστε να διοχετευτεί ως αραιωμένη απορροή στα αρωματικά. Κατόπιν εκροής του από τα φυτά, ως απορροή πλέον, αυξήθηκε πάλι κατά 4,8 %. Αντιθέτως η EC ακολούθησε μια καθοδική πορεία καθώς ξεκινώντας από το 1,46(dSm-1) στις απορροές μειώνεται κατά 37,3%.



**Διάγραμμα 3.21** Μεταβολή του pH και της EC (dSm-1) συγκριτικά με τους τύπους των υδατικών διαλυμάτων (Απορροές Αγγουριών, Αραιωμένες Απορροές, Απορροές).

### 3.6.5 pH και EC βελτιωμένων απορροών.

Στο Διάγραμμα 3.22 διαφαίνεται η πορεία του θρεπτικού διαλύματος, από το στάδιο των απορροών της καλλιέργειας των αγγουριών, με pH 6,8 και EC 1,68 (dSm-1), στο στάδιο της ρύθμισης τους από το σύστημα και της δημιουργίας των βελτιωμένων απορροών, με pH που μεταβλήθηκε αρνητικά κατά 17,5% και EC που αυξήθηκε κατά 1,07%. Στις απορροές, που αποτελούν, τελικό στάδιο της διαδρομής του θρεπτικού διαλύματος στο σύστημα, σημειώθηκε εκ νέου αύξηση του μέσου όρου του pH κατά 13,3% και μείωση της EC κατά 11,7% .



**Διάγραμμα 3.22** Μεταβολή του pH και της EC (dSm-1 ) συγκριτικά με τους τύπους των υδατικών διαλυμάτων (Απορροές Αγγουριών, Βελτιωμένες, Απορροές, Απορροές).



#### 4.Συζήτηση

Το δενδρολίβανο αν και θεωρείται φυτό ανθεκτικό σε ξερικές συνθήκες, φάνηκε να προσαρμόζεται ικανοποιητικά στην τεχνική της υδροπονίας (Κατσιώτης & Χατζοπούλου, 2016). Παρόλα αυτά απορρόφησε 29% λιγότερο διάλυμα, από τα υπόλοιπα είδη των αρωματικών φυτών. Η επίδραση ωστόσο των διαφορετικών μεταχειρίσεων άρδευσης, στα ποιοτικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας και των απορροών αξίζει να διερευνηθεί. Σύμφωνα με τα δεδομένα προέκυψε ότι, τα φυτά που αρδεύτηκαν με το διάλυμα του μάρτυρα, όπως αναμενόταν, αναπτύχθηκαν ικανοποιητικά σε μήκος και σε νωπός βάρος, παράγοντας μια ικανοποιητική ποσότητα βιομάζας. Το ποσοστό ξηράς ουσία κυμάνθηκε περίπου 21%, ενώ οι τιμές EC και pH μειώθηκαν και αυξήθηκαν κατά 18% και 19% αντίστοιχα. Αντίστοιχη πορεία, ακολούθησαν τα φυτά της BA μεταχείρισης με κάποιες μικρές διαφορές. Συγκεκριμένα, οι τιμές EC και pH μειώθηκαν και αυξήθηκαν κατά 14% και 21% αντίστοιχα, ενώ το ποσοστό της ξηράς ουσίας κινήθηκε κοντά στο 20%. Επιπλέον, παρόλο που η αύξηση του μήκους των φυτών από την πρώτη τους μέτρηση, ήταν κατά 20% μεγαλύτερη από αυτή που παρουσίασαν τα φυτά του μάρτυρα, το νωπό και ξηρό βάρος της φυτικής μάζας κινήθηκε στα ίδια επίπεδα. Συμπερασματικά, η χρήση απορροών αγγουριού βελτιωμένων με θρεπτικό διάλυμα θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την άρδευση δενδρολίβανου σε υδροπονία, επιτυγχάνοντας αποτελεσματική παραγωγή και εξοικονομώντας υδατικούς πόρους μέχρι και 40%. Σταθερή μεταβολή μήκους παρουσίασαν αντίστοιχα, τα φυτά της AA μεταχείρισης, με πολύ μικρότερο ωστόσο νωπό βάρος. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τις μετρήσεις, το νωπό βάρος των AA φυτών ήταν 40% μικρότερο από το βάρος των φυτών της M και BA μεταχείρισης. Το μειωμένο βάρος, ωστόσο, είχε σαν αποτέλεσμα να δημιουργήσει ευνοϊκές συνθήκες για την αύξηση του ποσοστού ξηράς ουσίας, όπου κινήθηκε περίπου 28%. Σύμφωνα με τους Kiarostami et al. (2010), φυτά με μεγαλύτερο ποσοστό ξηρά ουσίας αναμένεται να παράγουν μεγαλύτερη ποσότητα φαινολών και κατ' επέκταση αντιοξειδοτικών ουσιών.

Συνεχίζοντας με το βασιλικό, η υψηλή περιεκτικότητα της μεταχείρισης A.A σε νερό φαίνεται να συνέβαλε στην αύξηση του ύψους του βασιλικού, γεγονός που επιβεβαιώνεται από τους Putievsky & Calambosi (1999) καθώς στην έρευνά τους αναφέρουν ότι το φυτό έχει ανάγκη από συνεχή αυξημένη άρδευση. Η καλλιέργεια του βασιλικού φάνηκε να απορρόφησε την μεγαλύτερη ποσότητα νερού συγκριτικά με τα

άλλα αρωματικά ξεπερνώντας το 60%. Η τροφοδοσία των φυτών με τον μαρτυρά επηρέασε θετικά το νωπό βάρος παράγοντας ιδιαίτερα ικανοποιητικές ποσότητες βιομάζας. Το ποσοστό ξηράς ουσία κυμάνθηκε περίπου στο 8%, ενώ οι τιμές EC και pH μειώθηκαν και αυξήθηκαν κατά 8% και 23% αντίστοιχα. Παρόμοια ποριά ακολούθησε και η μεταχείριση του των βελτιωμένων απορροών όπου το pH αυξήθηκε στις απορροές της καλλιέργειας κατά 26% ενώ η EC μειώθηκε κατά 8%. Ακόμα το ποσό της νωπής μάζας ήταν αρκετά κοντά σε αυτό της M μεταχείρισης με διαφορά 5g ωστόσο το ποσοστό ξηράς ουσίας την ξεπέρασε φτάνοντας το 9,1 %. Αξίζει να σημειωθεί ότι το ποσοστό αυτό ελάχιστα διαφέρει από το ποσοστό ξηράς ουσίας των αραιωμένων απορροών που έχει τιμή 9,2%. Από την άλλη πλευρά η άρδευση των φυτών με αραιωμένες απορροές προκάλεσε μειωμένο νωπό βάρος. Η μεταχείριση αυτή σημείωσε επίσης αύξηση του pH και της EC κατά 14% και 27% αντίστοιχα. Συμπερασματικά οι αραιωμένες απορροές κατείχαν το λιγότερο νωπό βάρος . Με βάση τη βιβλιογραφία σε αλατούχο περιβάλλον παρατηρείται η μείωση του νωπού τόσο των φύλλων όσο και των βλαστών (Mondal&Kaur, 2017).

Κλείνοντας με τη μέντα, και αυτή η καλλιέργεια να αναπτύχθηκε ικανοποιητικά στο υδροπονικό σύστημα. Η καλλιέργεια ήρθε δεύτερη σε υδατική απορρόφηση μετά το βασιλικό όπως ήταν αναμενόμενο άλλωστε, καθώς η μέντα ως φυτό χρειάζεται τακτικά ποτίσματα και ικανοποιητική άρδευση (Δόρδας, 2012). Η εφαρμογή των μεταχειρίσεων στα φυτά προκάλεσε μια σειρά μεταβολών στα ποιοτικά αλλά και ποσοτικά τους χαρακτηριστικά. Πιο αναλυτικά η άρδευση των φυτών με το μάρτυρα προκάλεσε αύξηση του ύψους τους. Το ποσοστό ξηράς ουσία κυμάνθηκε περίπου 34%, ενώ οι τιμές EC και pH μειώθηκαν και αυξήθηκαν κατά 25% και 5% αντίστοιχα. Την πορεία αυτή ακολούθησε και η B.A μεταχείριση όπου το pH αυξήθηκε κατά 26% ενώ η EC μειώθηκε κατά 1,7 %. Ακόμα η μεταχείριση παρουσίασε μέτριο νωπό βάρος ενώ το ξηρό βάρος των φυτών ήταν στο 15%. Ωστόσο αν και οι αραιωμένες απορροές είχαν λιγότερο νωπό βάρος κατά 42% από την B.A μεταχείριση, την ξεπέρασαν σε ξηρό βάρος με ποσοστό 16%. Σχετικά με το pH καθώς και την EC των απορροών της A.A μεταχείρισης το pH αυξήθηκε κατά 13 % ενώ η EC παρέμεινε σταθερή.

## **5.Συμπεράσματα**

Στην παραγωγή αρωματικών τα φυτά που πρόκειται να εμπορευθούν για χρήση ως βότανα, αρτύματα ή στη μαγειρική θεωρούνται σημαντικά, η βελτιωμένη απόδοση και οι άμεσα οργανοληπτικές ιδιότητες. Αντιθέτως για τα φυτά που προορίζονται για παραγωγή ελαίων, η αυξημένη απόδοση σε βιομάζα αποτελεί δευτερεύον μέλημα. Ωστόσο σύμφωνα με τους Kiarostami et al. (2010), φυτά με μεγαλύτερο ποσοστό σε ξηρά ουσία αναμένεται να παράγουν μεγαλύτερη ποσότητα φαινολών και κατ' επέκταση αντιοξειδοτικών ουσιών.

Με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας προκύπτει ότι η άρδευση των φυτών του δεντρολίβανου και του βασιλικού με της αραιωμένες απορροές αύξησε το ποσοστό ξηράς ουσίας ενώ αντίστοιχα στη μέντα η ξηρά ουσία αυξήθηκε κατόπιν άρδευσης των φυτών με τον μάρτυρα.

## **Βιβλιογραφία**

### **Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία**

- M. D. S. (2013) 'A Review on Plant Without Soil - Hydroponics', International Journal of Research in Engineering and Technology, 02(03). pp. 299–304. doi: 10.15623/ijret.2013.0203013.
- Asao, T. (2012) 'Hydroponics – a Standard Methodology for Plant Biological Researchers'. pp. 9 - 20. doi: 10.5772/2215.
- Benton J.J., (1997). 'Hydroponics : a practical guide for the soilless Grower'. 2nd edition. CRC Press, 2005. United States of America. ISBN: 0-8493-3167-6. pp :1-7, 101-106, 119,146,153, 232, 252, 269, 272.
- Carmassi, G. et al. (2005) 'Modeling salinity build-up in recirculating nutrient solution culture', Journal of Plant Nutrition. pp. 431-433. doi: 10.1081/PLN-200049163.
- Carmassi, G., Incrocci, L., Maggini, R., Malorgio, F., Tognoni, F. and Pardossi, A. (2007) 'An aggregated model for water requirements of greenhouse tomato grown in closed rockwool culture with saline water', 88. pp. 73-75. doi: 10.1016/j.agwat.2006.10.002.
- Carmassi, G., Incrocci, L., Maggini, R., Malorgio, F., Tognoni, F., Pardossi, A., et al. (2007) 'Modeling Salinity Build-Up in Recirculating Nutrient Solution Culture Modeling Salinity Build-Up in Recirculating'. pp 431-432. doi: 10.1081/PLN-200049163.
- Christie, E. (2014) 'Water and Nutrient Reuse within Closed Hydroponic Systems', Electronic Thesis and Dissertations. pp. 4-17.
- Clark, R. B. (1982) 'Nutrient solution growth of sorghum and corn in mineral nutrition studies', Journal of Plant Nutrition, 5(8). pp. 1039–1050. doi: 10.1080/01904168209363037.
- El Fouly MM, Mobarak ZM, Salama ZA, (2002). Micronutrient foliar application increases salt tolerance of tomato seedlings. Acta Horticulturae 573. pp. 467-474
- Epstein, E. (1994) The anomaly of silicon in plant biology. Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America, 91(1), pp. 11-17
- Epstein, E. (1999) Silicon. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 50. pp. 641-664
- Gobert, V. et al. (2002) 'Hybridization in the section *Mentha* (Lamiaceae) inferred

- from AFLP markers', *American Journal of Botany*, 89(12). pp. 2017–2023. doi: 10.3732/ajb.89.12.2017.
- Gradziel, T.M. and Gradziel, T. M. (2010) 'Horticultural Reviews, Horticultural Reviews', 38. doi: 10.1002/9780470872376.ch2.
- Grewal, H. S., Maheshwari, B. and Parks, S. E. (2011) 'Water and nutrient use efficiency of a low-cost hydroponic greenhouse for a cucumber crop: An Australian case study', *Agricultural Water Management*. pp 841-846 doi: 10.1016/j.agwat.2010.12.010.
- Guzman C.C.de., (1999). 'Rosmarinus officinalis L'/ In: *Plant Resources of South-East Asia No. 13: Spices* [ed. by Guzman, C. C. de \Siemonsma, J.]. Leiden, The Netherlands: Backhuys Publisher, pp: 194-197
- Hanan, J. (1931). *Greenhouses: advanced technology for protected horticulture*. 1998 CRC Press LLC. United States of America. ISBN: 0-849-1698-7. pp 306-307, 387.
- Howard M.R., (2002). 'Hydroponic Food Production'. A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower. 6th edition. Woodbridge Press Publishing Company. ISBN: 0-88007-222-9. pp: 25-28
- Jenner, G. 1980. Hydroponics--reality or fantasy?. *Scientific horticulture*. 1980
- Jensen, M. H. (1999) 'Hydroponics worldwide', *Acta Horticulturae*. pp:724-727. doi: 10.17660/ActaHortic.1999.481.87.
- Jensen, M. H. and Collins, W. L. (1985) 'Hydroponic vegetable production', in *Horticultural Review*. pp: 484-224. doi: 10.1002/9781118060735.ch10.
- Khalil, A.F., Elkatry, H.O., El Mehairy, H.F. (2015). Protect jouve effect of peppermint and parsley leaves oils against hepatotoxicity on experimental rats. *Ann. Agric. Sci* 60. pp: 353-359.
- Kairostomi, K., Mohseni R., Saboora A. (2010). Biochemical changes of *rosmarinus officinalis* under salt stress. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 6. pp.114-122.
- Lykas, C. et al. (2006) 'Electrical conductivity and pH prediction in a recirculated nutrient solution of a greenhouse soilless rose crop', *Journal of Plant Nutrition*, 29(9). pp. 1585–1599. doi: 10.1080/01904160600848904.
- Lyons, G.H.; Genc, Y.; Soole, K; Stangoulis, J.C.R.; Liu, F. & Graham, R.D. (2009) Selenium increases seed production in Brassica. *Plant and Soil*, Vol.318, No.1-

2. pp. 73-80

- Mondal, H and Kaur H., (2017). Effect of Streww on Medical Plants and its Amelioration by Plant Growth Promoting Microbes. *International Journal of Bio-resources and Stress Management*, 8(2). pp:316-326.
- Morgan, L., (2002a). 'Cultivating hydroponic cucumbers, *The Growing Edge*'. 13(3). pp:32-45
- Nederhoff, E. and C. Stanghellini. (2010). Water Use Efficiency of Tomatoes in Greenhouses and Hydroponics. *Practical Hydroponics and Greenhouses*.
- Ocimum, B., From, B. L. and Sajjadi, S. E. (2006) 'ANALYSIS OF THE ESSENTIAL OILS OF TWO CULTIVATED' Isfahan University of Medical Sciences , Isfahan , Iran', 14(3). pp. 128-130.
- Pardossi A, Bagnolib G, Malorgiob F, Campiottic CA, Tognonib F, (199a). NaCl effects on celery (*Apium graveolens L.*) grown in NFT. *Scientia Horticulturae* 81 . pp: 229-242.
- Pandey, A. K., Singh, P. and Tripathi, N. N. (2014) 'Chemistry and bioactivities of essential oils of some *Ocimum* species: an overview', *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 4(9). pp. 682-694. doi: 10.12980/APJTB.4.2014C77.
- Putievsky, E., and Galambosi B., (1999). Production systems of sweet basil. *Agricultural Research Organization, Newe Ya'ar Research Centre, PO Box 90000, Hafa 31900, Israel*. pp: 40-42.
- Raviv, M. and Lieth, J. H. (2008) 'Significance of soilless culture in agriculture', in *Soilless Culture: Theory and Practice*. pp: 1-11. doi: 10.1016/B978-044452975-6.50003-4.
- Raviv, M., Krasnovsky, A., Medina, S., Reuveni, R., (1998) . Assessment of various control strategies for recirculation of greenhouse effluents under semi-arid conditions. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* p: 73, 485-491. Salunkhe, D.K. and Kadam, S.S (1998). 'Handbook of vegetable science and technology : production, composition, storage, and processing'. Edited by D.K. Salunkhe, S.S. Kadam. New York . pp: 245-246.
- Samarakoon, U. C. and Weerasinghe, P. A. (2006) 'Effect of Electrical Conductivity [ EC ] of the Nutrient Solution on Nutrient Uptake , Growth and Yield of Leaf Lettuce ( *Lactuca sativa L.* ) in Stationary Culture', (June 2015). pp: 2-3.

- Savvas, D., (2001). Nutritional Management of Vegetables and Ornamental Plants in Hydroponics. In: Dris, R., Niskanen, R. and Jain, S. M. (Ed.). Crop Management and Postharvest Handling of Horticultural Products. Quality Management. Science Publishers. 1 pp: 37 - 87.
- Savvas, D. (2003) 'Hydroponics : A modern technology supporting the application of integrated crop management in greenhouse', 1(January). pp: 80–83.
- Savvas, D. et al. (2005) 'NaCl accumulation in a cucumber crop grown in a completely closed hydroponic system as influenced by NaCl concentration in irrigation water', *European Journal of Horticultural Science*, 70(5). pp: 217–223.
- Savvas, D. et al. (2007) 'Modelling salt accumulation by a bean crop grown in a closed hydroponic system in relation to water uptake', 111. pp: 311–318. doi: 10.1016/j.scienta.2006.10.033.
- Savvas, D. and Gizas, G. (2002) 'Response of hydroponically grown gerbera to nutrient solution recycling and different nutrient cation ratios', *Scientia Horticulturae*. pp: 267-268. doi: 10.1016/S0304-4238(02)00054-7.
- Shrivastava, P., and Kumar, R. Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 22.pp:123-131
- Singh, H., and Bruce D., (2016). *Electrical Conductivity and pH Guide for Hydroponics*. Oklahoma Cooperative Extension Fact . HLA-6722.
- Son, J. E., Kim, H. J. and Ahn, T. I. (2015) 'Hydroponic Systems', *Plant Factory: An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production*. pp: 213-218. doi: 10.1016/B978-0-12-801775-3.00017-2.
- Sonneveld, C. and Voogt, W. (2009) 'Plant nutrition of greenhouse crops, *Plant Nutrition of Greenhouse Crops*'. pp: 129-132, 258-287, 293 doi: 10.1007/978-90-481-2532-6.
- Sonneveld, C., (2002). 'Composition of nutrient solution', *Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals* .Embryo Publications, Athens, Greece. pp:179-210
- Tzortzakis NG, (2009a). Alleviation of salinity induced stress in lettuce growth by potassium sulphate using Nutrient Film Technique. *International Journal of Vegetable Science* 15. pp: 1-14.
- Tzortzakis NG, 2009b. Influence of NaCl and calcium foliar spray on lettuce and endive growth using nutrient film technique. *International Journal of Vegetable*

- Science 15. pp: 1-13.
- Tyson, R. V. (2007) 'RECONCILING pH FOR AMMONIA BIOFILTRATION IN A CUCUMBER/TILAPIA AQUAPONICS SYSTEM USING A PERLITE MEDIUM'. UNIVERSITY OF FLORIDA. pp:11, 30, 31, 34-35.
- Telci, I. et al. (2006) 'Variability in essential oil composition of Turkish basil (Ocimum basilicum L.)', Biochemical Systematics and Ecology. doi: 10.1016/j.bse.2006.01.009.
- Ushlakova., S.A., Kovaleva, N.P., Grobovkaya, I.V., Dolgushev, V.A, Tikhomirova N.A. Effect of NaCl concentration on productivity and mineral composition of *Salicornia europaea* as a potential crop for utilization NaCl in LSS. Elsevier 36(7). pp:1349-1353.
- Van Os, E. A. (1999) 'Closed soilless growing systems: A sustainable solution for Dutch greenhouse horticulture', Water Science and Technology. Elsevier, 39(5), pp. 105–112. doi: 10.1016/S0273-1223(99)00091-8.
- Werker, E., Putievsky, E., Ravid, U., Dudai, N., (1992). Glandular hairs and essential oil in developing leaves of *Ocimum basilicum*. *Annals of botany* 71, pp: 43-50.
- Wu. M., Buck .J.S., Kubota, C. EFFECTS OF NUTRIENT SOLUTION EC, PLANT MICROCLIMATE AND CULTIVARS ON FRUIT QUALITY AND YIELD OF HYDROPONIC TOMATOES (*LYCOPERSICON ESCULENTUM*). ISHS Acta Horticulturae 659. DOI:10.17660/ActaHortic.2004.659.70

### **Ελληνική βιβλιογραφία**

- Κανάκης, Α.Γ., (2004). 'Καλλιέργεια λαχανικών στο θερμοκήπιο'. Β' τόμος. Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε. Αθήνα. ISBN:960-351-517-5. σσ: 41-51
- Κατσιώτης, Θ., Χατζοπούλου, Π. (2016). 'Αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά και αιθέρια έλαια'. Εκδόσεις Κυριακίδη (Γ') . Θεσσαλονίκη. ISBN: 978-618-510-589-1. σσ:770, 771, 775
- Μαυρογιαννόπουλου, Γ.Ν., (2005). 'Θερμοκήπια. Περιβάλλον-Υλικά-Κατασκευή-Εξοπλισμός'. Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης (Δ'). Αθήνα . ISBN: 960-351-620-1. σσ: 41, 551, 557, 558, 587.
- Μπράτη, Ν., Αναστασίου, Α., (2000-2001). «ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ-ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ», Γ.Π.Α.
- Σαρλής, Γ.Π., (1999). 'Συστηματική βοτανική'. Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης. Αθήνα. ISBN



960-351-270-2

Χα, Ι-Α., Πετρόπουλος, Σ., (2014). 'Γενική Λαχανοκομία' & Υπαίθρια Καλλιέργεια Λαχανικών'. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, 2014. ISBN: 978-960-9439-24-4. σσ.315.

Δόρδας, Χ., (2012). 'Αρωματικά και Φαρμακευτικά Φυτά'. Σύγχρονη Παιδεία. Θεσσαλονίκη 2012. σσ: 111-112, 250-252

### **Ηλεκτρονική βιβλιογραφία**

Σάββας, Δ., (2017). Υδροπονικές καλλιέργειες Σημειώσεις eclass. [online]

available from: <<https://www.aua.gr/ekk/archives/334>> [accessed 28/01/2019]

Τάξη Lamiales LAMIACEAE. [online] available from:

<<https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/BIO348/%CE%A4%CE%AC%CE%BE%CE%B7%20Lamiales%20LAMIACEAE.pdf>>

[accessed 28/01/2019]

Encyclopaedia Britannica. Basil. Encyclopaedia Britannica, Inc [online] available from

<<https://www.britannica.com/>> [accessed 28/01/2019]

Floridata., (2014). FLORIDATA base website. Tallahassee, Florida, USA:

Floridata.com. [online] available from: <<http://www.floridata.com/>> [accessed 28/01/2019]

Missouri Botanical Garden Plant Finder., (2014). Missouri Botanical Garden Plant

Finder. St. Louis, MO, USA: Missouri Botanical Garden. [online] available from:

<<http://www.missouribotanicalgarden.org/PlantFinder>> [accessed 28/01/2019]

Walters, K. J., and Currey, C. J. (2017). Managing Electrical Conductivity (EC) For

Hydroponic Basil Production. Greenhouse Grower. [online] available from:

<<https://www.greenhousegrower.com/production/managing-electrical-conductivity-ec-for-hydroponic-basil-production/>> [accessed 13/02/2019]