



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ**  
**ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**«Επαναχρησιμοποίηση απορροών υδροπονικής καλλιέργειας τομάτας σε σύστημα  
διαδοχικών καλλιεργειών με δευτερεύουσα καλλιέργεια σέλινου»**



**Μπόκας Ευστάθιος**

**Επιβλέπων Καθηγητής : Κατσούλας Νικόλαος**

**Βόλος, 2021**

**«Επαναχρησιμοποίηση απορροών υδροπονικής καλλιέργειας τομάτας σε σύστημα διαδοχικών καλλιεργειών με δευτερεύουσα καλλιέργεια σέλινου»,**

**«Reuse the drainage solution of a hydroponic tomato crop in a successive cropping system with celery as secondary crop»**

**Μπόκας Ευστάθιος**

Η τριμελής εξεταστική επιτροπή αποτελείται από τους:

**Κατσούλας Νικόλαος**

(Επιβλέπων) Καθηγητή, Γεωργικών Εγκαταστάσεων με Έμφαση στα Θερμοκήπια, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

**Πετρόπουλος Σπυρίδων**

Αναπληρωτής Καθηγητή, Λαχανοκομίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

**Ευθυμία Λεβίζου**

Επίκουρη Καθηγήτρια Φυσιολογίας Φυτών, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

## **Ευχαριστώ**

Ολοκληρώνοντας την παρούσα πτυχιακή διατριβή, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που συμβάλαν στην ολοκλήρωση της .

Αρχικά τον επιβλέπων καθηγητή κύριο Νικόλαο Κατσούλα για την ευκαιρία που μου έδωσε. Την Δρ. Αγγελική Ελβανίδη για την πολύτιμη βοήθεια της στην συγγραφή της πτυχιακής καθώς και τις Σοφία Φαλιάγκα και Ελένη Καρατσίβου .

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την οικονομική και ψυχολογική στηρίξει όλα αυτά τα χρόνια αλλά και τους φίλους μου που γίνουν οικογένεια.

## Περίληψη

Οι υδροπονικές καλλιέργειες αποτελούν την λύση για το πρόβλημα της εύρεσης της τροφής. Οι ρυθμοί της ζωής αυξάνονται οι απαιτήσεις των καταναλωτών σε φρέσκα φρούτα και λαχανικά αυξάνονται. Επιπλέον η κλιματική αλλαγή έχει επηρεάσει σε σημαντικό βαθμό τους μέχρι τώρα γνωστούς τρόπους καλλιέργειας. Το σύστημα πολυκαλλιέργειας με σταλάκτη ενδεχομένως να είναι το κλειδί για την παραγωγή ποιοτικών λαχανικών, φιλικά προς το περιβάλλον και να μπορούν να καλλιεργηθούν σε όλα τα μέρη της Γης. Το συγκεκριμένο σύστημα καλλιέργειας ανακυκλώνει και επαναχρησιμοποιεί το θρεπτικό διάλυμα απορροής μιας πρωτογενούς καλλιέργειας, αφού πραγματοποιηθεί απολύμανση, για την άρδευση μιας δευτερεύουσας ή και τριτεύουσας καλλιέργειας με μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στην αλατότητα.

Σκοπός της εργασίας αυτής, είναι η συλλογή των απορροών μιας κύριας καλλιέργειας τομάτας (*Solanum lycopersicum*) και η επαναχρησιμοποίηση τους για την άρδευση μιας δευτερεύουσας καλλιέργειας σέλινου (*Apium Grubolens*). Υπολογίστηκε η αποδοτικότητα της χρήσης του νερού καθώς και οι ανάγκες της δευτερεύουσας καλλιέργειας σε νερό. Το πείραμα έλαβε χώρα σε πειραματικό θερμοκήπιο του Εργαστηρίου Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος. Όπου εφαρμόστηκαν τρεις διαφορετικές στρατηγικές άρδευσης-λίπανσης, σε δύο διαφορετικά υποστρώματα, για την ανάπτυξη της καλλιέργειας του σέλινου. Η πρώτη μεταχείριση αποτελεί το μάρτυρα του πειράματος, όπου τα φυτά αρδεύονταν με πρότυπο θρεπτικό διάλυμα, η δεύτερη μεταχείριση με 10% απορροές και 90% νερό ενώ η τρίτη 15% απορροές και 85% νερό. Τα υποστρώματα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τύρφη και ο πετροβάμβακας. Η τρέχουσα μελέτη έδειξε ότι οι συνδυασμοί καλλιεργειών που μελετήθηκαν αποδείχθηκαν αποτελεσματικοί στη μείωση των εισροών νερού και θρεπτικών συστατικών. Όπως και το υπόστρωμα δεν επηρέασε τα αποτελέσματα της έρευνας.

## Summary

Hydroponic crops are the solution to the problem of finding food. The pace of life is increasing and consumer demands for fresh fruits and vegetables are increasing. In addition, climate change has significantly affected the hitherto known cultivation methods. The drip multicultural system may be the key to producing quality, environmentally friendly vegetables that can be grown in all parts of the world. This particular cultivation system recycles and reuses the nutrient solution of a primary crop, after disinfection, for the irrigation of a secondary or tertiary crop with greater resistance to salinity.

The purpose of this work is to collect the effluents of a main tomato crop (*Solanum lycopersicum*) and reuse them for irrigation of a secondary celery crop (*Apium Grubolens*). The efficiency of water use was calculated as well as the needs of the secondary crop in water. The experiment took place in an experimental greenhouse of the Laboratory of Agricultural Constructions and Environmental Control. Where three different irrigation-fertilization strategies were applied, on two different substrates, for the development of celery cultivation. The first treatment is the control of the experiment, where the plants were irrigated with a standard nutrient solution, the second treatment with 10% runoff and 90% water while the third 15% runoff and 85% water. The substrates used were peat and rock wool. The current study showed that the crop combinations studied proved to be effective in reducing water and nutrient inputs. Like the substrate did not affect the research results

## Περιεχόμενα

1.1 Εισαγωγή.....	8
1.2 Πλεονεκτήματα Μειονεκτήματα υδροπονιών εγκαταστάσεων .....	9
1.2.1 Πλεονεκτήματα.....	9
1.2.2 Μειονεκτήματα.....	11
1.3 Ταξινόμηση υδροπονικών συστημάτων .....	12
1.3.1 Ανοιχτό σύστημα .....	12
1.3.2 Κλειστά συστήματα .....	13
1.4 Χαρακτηριστικά υποστρωμάτων .....	14
1.4.1 Πετρβάμβακας .....	14
1.4.2 Περλίτης.....	16
1.4.1 Τύρφη.....	17
1.5 Καλλιεργείες .....	18
1.5.1 Ντομάτα ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.).....	18
1.5.1.1. Ιστορική αναδρομή και γενικά χαρακτηριστικά .....	18
1.5.2.2 Μορφολογία.....	18
1.5.1.3 Απαιτήσεις καλλιέργειας .....	19
1.5.2 Celery ( <i>Apium graveolens</i> ).....	19
1.5.2.1 Ιστορική αναδρομή και γενικά χαρακτηριστικά.....	19
1.5.2.2 Μορφολογία.....	20
1.5.2.3 Χρήσεις και απαιτήσεις καλλιέργειας .....	20
1.6 Σκοπός εργασίας .....	21
2 . Υλικά και Μέθοδοι .....	22
2.1 Εγκατάσταση και καλλιέργεια .....	22
2.2 Στάδια εργασιών.....	25
2.3 Μεταχειρίσεις.....	26
2.4 Πρώτη και δεύτερη καταστροφική επέμβαση.....	27
2.5 Προσδιορισμός της ανάγκης του νερού για την καλλιέργεια του σέλινου .....	27

2.6 Προσδιορισμός της αποδοτικότητας της χρήσης του νερού.....	28
2.7 Στατιστική ανάλυση .....	28
3 Αποτελέσματα.....	29
3.1 Αριθμός φύλλων .....	29
3.1.1 Αριθμός φύλλων των φυτών σε πρότυπο διάλυμα άρδευσης .....	29
3.1.2 Αριθμός φύλλων των φυτών με 15% απορροή και 85% νερό.....	30
3.1.3 Αριθμός φύλλων των φυτών με 10% απορροή και 90% νερό.....	31
3.1.4 Αριθμός φύλλων των φυτών σε υπόστρωμα τύρφης.....	32
3.1.5 Αριθμός φύλλων των φυτών σε υπόστρωμα πετροβάμβακα .....	33
3.2 Χλωροφύλλη.....	34
3.3 Νωπό και Ξηρό βάρος της καλλιέργειας του σέλινου .....	35
3.3.1 Νωπό βάρος .....	35
3.3.2 Ξηρό βάρος .....	37
3.4 Ανάγκη σε νερό του σέλινου.....	38
3.5 Αποδοτικότητα χρήσης του νερού στην 2ης συγκομιδή .....	39
3.5.1 Αποδοτικότητα χρήσης του νερού με βάση FM.....	39
3.5.2 Αποδοτικότητα χρήσης του νερού με βάση DM.....	40
4.Συζήτηση .....	41
5. Συμπεράσματα.....	44
Βιβλιογραφία .....	45
Ελληνική Βιβλιογραφία .....	45
Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία .....	45

## ***1.1 Εισαγωγή***

Η γεωργία έχει ένα αρκετά σημαντικό αντίκτυπο στην οικονομία μιας χώρας, καθώς μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν είναι η συνεχής αύξηση του πληθυσμού η οποία συνεπάγεται με τις αυξημένες ανάγκες για παραγωγή τροφής. Επίσης αποτελεί έναν από τους βασικότερους πυλώνες στην αυτάρκεια μια χώρας. Ένα ακόμα πρόβλημα που καλείτε ο σύγχρονος άνθρωπος να αντιμετωπίζει είναι και η μειωμένη χρήση ενέργειας για την παραγωγή . Επίσης με την κλιματική αλλαγή γόνιμες εκτάσεις γης μετατράπηκαν σε άγονες. Οι συγκεκριμένοι παράγοντες οδήγησαν στην εύρεση νέων μεθόδων καλλιέργειας.

Η υδροπονία είναι μια τεχνική καλλιέργειας φυτών σε θρεπτικά διαλύματα με ή χωρίς τη χρήση ενός αδρανούς μέσου όπως χαλίκι, βερμικουλίτης, πετροβάμβακας, τύρφη, σκόνη πριονιού, σκόνη κοκοφοίνικα, ίνες καρύδας κ.λπ. όπου παρέχει μηχανική υποστήριξη. Ο όρος υδροπονία προήλθε από τις ελληνικές λέξεις «ύδρο» και πόνος. Η λέξη υδροπονία επινοήθηκε από τον καθηγητή William Gericke στις αρχές του 1930 για να περιγράψει την καλλιέργεια φυτών όπου οι ρίζες τους βρίσκονται σε νερό που περιέχει θρεπτικές ουσίες (Nisha .et.all, 2018).

Η καλλιέργεια εκτός εδάφους έχει τις ρίζες της από την αρχαιότητα. Οι κρεμαστοί Κήποι της Βαβυλώνας αποτελούν ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα, όπου πάνω σε αναβαθμίδες, οι οποίες ήταν γεμάτες με ένα μείγμα από χώμα και άμμο, βρισκόταν τα φυτά. Ο Ιρλανδός Robert Boyle το 1666 ήταν ο πρώτος που κατάφερε να καλλιεργήσει φυτικούς οργανισμούς σε ειδικά δοχεία χωρίς την ύπαρξη χώματος ή άλλου στερεού υλικού παρά μόνο του νερού ( Cooper , 1979).

Από τους Γερμανούς φυσιολόγους Sachs (1859,1861) και Κnop (1859) έγινε η πρώτη καλλιέργεια με την χρήση τεχνικού θρεπτικού διαλείμματος. Η σύσταση του διαλύματος σε ανόργανα θρεπτικά στοιχεία καθορίστηκε από τους παρασκευαστές. Οι Sachs και Κnop αποπειράθηκαν να ανακαλύψουν τόσο τα ανόργανα στοιχεία αλλά και τις ποσότητες που είναι αναγκαίες για την καλλιέργεια των φυτών. Σήμερα θεωρούνται εκείνοι που έθεσαν τις επιστημονικές βάσεις για την υδροπονία άλλωστε αυτοί ήταν οι πρώτοι που καλλιεργήσαν φυτά με την υδροπονία με τον πλήρη ορισμό της λέξης.



Κατά τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο ο αμερικανικός στρατός για να καλύψει τις ανάγκες του σε τροφή στράφηκε προς την υδροπονία. Κυρίως σε ορισμένα άγονα νησιά του ειρηνικού. Με το τέλος του πολέμου η επιστημονική κοινότητα στράφηκε προς τον συγκεκριμένο τρόπο καλλιέργειας. Έτσι νέες συσκευές χημικών αναλύσεων σε συνεργασία με πιο ευαίσθητες μεθόδους βοήθησαν στον ακριβέστερο ποσοτικό προσδιορισμό των ιχνοστοιχείων στα θρεπτικά διαλύματα αλλά και στα φυτά. Παράγοντες που συντέλεσαν στη εξέλιξη της υδροπονίας καθώς οι υδροπονικές καλλιέργειες σε εμπορική κλίμακα ήταν πολύ περιορισμένες. Επιπρόσθετος τα καινούργια αυτά εργαλεία κατέστησαν δυνατή την τελειοποίηση των θρεπτικών διαλυμάτων αλλά και την συνεχή διενέργεια χημικών αναλύσεων σε αυτά (Σαββας 2011)

Κατά τη διάρκεια 1960 και του 70, εμπορικές υδροπονικές εκμεταλλεύσεις είχαν αναπτυχθεί στην Αριζόνα, Αμπό Ντάμπι, Βέλγιο, Καλιφόρνια, Δανία, Γερμανικά, Ολλανδία, Ιράν, Ιταλία, Ιαπωνία, Ρωσική Ομοσπονδία και άλλες χώρες. Έτσι τα επόμενα χρόνια η υδροπονία γνώρισε τεράστια άνθιση, ενδεικτικό παράδειγμα αποτελεί η Ολλανδία όπου από τα 50 στρέμματα που καλλιεργήθηκαν αρχικά το 1976 (Van Os,1982) το 1998 εκτοξεύθηκαν στα 55.000 (Sonneveld, 2000).

Στην Ολλανδία λόγω της υπερεντατικής εκμετάλλευσης και στο Ισραήλ λόγω της άρδευσης με νερό υψηλής περιεκτικότητας σε άλατα οδήγησε τις συγκεκριμένες χώρες την ενσωμάτωση της υδροπονίας στην καλλιεργητική τους πράξη. Παρόμοια ανάγκη παρουσιάστηκε και σε χώρες στις οποίες εφαρμόζονται περιορισμοί στην χρήση αγροχημικών στην γεωργία όπως και στα όρια αντίχυνσης αυτών στο περιβάλλον (Benoit and Ceustermans,1995).

Τα περισσότερα υδροπονικά συστήματα λειτουργούν αυτόματα ελέγχοντας την ποσότητα νερού, θρεπτικών συστατικών και φωτοπεριόδου βασισμένη στις απαιτήσεις των φυτών (Resh, 2013).

## ***1.2 Πλεονεκτήματα Μειονεκτήματα υδροπονιών εγκαταστάσεων***

### ***1.2.1 Πλεονεκτήματα***

Οι υδροπονικές καλλιέργειες είναι απαλλαγμένες από τις ασθένειες εδάφους που προσβάλλουν κυρίως το ριζικό σύστημα των φυτών. Η μέχρι πρότινος λύση για τα ασθενή εδάφη ήταν η απολύμανση τους με χρήση τοξικών χημικών ουσιών,

χαρακτηριστικό παράδειγμα το χρωμιούχο μεθύλιο το οποίο και απαγορεύτηκε στις αναπτυγμένες χώρες από το 2005 σύμφωνα με το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ (Batchelor,2004). Η συγκεκριμένη απαγόρευση δημιούργησε έντονα προβλήματα στους αγρότες της Ελλάδας ( Γενειτάκης ,2007) καθώς δεν υπάρχουν ουσίες που μπορούν να αντικαταστήσουν το βρομιούχο μεθύλιο. Στις καλλιέργειες σε υπόστρωμα μειώνετε αισθητά η χορήγηση φυτοφαρμάκων για την εξουδετέρωση εδαφογενών ασθενειών. Τα φυτά μπορούν να εμφανίσουν προβλήματα εδαφογενών ασθενειών κατά την καλλιεργητική περίοδο μόνο αν εισαχθούν στο θερμοκήπιο τα παθογόνα, ή το νερό άρδευσης περιέχει μολύσματα. Για τους εξής λόγους ενδείκνυται η εφαρμογή προληπτικών μέτρων φυτοπροστασίας σύμφωνα με τις αρχές της ολοκληρωμένης διαχείρισης παραγωγής ( Σάββας, 2009).

Οι καλλιέργειες εκτός εδάφους είναι απαλλαγμένες από ζιζάνια που συνεπάγει και απαλλαγή από τις εργασίες καθαρισμού της. Επίσης δεν υπάρχουν τοξικά υπολείμματα φυτοφαρμάκων. Γίνεται καλύτερη χρήση του νερού αλλά έλεγχος θρεπτικών ουσιών (FAO,2020).

Υδροπονία αποτελεί την λύση για το πρόβλημα των άγονων εδαφών . Όπως και για τις περιπτώσεις που το νερό άρδευσης έχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα (Σάββας,2011).

Εξαιτίας των υψηλότερων θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στην περιοχή της ριζόσφαιρας, καθώς οι ρίζες αναπτύσσονται μέσα στον περιορισμένο όγκο των υποστρωμάτων που είναι τοποθετημένα πάνω στο έδαφος, η αλλαγή θερμοκρασίας τους είναι πιο γρήγορη και με λιγότερη δαπάνη ενέργειας. Σαν αποτέλεσμα έχει να προωμίζει την σοδιά (Benoit and Ceustermans,1995).

Οι καλλιέργειες εκτός εδάφους δεν επηρεάζονται από την κλιματική αλλαγή, επομένως μπορούν να καλλιεργούνται όλο το χρόνο ακόμα κι αν θεωρούνται εκτός εποχής (Manzocco et al., 2011). Τα εμπορικά υδροπονικά συστήματα λειτουργούν αυτόματα και αναμένεται να μειωθεί η εργασία και πολλές παραδοσιακές τεχνικές. Οι γεωργικές πρακτικές όπως βοτάνισμα, ψεκασμός, πότισμα και άλεση μπορούν να εξαλειφθούν (Jovicich et al., 2003).

Οι αποδόσεις στις υδροπονικές καλλιέργειες υπερέχουν αρκετά από τις αντίστοιχες συμβατές καλλιέργειες. Σύμφωνα με τον Verwer (1978) η διαφορά βρίσκεται γύρω

στο 10-15% ενώ σύμφωνα με τους Vogel and Gohler (1991) η διαφορά αυτή κυμαίνεται στον 10-30% . Η διαφορά αυτή οφείλεται εξαιτίας της αρίστης θρέψης των φυτών, της υψηλότερης θερμοκρασίας που υπάρχει, των ιδιοτήτων των υποστρωμάτων και το γεγονός ότι δεν υπάρχουν ασθένειες και εχθροί εδάφους.

Τα προϊόντα που προέρχονται από υδροπονικές καλλιέργειες είναι ανώτερα σε ποιοτικά χαρακτηριστικά. Συγκεκριμένα έχουν μεγαλύτερη συγκέντρωση σε βιταμίνη C και διατηρησιμότητα (Sonneveld and Welles , 1984) σε αντίθεση με τα νιτρικά που μειώνονται (Wendt,1982,Andersen and Nielsen,1992). Σε καμία μελέτη δεν βρέθηκε ότι τα φρούτα και λαχανικά που προήλθαν από τις καλλιέργειες εκτός εδάφους υστερούν σε κάτι με εκείνα που παρήχθησαν με την συμβατές μεθόδους (Vogel and Gohler,1991,Schnitzler and Gruda,2002).

### ***1.2.2 Μειονεκτήματα***

Ένα από τα σημαντικότερα μειονεκτήματα της υδροπονίας έναντι των καλλιεργειών σε έδαφος είναι το κόστος . Στις καλλιέργειες εκτός εδάφους υπάρχει η κατασκευή των μηχανημάτων για την παραγωγή αλλά και την διανομή του θρεπτικού διαλύματος όπως και την ετήσια αγορά των υποστρωμάτων. Παρόλα αυτά το καθαρό κόστος είναι χαμηλότερο από το σύνολο των παραπάνω εξόδων καθώς δεν υπάρχουν τα έξοδα της προετοιμασίας και απολύμανσης του εδάφους. Όμως μια συσκευή παραγωγής και διανομής θρεπτικού διαλύματος είναι χρήσιμη και στην περίπτωση των συμβατών καλλιεργειών για την εφαρμογή της υδρολίπανσης.

Επιπλέον ένας λανθασμένος χειρισμός στην καλλιέργεια έχει πιο άμεσες και πιο έντονες συνέπειες στα φυτά. Φυσικά το ίδιο ισχύει και όταν οι χειρισμοί είναι προς όφελος της καλλιέργειας. Για αυτόν τον λόγο είναι απαραίτητο να υπάρχει και ένας επικεφαλής επιστήμονας καταρτισμένος ώστε να επιβλέπει τις μονάδες αυτές (Σάββας,2011).

Σύμφωνα με την θεωρία στα κλειστού τύπου υδροπονικά συστήματα η δυνατότητα μετάδοσης των παθογόνων είναι μεγαλύτερη από την στιγμή που υπάρχει το συγκεκριμένο παθογόνο σε κάποιο φυτό. Σύμφωνα όμως με τον Van Os (1982) στην πράξη ο συγκεκριμένος κίνδυνος δεν είναι πολύ μεγάλος. Εφόσον τα φυτά που φέρουν το μόλυσμα καταστραφούν. Ακόμα και η ύπαρξη μολύσματος στο θρεπτικό διάλλειμα δεν αρκεί από μόνο του να μολύνει την καλλιέργεια, εφόσον οι ρίζες είναι δίχως

πληγές. Για αυτόν τον λόγο γίνεται και η απολύμανση του διαλύματος με την χρήση υποχλωριώδους νατρίου (Karras et al.,2005). Μόλις γίνει αντιληπτό ότι κάποιο φυτό είναι άρρωστο τότε είναι μονόδρομος η απολύμανση του διαλύματος για την επαναχρησιμοποίηση του στα κλειστά υδροπονικά συστήματα. Τα φίλτρα με υπεριώδη ακτινοβολία (UVR) και η αργή διήθηση μέσω άμμου ή γενικά κάποιου πορώδους υλικού, η παστεριώση μέσω θέρμανση αποτελούν συχνές πρακτικές για να απολυμάνουν οι παραγωγοί το θρεπτικό διάλυμα (Wohanka,2002) .

### ***1.3 Ταξινόμηση υδροπονικών συστημάτων***

Οι καλλιεργείς εκτός εδάφους κατατάσσονται σε πολλές ομάδες ανάλογα με τα κριτήρια ταξινόμησής τους. Όσον αναφορά στον τρόπο διαχείρισης των απορροών τους, τα θερμοκήπια χωρίζονται σε δύο κατηγορίες σε ανοιχτά και σε κλειστά συστήματα. Ο συγκεκριμένος διαχωρισμός βασίζεται στο θρεπτικό διάλυμα που απορρέει από την καλλιέργεια και είτε αφήνεται ελεύθερο στο περιβάλλον - ανοιχτό σύστημα, είτε συλλέγεται και επαναχρησιμοποιείται - κλειστό σύστημα.

#### ***1.3.1 Ανοιχτό σύστημα***

Τα ανοιχτά συστήματα καλλιέργειας εκτός εδάφους αναπτύσσονται όλα πάνω σε υποστρώματα. Εξαιτίας αυτού του γεγονότος η παροχή του θρεπτικού διαλύματος δεν χρειάζεται να είναι συνεχής αλλά να εφαρμόζεται σε τακτικά μικρά χρονικά διαστήματα. Η ποσότητα του θρεπτικού διαλύματος πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την ποσότητα του νερού που μπορεί να συγκρατηθεί σε ένα υπόστρωμα. Αυτό το γίνεται επειδή με τον συγκεκριμένο τρόπο εξυπηρετείται η έκλυση των αλάτων ( NaCl) αλλά και κάποιον θρεπτικών ιόντων τα οποία δεν απορροφούνται εύκολα από τα φυτά (Raviv et al., 1998 , Vans Os, 1999). Επιπλέον διασφαλίζεται η επάρκεια σε άρδευση για όλα τα φυτά ακόμα και σε αυτά που λαμβάνουν μικρότερη ποσότητα από αυτήν που αντιστοιχεί στην θεωρητική παροχή των σταλαχτών εξαιτίας των ανομοιομορφιών στην πραγματική παροχή ( Lieth and Oki, 2008). Εξαιτίας την συγκεκριμένης ανομοιομορφίας η ποσότητα του θρεπτικού διαλύματος θα πρέπει να υπερβαίνει το 20% από τις ανάγκες της καλλιέργειας (Sonneveld, 1995). Η ενέργεια αυτή φέρει ως αποτέλεσμα να απορρέει θρεπτικό διάλυμα αντίστοιχου κλάσματος. Εφόσον το συγκεκριμένο διάλυμα δεν συλλέγεται και δεν πηγαίνει πίσω στην κεντρική κεφαλή για να επαναχρησιμοποιηθεί το σύστημα ονομάζεται ανοιχτό (Σάββας , 2011). Ο λόγος μεταξύ των όγκων του θρεπτικού διαλύματος που απορρέει και του διαλύματος που

χορηγείτε στην καλλιέργεια ονομάζετε κλάσμα απορροής. Στοιχείο ιδιαίτερα χρήσιμο για την έκλυση των αλάτων που μένουν στο περιβάλλον των ριζών γενικά το κλάσμα απορροής είναι ανάλογο με τα άλατα που περιέχονται στο θρεπτικό διάλυμα ( Lieth and Oki, 2008). Όταν το νερό αρδεύσεις που χρησιμοποιείται είναι καλής ποιότητα τότε ένα κλάσμα απορροής γύρω στο 0,25-0,35 είναι καλή τιμή ( Schoder and Lieth, 2002).

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα των ανοιχτών συστημάτων υδροπονίας είναι η σπατάλη του νερού και λιπασμάτων. Εξαιτίας της ανεπάρκεια νερού άρδευσης καλής ποιότητας που υπάρχει διεθνώς (Pardossi et al., 2006). Οι απορροές περιέχουν μεγάλες ποσότητες λιπασμάτων που διοχετεύονται στο περιβάλλον δημιουργώντας οικολογικές καταστροφές καθώς το μολύνουν με νιτρικά και φωσφορικά αυξάνοντας το πρόβλημα της παρεντροφίας . Ακόμα η μεγάλη ποσότητα λιπασμάτων που χρειάζονται και πετιούνται έχει επιπλέον οικονομική επιβάρυνση στον παραγωγό ( Savvas, 2002).

Ανεξαρτήτως των παραπάνω μειονεκτημάτων, αρκετοί είναι οι παραγωγοί που επιλέγουν τον ανοιχτό τύπο συστημάτων καθώς με αυτόν τον τρόπο διασφαλίζονται σταθερές συνθήκες θρέψης εξαιτίας του θρεπτικού διαλύματος με γνωστή και σταθερή σύνθεση, η οποία αλλάζει όποτε το αποφασίσει ο παραγωγός. Ένα επιπλέον πλεονέκτημα είναι το γεγονός ότι δεν χρειάζεται ο παραγωγός να ανησυχεί για την διαχείριση των απορροών καθώς περιορίζεται απλά στην απομάκρυνσή τους από το θερμοκηπίου. Τέλος με τον συγκεκριμένο τρόπο δεν υπάρχει ο κίνδυνος να μεταδοθούν παθογόνα μέσω του ανακυκλωμένου διαλύματος ( Σάββας, 2011).

### ***1.3.2 Κλειστά συστήματα***

Όταν το θρεπτικό διάλυμα που απορρέει συλλέγετε και επαναχρησιμοποιείται χάρης σε ένα εξειδικευμένο δίκτυο συλλογής που αποτελείται από ανοιχτούς και κλειστούς σωλήνες, το σύστημα ονομάζεται κλειστό σύστημα καλλιέργειας εκτός εδάφους. Με την ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος η διαφυγή των λιπασμάτων στον περιβάλλον να είναι μηδενική. Με αυτό τον τρόπο δεν υπάρχει μόλυνση των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτων με νιτρικά και φωσφορικά ιόντα. Επίσης με το συγκεκριμένο σύστημα το κόστος της λίπανσης μειώνεται αισθητά (Σάββας, 2011).

Η επαναχρησιμοποίηση του θρεπτικού διαλύματος εφόσον έχει γίνει η προσθήκη με τις πρέπουσες ποσότητες των θρεπτικών στοιχείων τότε δεν αποτελεί δυσμενή παράγοντα για την καλλιέργεια ( Raviv et al., 1998, Savvas and Gizas, 2002). Η μερική

ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος σε μια καλλιέργεια τριανταφυλλιάς έδειξε ότι μείωσε το 43% τα νιτρικά , 37% το κάλιο και 47% το φώσφορο, γεγονός που επέφερε μείωση της τάξης του 40% στην συνολική μείωση των λιπασμάτων ( Ravin et al., 1998). Για τα στοιχεία του ασβεστίου και μαγγανίου η εξοικονόμηση που προκύπτει είναι πολύ σημαντική καθώς τα συγκεκριμένα δύο στοιχεία πρέπει να βρίσκονται σε υψηλά επίπεδα, υψηλότερα από τις ανάγκες των φυτών ώστε να καταφέρουν τα φυτά να απορροφούν επαρκείς ποσότητες ( Sonneveld, 1981& 1995). Τα τελευταία χρόνια πολλές χώρες στηρίζουν τον συγκεκριμένο σύστημα καλλιέργειας όπως Ολλανδία όπου η εφαρμογή τους είναι υποχρεωτική από τον νόμο ( Vasn Os , 1999 Pardossi et al., 2006).

Το συγκεκριμένο σύστημα δεν είναι τόσο διαδεδομένο καθώς παρουσιάζει δυσκολία στην απολύμανση των απορροών για την επαναχρησιμοποίηση. Η διαδικασία της απολύμανσης είναι αρκετά σημαντική καθώς με αυτόν τον τρόπο μειώνετε η διάδοση παθογόνων μέσω του θρεπτικού διαλύματος όταν εμφανίζεται σημειακή προσβολή σε ορισμένα φυτά (Runia, 1995 ,van Os, 2001). Η συχνότερη μέθοδος απολύμανσης του θρεπτικού διαλύματος είναι η παστερίωση του με θέρμανση με σκοπό την θανάτωση των παθογόνων μικροοργανισμών. Στους 95 -97 °C για περίπου 10 sec θεωρούνται ιδανικές συνθήκες για την εξόντωση των TMV και του *Fusarium oxysporum* ( Runia et al., 1988). Άλλος τρόπος απολύμανσης του θρεπτικού διαλύματος είναι και η χρήση της υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) όπου στο φάσμα μεταξύ 200-315 nm παρουσιάζει μικροβιοκτόνο δράση. Συγκεκριμένα το μέγιστο της δραστηριότητας παρατηρείται περίπου 250-260 nm (Wohanka, 2002, Postma et al., 2008). Επίσης δυσκολία εμφανίζεται και στον τρόπο συμπλήρωσης με θρεπτικά στοιχεία του διαλύματος της απορροής. Καθώς η ανάμιξη νωπού θρεπτικού διαλύματος με το διάλυμα απορροής βασίζεται στις τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) και του κλάσματος απορροής. Τα δεδομένα αυτών των μετρήσεων μεταφέρονται στην κεφαλή της υδρολίπανσης η οποία είναι εφοδιασμένη με κατάλληλο λογισμικό. Έτσι προκύπτει η αναλογία ανάμειξης του νωπού θρεπτικού διαλύματος και του διαλύματος απορροής. Προκυμμένου το νέο διάλυμα τροφοδοσίας που παράγετε να ικανοποιεί τις ανάγκες των φυτών (Σάββας, 2011).

#### **1.4Χαρακτηριστικά υποστρωμάτων**

##### **1.4.1Πετρβάμβακας**

Ο πετρωβάμβακας δημιουργείται από ένα μείγμα από 60% διαβάση, 20% ασβεστόλιθο και 20% με άνθρακα με θερμική επεξεργασία. Είναι ένα ανόργανο ινώδες υλικό (Verwer,1976). Στους 1600 °C είναι η κατάλληλη θερμοκρασία για την θέρμανση του συγκεκριμένου μείγματος (Sonneveld,1989). Η κυριότερη χρήση του άνθρακα είναι αυτής της καύσιμης ύλης προκειμένου να επιτευχθεί η επιθυμητή υψηλή θερμοκρασία (Ravin et al.,2002). Το τελικό προϊόν έχει ολικό πορώδες 95-97%, όμως το ενεργό πορώδες του ανέρχεται σε 92% (Fonteno and Nelson,1990), ειδικό βάρος 0,04-0,10 g cm<sup>-3</sup>(Bougoul et al.,2005) το σχήμα μπορεί να μεταβάλλεται προκειμένου να επιτευχθεί ο σκοπός της χρήσης του (Hanger ,1982, Δρίμτζιας,1995). Λόγο της πολύ υψηλής θερμοκρασίας που απαιτείτε το τελικό προϊόν είναι απαλλαγμένο από παθογόνα (Σάββας,2011).

Στην γεωργική χρήση ως υπόστρωμα καλλιέργειας διατίθεται υπό την μορφή κύβων, ορθογώνιων πλακών και νιφάδων. Στα λαχανικά εΐθισται να χρησιμοποιούνται πλάκες διαστάσεων 7,5X15X100 cm (Smith,1987). Ενώ τις νιφάδες πετρωβάμβακας βρίσκουν ιδιαίτερη χρήση στην παρασκευή υποστρωμάτων (Ravin et al. , 2002). Τα συγκεκριμένα υποστρώματα περιέχουν σε ποσοστό 30% νιφάδες και χρησιμοποιούνται κυρίως για την παραγωγή των σποριόφυτων ή στην καλλιέργεια των γαστρικών φυτών (Hanger,1982).

Κατά την παραγωγή του πετρωβάμβακα οι λεπτές ίνες δημιουργούν μια τρισδιάστατη πλέξη η οποία αποτελείτε από πολυάριθμες κοιλότητες ακανόνιστου σχήματος. Σε αυτό το στάδιο ο πετρωβάμβακας είναι υδρόφοβος. Για να αντιμετωπιστεί το συγκεκριμένο πρόβλημα γίνεται χρήση ενός ειδικού προσκολλητικού στην ψυχόμενη λάβα κατά την διαδικασία παραγωγής του (Sonneveld, 1989). Εξαιτίας του ειδικού προσκολλητικού η επιφανειακή τάση ελαχιστοποιείται και η ικανότητα συγκράτησης του νερού ανέρχεται σε υψηλότερα επίπεδα (Blaabjerg,1983).

Στο εμπόριο υπάρχουν αρκετοί διαφορετικοί τύποι πετρωβάμβακα με χαμηλότερο ή υψηλότερο φαινόμενο ειδικό βάρος (Bougoul et al.,2005). Οι διαφορετικές τιμές του ειδικού βάρους έχουν σαν αποτέλεσμα να προκύπτουν διαφορετικού τύπου πετρωβάμβακα με την διαφορά κάποιοι να συγκρατούν περισσότερο νερό και άλλοι λιγότερο όπου συνεπάγετε με τον σχηματισμό πόρων μικρότερου μεγέθους (Bougoul and Boulard,2006). Υπάρχουν βέβαια και οι ανισότροπες πλάκες πετρωβάμβακα οι

οποίες στο άνω μέρος τους έχουν πιο πυκνή πλέξη ενώ στη βάση τους πιο αραιή (Bougoul et al.,2005).

Όταν το pH από το θεραπευτικό διάλυμα είναι μεταξύ 5,5-6,5 δεν υπάρχει κίνδυνος να διαλυθούν τα οξείδια που συμμετέχουν στην σύνθεση του πετροβάμβακα (Σάββας,2011). Ενώ η ηλεκτρική του αγωγιμότητα κυμαίνεται στα επίπεδα 0,05-0,1 ds m<sup>-1</sup> γεγονός που τον χαρακτηρίζει ως χημικά αδρανές υλικό ( Rijck and Schrevens 1998). Μια ελαφρά αλκαλική αντίδραση φαίνεται να εμφανίζει ο πετροβάμβακας στην πρώτη του διαβροχή (Smith,1987).

Σοβαρό μειονέκτημα του πετροβάμβακα είναι σε όσες χώρες δεν διαθέτουν εργοστάσια παραγωγής πετροβάμβακα όπως και στην Ελλάδα είναι το υψηλό κόστος μεταφοράς του εξαιτίας του μεγάλου του όγκου του σε σχέση με την αξία του (Σάββας,2011). Μια ακόμα δυσμενής συνέπεια από την χρήση του πετροβάμβακα είναι αυτή στο περιβάλλον με την συσσώρευση πλακών και κύβων αφού έχουν ολοκληρώσει τον κύκλο ζωής τους (Ravin et al.,2002). Αμφιλεγόμενη είναι και η ενσωμάτωση των υποστρωμάτων μέσα στο έδαφος καθώς ο άνεμος μπορεί να διαβρώσει τα συγκεκριμένα υπολείμματα και να διασπείρει πολύ μικρά σωματίδια ινών στον αέρα (Hanger,1982). Όμως οι ίνες από πετροβάμβακα είναι χονδρές σε σύγκριση με αυτές που προέρχονται από τον αμίαντο και τείνουν να θραύονται εγκάρσια, έτσι αποβάλλονται από τον ανθρώπινο οργανισμό επομένως δεν θεωρούνται επικίνδυνα για την ανθρώπινη υγεία (Smith 1987). Οι χώρες που παράγουν πετροβάμβακα εφαρμόζουν την πιο οικολογική μέθοδο αυτή της ανακύκλωσής (Σάββας,2011).

#### **1.4.2Περλίτης**

Ο περλίτης είναι ένα ηφαιστειακό, υαλώδες αργιλοπυριτικό πέτρωμα λευκού χρώματος, το οποίο αποτελείται από κρυσταλλικό νερό σε ποσοστό 2-6%. Στην χώρας μας υπάρχουν αρκετά μέρη με κοιτάσματα περλίτη ( Χαρίτος, 1989). Στους 1000 °C θερμαίνεται το πρωτογενές υλικό για μικρό χρονικό διάστημα (Olympios, 1992) . Σε αυτήν την υψηλή θερμοκρασία το νερό που περιέχεται εξαερώνεται και μαζί με τον αέρα προκαλούν μια αφρώδη μάζα και έτσι ο περλίτης διογκώνεται και αποκτά δεκαπλάσιο έως και εικοσαπλάσιο μέγεθος (Hanna,2005). Καθώς μειώνετε η θερμοκρασία του περλίτη και αποκτά αυτή του περιβάλλοντος οι χώροι στους οποίους υπήρχε αέρας μένουν κενοί, έτσι παίρνει την πορώδη υφή του (Σάββας,2011). Βέβαια ένα ποσοστό της τάξεως του 1% έως 10% του πορώδους παραμένει από κλειστούς



πόρους δίχως να συμμετέχουν στην συγκράτηση του νερού (Marfa' et. Al., 1993). Στους ανοιχτούς και μικρούς χώρους παραμένει το νερό στον διογκωμένο περλίτη καθώς στους μεγαλύτερους και με τα την διαβροχή του υποστρώματος παραμένει ο αέρας (Σάββας,2011).

Η χημική σύσταση της στερεής μάζας του περλίτη αποτελείτε το 76,1% διοξείδιο του πυριτίου, 13,8% οξείδιο του αργιλίου, 3,8% οξείδιο του νατρίου, 3.1% οξείδιο του καλίου και το υπόλοιπο ποσοστό από οξείδια του ασβεστίου, μαγγανίου, τιτανίου και ολικό θείο ( Χαρίτος,1989). Ως υπόστρωμα θεωρείται χημικά αδρανής λόγω της χημικής του και ορυκτολογικής του σύστασης και μετά από την διόγκωση του στους 1000 °C έχει ασήμαντη ανταλλακτική ικανότητα. Συγκεκριμένα η ΙΑΚ του ανέρχεται σε 15 meq kg<sup>-1</sup> (Morrison et al. 1960). Στον ελληνικό περλίτη η ΙΑΚ είναι 22-24 meq kg<sup>-1</sup> (Gizas et al. 2001).

Στις υδροπονικές καλλιέργειες ο περλίτης οποίος χρησιμοποιείται είναι κόκκοι με διάμετρο 0-2 mm, 1,5-3 mm ή παρεμφερών μεγεθών ( Raviv et al.,2002). Όσο πιο λεπτόκοκκοι τύποι περλίτη είναι τόσο πιο πολύ υγρασία συγκρατούν και για αυτόν τον λόγο προτείνονται για τις καλλιέργειες εκτός εδάφους (Marfa et al.,1993). Επόμενος το ιδανικό μέγεθος των κόκκων είναι 0-1,5 mm με φαινομενικό βάρος 0,06 g cm<sup>-3</sup> καθώς με αυτές τις τιμές συνδυάζετε υψηλό πορώδες με σχετικά υψηλή περιεκτικότητα σε εύκολα διαθέσιμο νερό και ο αερισμός να είναι επαρκές .

Ένα από τα πλεονεκτήματα του περλίτη ως υπόστρωμα στις καλλιέργειες εκτός εδάφους είναι ότι μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί με τα την πρώτη χρήση αφού πρώτα απολυμανθεί (Hanna, 2005). Πολύ σημαντική επίσης είναι η ικανότητα του περλίτη ως φυσικό προϊόν να αποκομιδείται ύστερα από την χρήση του στα θερμοκήπια, μια ιδιαίτερα φιλική προς το περιβάλλον λύση ( Raviv et al.,2002). Στα υδροπονικά θερμοκήπια ο περλίτης βρίσκεται συσκευασμένος σε κατάλληλους σάκους καλλιέργειας διαφορετικών μεγεθών, το πλαστικό που τους περικλείει είναι διπλή όψεως με μαύρο χρώμα εσωτερικά και λευκό γαλακτώδες εξωτερικά ( Szmids et al.,1988).

#### **1.4.1 Τύρφη**

Η τύρφη ανήκει στα φυσικά υλικά καθώς προέρχεται από την αποδόμηση της υδροχαρούς βλάστησης που φύεται σε ελώδεις περιοχές κυρίως αλλά και σε όσα

περιβάλλοντα επικρατεί ψυχρό και υγρό κλίμα (Bunt, 1988). Βρυόφυτα είναι κατά κύριο λόγο οι φυτικοί οργανισμοί από τους οποίους προέρχεται η τύρφη, είναι του γένους *Shagnum*, της οικογένειας *Hyranaceae* και της τάξης *Bryales*, όπως και βούρλα του γένους *Crex* (Amha et al.,2010).

Στους βαλτότοπους επικρατούν οι ιδανικές συνθήκες ώστε η αύξηση της βιομάζας να γίνεται με μεγάλους ρυθμούς, όμως το ίδιο δεν συμβαίνει και με τους ρυθμούς της αποδόμησης της φυτικής μάζας. Καθώς το ψυχρό κλίμα, τα χαμηλά ποσοστά του οξυγόνου, το pH να βρίσκετε σε χαμηλές τιμές αλλά και την απουσία θρεπτικών στοιχείων φέρει ως συνέπεια η μικροβιακή δραστηριότητα να είναι περιορισμένη ( Raviv et al. 2002).

Εξαιτίας των δομικών συστατικών των κυτταρικών τοιχωμάτων και πιο συγκεκριμένα της λύγινης και της σφαγνόλης η οργανική ουσία της τύρφης αποδημεί σε μικρό βαθμό, δημιουργώντας υφή ιώδη. Η σφαγνόλη είναι ένας πολυσακχαρίτης που βρίσκεται στα βρυόφυτα του γένους *Sphagnum* sp. Και έχει ιδιότητες και ρόλο παρόμοιο με αυτή της λιγνής (Given and Dickinson,1975).

## **1.5 Καλλιέργειες πειράματος**

### **1.5.1 Ντομάτα (*Solanum lycopersicum* L.)**

#### **1.5.1.1. Ιστορική αναδρομή και γενικά χαρακτηριστικά**

Η ντομάτα είναι ένα από τα πιο δημοφιλή λαχανικά παγκοσμίως ανήκει στο γένος *Lycopersicon*. Η παγκόσμια παραγωγή εκτιμάται σε 1,26 εκατομμύρια τόνους με την Κίνα και τις ΗΠΑ ως τους κορυφαίους παραγωγούς (FAOSTAT [www.faostat.org](http://www.faostat.org)). Ενώ στην χώρα μας σύμφωνα με την στατιστική υπηρεσία Υ.Α.Α.Τ. η συνολική έκταση ανέρχεται στα 153.000 στρ. και η απόδοση στους 786.000 τόνους. Οι ντομάτες είναι πλούσια πηγή φυτικών ινών, βιταμίνες Α, C, και λυκοπένιου όπου βοηθάει στην μείωση καρδιαγγειακών παθήσεων (Arab and Steck, 2000; Sesso et al., 2003) και ορισμένους τύπους καρκίνου (Giovannucci, 2002a, b; Giovannucci et al., 2002). Η καταγωγή της ντομάτας φαίνεται να ήταν από την Νότια Αμερική. Οι Ατζέκοι το 500 π.Χ. ήταν οι πρώτοι που το καλλιεργήσαν το συγκεκριμένο φυτό για το κίτρινο μικρό καρπό του καθώς οι πρώτες ντομάτες δεν είχαν το χαρακτηριστικό κόκκινο χρώμα αλλά κίτρινο. Λόγω του χρώματος τους αρχικά ονομάστηκαν <romo d' oro > δηλαδή το χρυσό μήλο ( Χα & Πετρόπουλος 2014). Στην Ευρώπη ήρθε στις αρχές του 16<sup>ου</sup> αιώνα

ως σπόρος στην Ισπανία. Η ντομάτα ανήκει στην οικογένεια Solanaceae, (Davies and Hobson, 1981) .

### **1.5.2.2 Μορφολογία**

Το φυτό της ντομάτας είναι ποώδες μονοετή φυτό, εκτός από τις περιοχές που φύτευται όπου είναι πολυετή. Ο κεντρικός βλαστός του έχει την ικανότητα να φτάσει έως και τα 10 μέτρα και δέχεται υποστύλωση. Πάνω στον βλαστό αναπτύσσονται τα φύλλα όπως και οι ταξιανθίες στις μασχάλες του φυτού. Τα φύλλα είναι σύνθετα και διατάσσονται ελικοειδώς πάνω στον βλαστό. Τα ανθοί είναι ερμαφρόδιτα συνήθως αυτογονιμοποιούμενα, τοποθετούνται σε ταξιανθίες των 4 έως 12 ανθών, είναι πενταμερή με κάλυκα πράσινο δερματώδη και στεφάνη κίτρινη . Ο καρπός είναι ράγα με 2 έως 25 καρπόφυλλα, έχει χονδρό περικάρπιο σε αντίθεση με την επιδερμίδα του που είναι λεπτή και κηρώδη εφυμενίδα. Το σχήμα των καρπών όπως και το μέγεθος τους εξαρτάται από τον αριθμό των χώρων, με στρόγγυλο σχήμα είναι όσοι καρποί έχουν δύο χώρους ενώ αυτοί με πολλούς χώρους καρποί να παίρνουν ακανόνιστα ή πεπλατυσμένα σχήματα. Η ριζά του φυτού είναι πασαλώδη όταν υπάρχει απευθείας σπορά ενώ όταν γίνεται μεταφύτευση η ρίζα είναι θυссανώδης ( Χα & Πετρόπουλος . 2014) .

### **1.5.1.3 Απαιτήσεις καλλιέργειας**

Η ντομάτα είναι ένα φυτό που έχει την ικανότητα να ευδοκιμήσει σε όλα τα γεωγραφικά μέρη του πλανήτη. Τα όρια της θερμοκρασίας για την ανάπτυξη του φυτού είναι από 2 °C έως 35 °C ενώ ως άριστες θερμοκρασίες ανάπτυξης είναι μεταξύ 21 °C και 25 °C την ημέρα ενώ το βράδυ 13 °C με 16 °C. Οι τιμές του pH να κυμαίνονται από 6-6,5 βέβαια και σε τιμές κοντά στο 7,5 αναπτύσσεται δίχως να υπάρχουν προβλήματα ( Χα & Πετρόπουλος 2014) .

### **1.5.2 Celery (*Apium graveolens*)**

#### **1.5.2.1 Ιστορική αναδρομή και γενικά χαρακτηριστικά**

Το σέλινο ανήκει στην οικογένεια Apiaceae (ή Umbelliferae). Το γένος *Apium* εξαπλώνεται παγκοσμίως, ιδιαίτερα στη λεκάνη της Μεσογείου, την Αυστραλία, τη Νέα Ζηλανδία, τη Νότια Αφρική και τη Νότια Αμερική. Μεταξύ των 30 ειδών στο συγκεκριμένο γένος, το *Apium graveolens* αποτελεί το μόνο καλλιεργούμενο είδος. Το είδος περιλαμβάνει τρεις διαφορετικές καλλιεργούμενες ποικιλίες, οι οποίες

καλλιεργούνται σε διάφορα μέρη του κόσμου, ανάλογα τους οικονομικούς σκοπούς. Σύμφωνα με τα βοτανικά μέρη του φυτού που καταναλώνονται ταξινομούνται παρακάτω:

1. *A. graveolens* var. *dulce*, κοινή ονομασία «σέλινο», τα φυτά του σέλινου αναπτύσσουν σαρκώδεις, συμπαγείς μίσχους και αρωματικά φύλλα που χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον ωμά ως σαλάτα.

2. *A. graveolens* var. *rapaceum*, γνωστό ως «celeriac» ή «root celery». Χαρακτηρίζεται από την ανάπτυξη του διευρυμένου υποκοτυλίου ή ριζικού ιστού. Τρώγεται κυρίως μαγειρεμένο σε στιφάδο και σούπες ή τριμμένο σε σαλάτα.

3. *A. graveolens* var. *secalinum*, κοινή ονομασία «smallage» ή «φυλλώδες σέλινο», τα φυτά έχουν φυλλώδη, λεπτούς και συχνά κοίλους μίσχους. Τα αρωματικά φύλλα του χρησιμοποιούνται ως γαρνιτούρα καρυκευμάτων και για ιατρικούς σκοπούς.

Εκτός από τις καλλιεργούμενες ποικιλίες, το είδος συναντιέται και με τον άγριο τύπο του *A. graveolens* var. *graveolens*. Η καλλιέργεια του σέλινου εκτείνεται νότια από την Σουηδία έως την Αλγερία, την Αίγυπτο και την Αβυσσινία, ενώ στην Ασία από τον Καύκασο (Bluchistan) μέχρι τα βουνά της Ινδίας. Το άγριο σέλινο μπορεί να συναντηθεί σε υγρές και ελώδεις περιοχές διαφόρων χωρών της Ευρώπης, της Αιγύπτου και σε περιοχές της Ασίας. Η Οδύσσεια του Όμηρου αναφέρει ότι σέλινο καλλιεργείται το 800 π.Χ., αλλά με την πρώιμη μορφή του, η οποία αργότερα ονομάστηκε smallage, η οποία ήταν φυλλώδης, με πικάντικη και πικρή γεύση και χρησιμοποιούταν αποκλειστικά ως φάρμακο. Το 1500 μ.Χ. το σέλινο χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά ως φαγητό και για φαρμακευτικούς λόγους (Rana M.K, 2016).

### **1.5.2.2 Μορφολογία**

Το σέλινο είναι ποώδες ετήσιο ή διετές φυτό, με το ύψος του να διακυμαίνεται από τα 60 έως τα 90 cm. Διαθέτει μικρής έκτασης ριζικό σύστημα και ένα διακλαδιζόμενο, χυμώδες στέλεχος, το οποίο έχει ραβδώσεις. Τα φύλλα είναι σύνθετα αποτελούμενα από 5 έως 7 φυλλάρια που έχουν ωοειδές και ημι-κυκλικό σχήμα. Τα άνθη είναι μικρά και λευκά, με 5 ωοειδή πέταλα (Fazal & Singla, 2012). Οι καρποί είναι σχιζοκάρπια αποτελούμενοι από δύο μονόσπερπα μεριστοκάρπια, διαμέτρου 1-2 mm (Rastogi et al., 1980-1984, Rastogi et al., 1990-1994).

### **1.5.2.3 Χρήσεις και απαιτήσεις καλλιέργειας**

Τα σαρκώδη , χονδρά στελέχη και τα φύλλα είναι ο κυριότερος λόγος καλλιέργειας του φυτού . Επίσης καταναλώνεται και η ρίζα του. Είναι ένα φυτό ιδιαίτερα δημοφιλή στην μαγειρική . Καταναλώνεται σε φέτες ωμό ακόμα και σε σούπες. Στην χώρα μας σύμφωνα με την Στατιστική υπηρεσία Υ.Α.Α.Τ. το 2018 καλλιεργήθηκαν 3.542 στρ. και οι συνολικές αποδόσεις ήταν γύρο στους 10.838 τόνους.

Είναι ένα φυτό με μεγάλα όρια ανοχής όσο αναφορά στην αλατόμητα , επίσης υψηλές είναι και οι ανάγκες του σε νερό . Το εύρος των θερμοκρασιών που ευδοκιμεί είναι από 16 °C έως 21 °C . Όσο αναφορά στο pH το σέλινο προτιμάει να κυμαίνεται γύρο στο 6-6,8 παρόλα αυτά και σε τιμές κοντά στο 7,5 δεν εμφανίζει προβλήματα. Οι αποδόσεις στο στρέμμα για τα φύλλα και τα στελέχη ανέρχονται στα 3.800 με 6.300 κιλά .(Πετρόπουλος .2016).

### ***1.6 Σκοπός εργασίας***

Σκοπός της εργασίας είναι η αξιολόγηση ενός συστήματος πολυκαλλιέργειας σε ένα υδροπονικό σύστημα και η μελέτη της διαχείρισης των απορροών μιας πρωτεύουσας καλλιέργειας για την άρδευση μιας δευτερεύουσας αλλά και η επίδραση διαφορετικού υποστρώματος στην δευτερεύουσα καλλιέργεια. Στόχος της εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης διαφορετικών στρατηγικών διαχείρισης των απορροών μιας καλλιέργειας τομάτας στην ανάπτυξη και παραγωγή μιας καλλιέργειας σέλινου. Για το λόγο αυτό στην δευτερεύουσα καλλιέργεια εφαρμόστηκαν διαφορετικά θρεπτικά διαλύματα με ποσοστό από την απορροή της πρωτογενούς καλλιέργειας.

## **2 . Υλικά και Μέθοδοι**

### **2.1 Εγκατάσταση και καλλιέργεια**

Το πείραμα έλαβε χώρα σε πειραματικό 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) . Το εμβαδόν της εγκαταστάσεις είναι 160 m<sup>2</sup> , ήταν εξοπλισμένο με ένα μονό συνεχές εξαερισμό και θερμαντήρα ανεμιστήρα. Το θερμοκήπιο ήταν μονό τοξωτό, με μονό άνοιγμα, προσανατολισμένο N-S και καλυμμένο από μία μεμβράνη πολυαιθυλενίου. Η θερμοκρασία του αέρα και η σχετική υγρασία ελέγχονταν αυτόματα χρησιμοποιώντας έναν υπολογιστή ελέγχου κλίματος (Argos Electronics, Αθήνα, Ελλάδα). Για τις ανάγκες του συγκεκριμένου πειράματος στήθηκε ένα προκαταρκτικό σύστημα καλλιέργειας καταρράκτη ώστε να ελεγχθεί η αποτελεσματικότητα της επαναχρησιμοποίησης του διαλύματος αποστράγγισης για μια δευτερεύον καλλιέργεια.

Το πείραμα διήρκησε περίπου δύο μήνες (58 ημέρες ) καθώς ξεκίνησε στις 1 Μαρτίου του 2018 με την μεταφύτευση των φυτών στο θερμοκήπιο και τελείωσε στις 24 Απριλίου 2018 με τη συγκομιδή των φυτών. Ως κύρια καλλιέργεια επιλέχθηκε η ντομάτα ένα λαχανικό ιδιαίτερα υψηλής εμπορικής αξίας, που πάνω στην συγκεκριμένη καλλιέργεια και τις ανάγκες της στήθηκε ένα κλειστό υδροπονικό σύστημα, του οποίου οι απορροές θα διοχετεύονταν σε μια δευτερεύουσα καλλιέργεια, αφού πρώτα γινόταν οι απαραίτητες τροποποιήσεις του διαλύματος απορροής. Όσο αναφορά για την δευτερεύουσα καλλιέργεια θα λειτουργούσε βάση του ανοιχτού συστήματος καλλιέργειας με τις απορροές της να διοχετεύονται στο περιβάλλον. Για την δευτερεύουσα καλλιέργεια το φυτό που χρησιμοποιήθηκε ήταν το σέλινο, φυτό με μικρό κύκλο παραγωγής. Τα φυτά της ντομάτας ήταν (*Solanum lycopersicum* cv. Elpida) και του σέλινου (*Apium Grubolens*). Τα σημεία ρύθμισης για το EC ήταν 2,0 dS m<sup>-1</sup> και το pH 5,7, ενώ το κλάσμα έκπλυσης για τη δόση άρδευσης ρυθμίστηκε στο 30%. Δύο σειρές καλλιεργειών αποτελούμενες από 13 σάκους (πλαστικές σακούλες με διαστάσεις 1 m σε μήκος και όγκο περίπου 40 L) γεμάτες με περλίτη, χρησιμοποιήθηκαν ως

υπόστρωμα για την κύρια καλλιέργεια. Σε κάθε σάκο τοποθετούταν δυο φυτά ντομάτας τα οποία στηρίχτηκαν στην κορυφή του θερμοκηπίου με την βοήθεια ενός σπάγκου και κατάλληλων (Εικόνα1) κλιπ. Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 52 φυτά ντομάτας για τον σκοπό του πειράματος. Για την δευτερεύουσα καλλιέργεια χρησιμοποιήθηκαν δυο διαφορετικά υποστρώματα. Από τα 108 φυτά σέλινο που χρησιμοποιήθηκαν για τις ανάγκες του πειράματος τα 54 αναπτύχθηκαν σε κύβους πετροβάμβακα ενώ τα υπόλοιπα 54 σε δοχεία με τύρφη. Η παροχή θρεπτικού διαλύματος πραγματοποιήθηκε μέσω αυτόματου συστήματος άρδευσης το οποίο βασίζονταν σε δίκτυο εύκαμπτων πλαστικών αγωγών, που καταλήγουν σε σταλάχτες στη ρίζα των φυτών. 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>.



Εικόνα 1 . Τομάτα σε υπόστρωμα περλίτη.

Για τις ανάγκες του πειράματος ο χώρος του θερμοκηπίου χωρίστηκε σε 8 σειρές κατά μήκος, δηλαδή οχτώ καλλιεργητικές γραμμές. Στις δυο ακριανές ( δηλαδή στην 1<sup>η</sup> και στην 8<sup>η</sup> ) τοποθετήθηκαν τα φυτά της κύριας καλλιέργειας ( οι ντομάτες) , ενώ στις υπόλοιπες 6 κεντρικές ήταν για τα φυτά της δευτερεύουσας καλλιέργειας ( το σέλινο). Στα φυτά της ντομάτας εφαρμόστηκε θρεπτικό διάλυμα, ρυθμισμένο σε EC 2.4 dSm<sup>-1</sup> και pH 5.6. Η συγκέντρωση των μικροστοιχείων στο διάλυμα ήταν: 7.5

mM K<sup>+</sup> ,4.7 mM Ca<sup>2+</sup> ,2.2 mM Mg<sup>2+</sup> ,1.2 mM NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ,4.1 mM SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ,12.3 mM NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ,1.5 mM H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> ,15 μM Fe ,10 μM Mn, 5 μM Zn, 0.8 μM Cu ,30 μM B, 0.5 μM Mo.

Όσο αναφορά για τις υπόλοιπες γραμμές εφαρμόστηκαν τρεις στρατηγικές θρέψεις. Πρώτη φρέσκο θρεπτικό διάλυμα (FS) ή πρότυπο διάλυμα που περιλαμβάνει τον μάρτυρα επεξεργασίας το θρεπτικό διάλυμα που εφαρμόστηκε ήταν το ίδιο με αυτό της κύριας καλλιέργειας. Οι σειρές μέσα στο θερμοκήπιο που είχαν την συγκεκριμένη μεταχείριση ήταν η 2<sup>η</sup> και η 7<sup>η</sup> . Η δεύτερη μεταχείριση ήταν με θρεπτικό διάλυμα που αποτελείτε με ανάμιξη του διαλύματος αποστράγγισης της πρωτογενούς καλλιέργειας και πρότυπου διαλύματος σε αναλογία 10/90 (10% D + FS) και πότιζε τις σειρές 3 και 4. Τέλος η τρίτη με θρεπτικό διάλυμα που λαμβάνεται με αραιώση διάλυμα αποστράγγισης της πρωτογενούς καλλιέργειας με νερό σε αναλογία 15/85 (15% D + W) στις σειρές 4 και 5. Οι θεραπείες γονιμοποίησης εφαρμόστηκαν την 1<sup>η</sup> ημέρα μετά τη μεταφύτευση των δευτερογενών καλλιεργειών και η πειραματική περίοδος διήρκεσε 58 ημέρες.

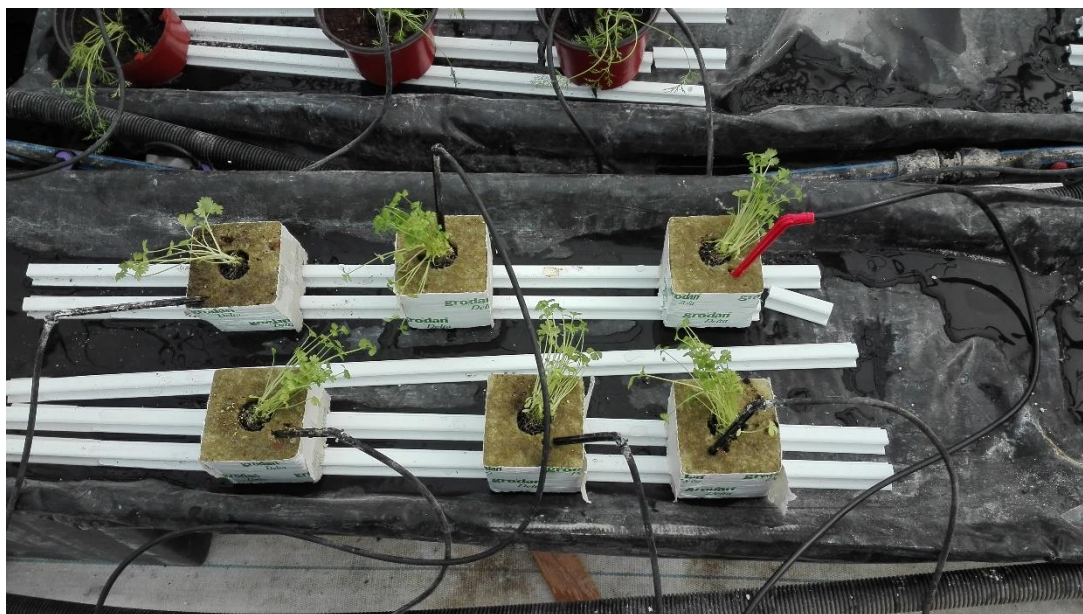
Οι τρεις μεταχειρίσεις εφαρμόστηκαν τόσο σε φυτά που είχαν υπόστρωμα τύρφη όσο και με υπόστρωμα περλίτη . Πιο συγκεκριμένα από τα 108 φυτά του σέλινου τα 54 είχαν υπόστρωμα τύρφη και 54 περλίτη , ενώ η κάθε μεταχείριση με θρεπτικό διάλυμα πότιζε 36 φυτά . Οι καλλιέργειες τοποθετήθηκαν βάση πλήρους τυχαιοποιημένου 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 του σέλινου

Φυτά σέλινου για το πείραμα	Θρεπτικό διάλυμα		
	Πρότυπο διάλυμα	10%απορροές 90%νερό	15%απορροές 85%νερό
Τύρφη	18	18	18
Περλίτης	18	18	18



Τόσο οι πρωτογενείς όσο και οι δευτερογενείς καλλιέργειες καλλιεργήθηκαν υπό φυσικές συνθήκες φωτός. Οι θεραπείες ξεκίνησαν όταν τα φυτά της πρωτογενούς καλλιέργειας είχαν περίπου 10 φύλλα το καθένα, ύψος 1 m περίπου και δείκτη φυλλικής επιφάνειας περίπου 0,8 (Εικόνα 2).



Εικόνα 2. Από το εσωτερικό του θερμοκηπίου

## 2.2 Στάδια εργασιών

Οι προετοιμασίες ξεκίνησαν στις 22 Φεβρουαρίου. Αρχικά καθαριστικό ο χώρος ώστε να είναι έτοιμος να δεχτεί τα φυτά. Για αυτόν τον λόγο τοποθετήθηκαν οκτώ παράλληλες σειρές μεταλλικών πάγκων κατά μήκος του θερμοκηπίου. Οι δύο μήκαν συνεχόμενα πλευρικά του θερμοκηπίου ( οι ακριανές σειρές 1 και 8) ώστε πάνω τους να φέρουν τα φυτά της ντομάτας. Οι υπόλοιπες 6 μεταλλικές σειρές τοποθετήθηκαν στο κέντρο του θερμοκηπίου, 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. Έπειτα τοποθετήθηκαν τα λάστιχα μαζί τους σταλάχτες και έγιναν δυο δοκιμές ώστε να ελεγχθεί εάν υπάρχει κάποιο πρόβλημα όσο αναφορά με την άρδευση. Όπου οι σταλάχτες ήταν χαλασμένοι ή από άλατα φραγμένοι αντικαταστάθηκαν. Επιπλέον πραγματοποιήθηκε άνοιγμα νέων παροχών καθώς και το φράξιμο παλαιών παροχών δηλαδή παροχές στις οποίες δεν θα είχαν κάποιο φυτό να ποτίσουν. Στην συνέχεια καθαρίστηκαν τα δοχεία που χρησιμοποιήθηκαν για να τοποθετηθεί η τύρφη.

Επόμενη εργασία ήταν αυτή της τοποθέτησης δοχείων τόσο στο τέλος κάθε πάγκου όσο και στο ενδιάμεσο για την συλλογή των απορροών. Έπειτα έγινε η τοποθέτηση λεπτών μικρών μεταλλικών ράβδων (Εικόνα 3) πάνω στους οποίους μπήκαν τα υποστρώματα, ώστε να μην υπάρχει ο κίνδυνος να βυθιστούν στις απορροές τους. Τα πρώτα υποστρώματα που τοποθετήθηκαν ήταν οι σάκοι με περλίτη (ISOCON Perloflor Hydro 1, ISOCONS.A., Athens, Greece) χρειάστηκαν 13 σάκοι σε κάθε σειρά και 26 συνολικά. Ο ένας δίπλα στον άλλον καλύπτοντας κατά μήκος όλο τον πάγκο. Το επόμενο υπόστρωμα ήταν ο πετροβάμβακας (Grodan plantop Delta 3'') κύβοι με διαστάσεις 0.75x0.75x0.65 mm. Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 54 κύβοι και τοποθετήθηκαν στις σειρές 2 έως 7. Τέλος ήταν η τύρφη οπού μέσα σε μικρά δοχεία τοποθετήθηκε και αυτή στις σειρές 2 έως 7. Τέλος στις 1 Μαρτίου ήρθαν και τα φυτά ώστε να γίνει η μεταφύτευση, με το τέλος της μεταφύτευσης έγινε μια τελική δοκιμή για τον εάν το σύστημα άρδευσης λειτουργεί σωστά.



Εικόνα 3. Διάταξη φυτών δευτερεύουσας καλλιέργειας.

### **2.3 Μεταχειρίσεις**

Σε όλη την πειραματική διαδικασία πραγματοποιήθηκαν καταστροφικές και μη επεμβάσεις. Η πρώτη μέτρηση έγινε την πρώτη μέρα που μεταφυτεύτηκαν τα φυτά στο θερμοκήπιο στις 1 Μάρτιου (DAT 1). Πιο συγκεκριμένα μετρήθηκε ο αριθμός των στελεχών της δευτερεύουσας καλλιέργειας. Η επόμενη μέτρηση έγινε μια βδομάδα αργότερα και σε σταθερά χρονικά διαστήματα (της μιας βδομάδας) γινόταν

όλες οι μετρήσεις. Σε εβδομαδιαία βάση πραγματοποιούνταν επίσης η μέτρηση του ύψους του διαλύματος απορροής εντός των συλλεκτών. Με σκοπό 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 DAT 26 και η δεύτερη έγινε DAT 58 .

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

Και στην πρώτη αλλά και στην δεύτερη καταστροφική επέμβαση οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν ήταν οι ίδιες. Ο αριθμός των στελεχών, η χλωροφύλλη και το νωπό, ξηρό βάρος. Ο σκοπός όμως των συγκεκριμένων επεμβάσεων ήταν, για να εκτιμηθεί η φρέσκια και ξηρή ύλη των καλλιεργειών. Σε κάθε ημερομηνία δειγματοληψίας, τρία φυτά ανά δευτερογενής καλλιέργεια, επανάληψη και επεξεργασίας. Τα φυτά κόπηκαν ζυγίστηκαν σε ηλεκτρονική ζυγαριά και τοποθετήθηκε σε σακουλάκια για την μεταφορά του στο Εργαστήριο των Γεωργικών Εγκαταστάσεων του Πανεπιστημίου προκυμμένου να ξηραθούν σε φούρνο αναγκαστικού αέρα για 72 ώρες στους 70 ° C. Επειδή υπήρχε ένας μόνο φούρνος και τα φυτά ήταν αρκετά χρειάστηκαν 4 ημέρες για την ολοκλήρωση της διαδικασίας. Μόλις βγήκαν τα αποξηραμένα πλέον φυτά από τον φούρνο ζυγίστηκε ξανά το βάρος σε ηλεκτρονική ζυγαριά και στην συνέχεια τοποθετήθηκαν σε χάρτινες σακούλες. Τα φυτά της κύριας καλλιέργειας δεν υπέστησαν καμία ενέργεια.

Ακόμα μετρήθηκε η περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη φυτικών φύλλων, χρησιμοποιώντας μη καταστρεπτική ανίχνευση μέσω ενός αισθητήρα Opti-Science που εκτελεί μετρήσεις σε επαφή με το φύλλο (CCM 200, Opti-Science, Hudson, NH, USA ). Συνολικά, ελήφθησαν 20 μετρήσεις σε νεαρά και πλήρως αναπτυγμένα φύλλα ανά φυτό δευτερεύουσας καλλιέργειας και επεξεργασία. Το CCM 200 m καταγράφει σχετικές μετρήσεις της περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη ευρετήριο (CCI).

#### ***2.5 Προσδιορισμός της ανάγκης του νερού για την καλλιέργεια του σέλινου***

Οι ανάγκες της δευτερεύουσας καλλιέργειας σε νερό ( $L\ m^{-2}$ ) εκφράστηκαν ως τον λόγο του γινόμενου του συνολικού όγκου απορρόφησης ( $L$ ) όλων των φυτών του σέλινου και του αριθμού των φυτών ανά τετραγωνικό μέτρο του θερμοκηπίου, προς τον αριθμό των φυτών ανά μεταχείριση. Ο όγκος του θρεπτικού διαλύματος

απορρόφησης των μεταχειρίσεων προέκυψε αφαιρώντας τον όγκο του διαλύματος που χρησιμοποιήθηκε για την άρδευση της καλλιέργειας, από τον συνολικό όγκο των απορροών της καλλιέργειας του άνηθου. Οι υπολογισμοί έγιναν ξεχωριστά για τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε τύρφη και αντίστοιχα σε πετροβάμβακα.

### ***2.6 Προσδιορισμός της αποδοτικότητας της χρήσης του νερού.***

Ο υπολογισμός της αποδοτικότητας της χρήσης νερού (Water Use Efficiency, WUE kg m<sup>-3</sup>) για την άρδευση της δευτερεύουσας καλλιέργειας, πραγματοποιήθηκε βάσει των μετρήσεων του νωπού και ξηρού βάρους της δεύτερης καταστροφικής και τις ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό. Συγκεκριμένα, το WUE ορίζεται ως ο λόγος του μέσου νωπού (WUFFM), αντίστοιχα και του ξηρού (WUFDM), βάρους των φυτών σέλινου (kg m<sup>-2</sup>) προς τις ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό (L m<sup>-2</sup>). Οι υπολογισμοί έγιναν ξεχωριστά για τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε τύρφη και αντίστοιχα σε πετροβάμβακα

### ***2.7 Στατιστική ανάλυση***

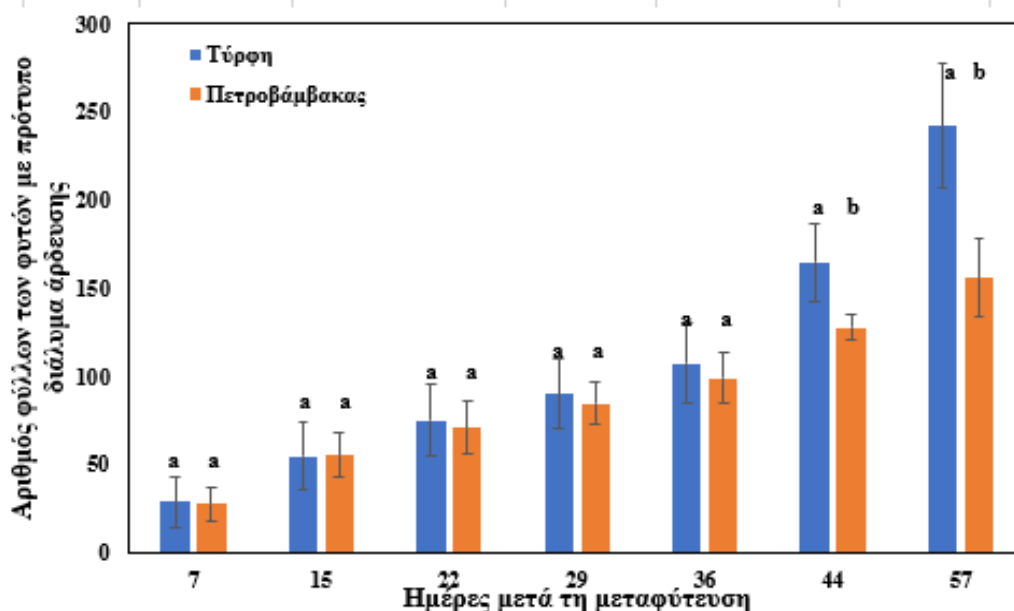
Η στατιστική ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων της έρευνας έγινε με τη χρήση του SPSS (Statistical Package for the Social Sciences, IBM, USA). Πιο συγκεκριμένα, επιλέχθηκαν οι μέθοδοι one-way ANOVA και Tukey για τη σύγκριση των μέσων τιμών των μετρήσεων του πειράματος σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%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

### 3 Αποτελέσματα

#### 3.1 Αριθμός φύλλων

##### 3.1.1 Αριθμός φύλλων των φυτών σε πρότυπο διάλυμα άρδευσης

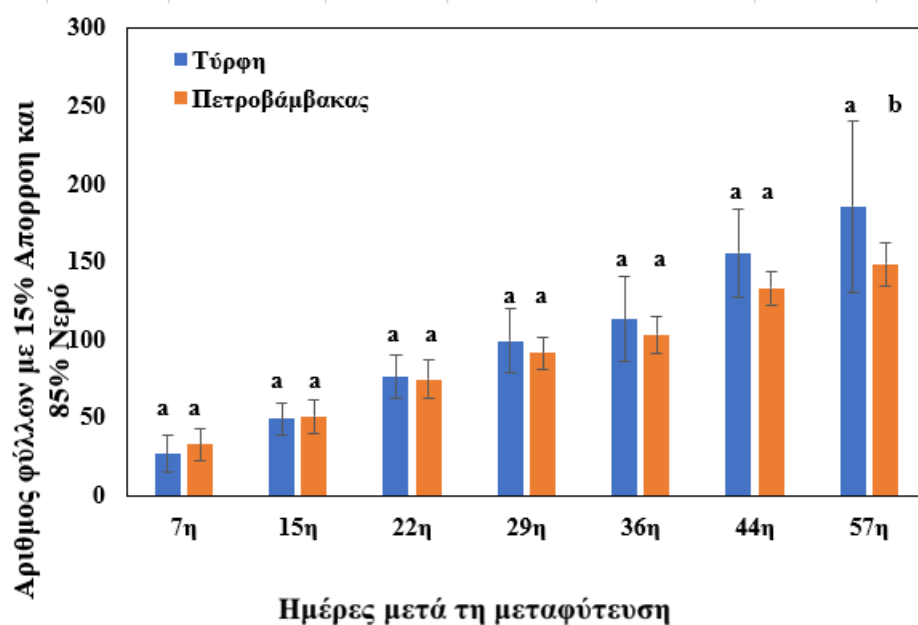
Στο Διάγραμμα 3.1 φαίνονται μεταβολή του μέσου όρου του αριθμού των φύλλων του σέλινου κατά την διάρκεια του πειράματος. Γενικά τα φυτά ξεκίνησαν με αριθμό φύλλων 20 περίπου και κατέληξαν κάποια να έχουν 250. Τα φυτά είχαν το ίδιο θρεπτικό διάλυμα αυτό του προτύπου και καλλιεργήθηκαν σε διαφορετικά υποστρώματα. Μέχρι την DAT 44 δεν παρουσιάζετε καμία στατιστική διαφορά από εκείνη την ημερομηνία και έπειτα, φαίνεται ότι τα φυτά που καλλιεργήθηκαν στην τύρφη είχαν καλύτερη ανάπτυξη.



Διάγραμμα 3.1 Διακύμανση αριθμού φύλλων στα φυτά της δευτερεύουσας καλλιέργειας που αρδεύτηκαν με πρότυπο διάλυμα. Τα διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $p < 0,05$ ) μεταξύ των μεταχειρίσεων.

### 3.1.2 Αριθμός φύλλων των φυτών με 15% απορροή και 85% νερό

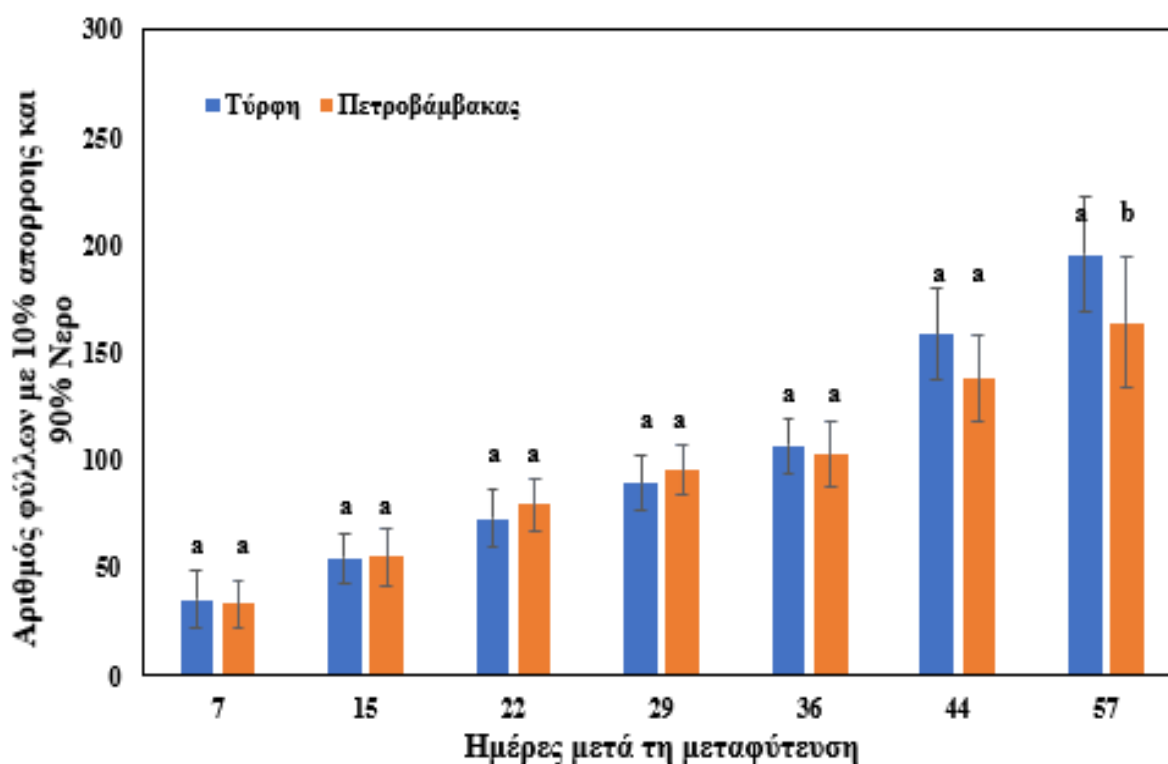
Στο Διάγραμμα 3.2 δείχνει τις τιμές από τα στελέχη της δευτερογενούς καλλιέργειας στα διαφορετικά υποστρώματα και έχοντας ως θρεπτικό διάλυμα 15% απορροή και 85% νερό. Την DAT 57 παρουσιάστηκε μια στατιστική διαφορά τα φυτά που καλλιεργήθηκαν πάνω σε τύρφη παρουσίασαν καλύτερα αποτελέσματα σε σύγκριση με τα φυτά που βρισκόταν σε πετροβάμβακα.



Διάγραμμα 3.2 Διακύμανση αριθμού φύλλων στα φυτά της δευτερεύουσας καλλιέργειας που αρδεύτηκαν με θρεπτικό διάλυμα 15% απορροή και 85% νερό. Τα διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $p < 0,05$ ) μεταξύ των μεταχειρίσεων.

### 3.1.3 Αριθμός φύλλων των φυτών με 10% απορροή και 90% νερό.

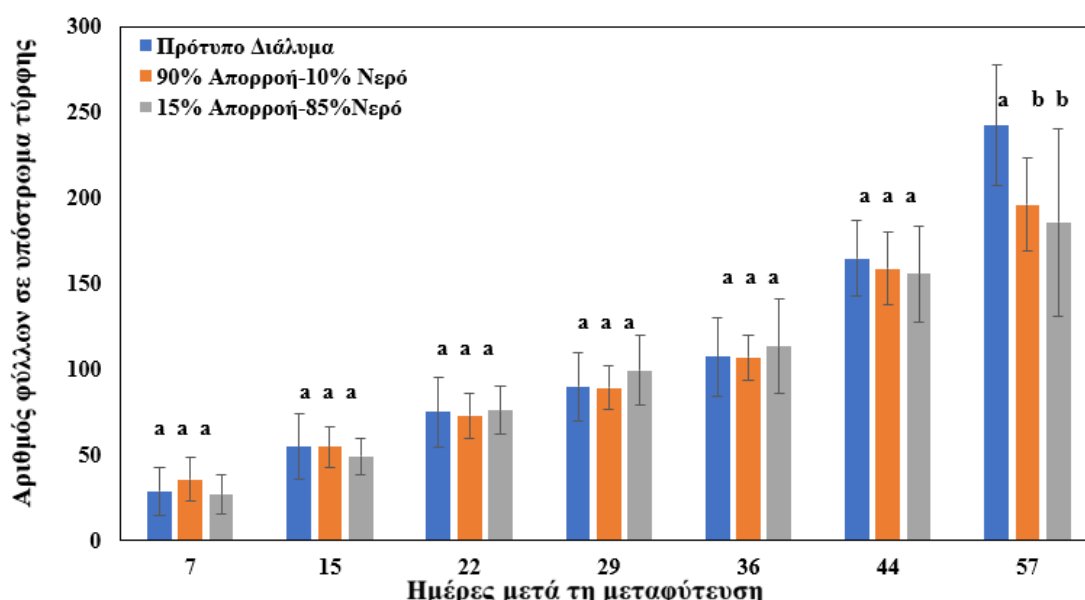
Στο Διάγραμμα 3.3 είναι τα φυτά που είχαν ως θρεπτικό διάλυμα 10% απορροή και 85 % νερό και καλλιεργήθηκαν σε διαφορετικά υποστρώματα .Μέχρι και την DAT 44 δεν παρατηρήθηκε καμία διαφορά ανάμεσα στις μεταχειρίσεις. Την DAT 57 όμως διακρίνεται μια στατιστική διαφορά, τα φυτά που είχαν ως υπόστρωμα την τύρφη φαίνεται να είχαν καλύτερη ανάπτυξη σε σύγκριση με τα φυτά που είχαν τον πετροβάμβακα. Στην DAT 7 τα φυτά είχαν γύρω στα 24 φύλλα, ενώ στην DAT 57 τα φυτά που καλλιεργήθηκαν στον πετροβάμβακα έφτασαν έως τα 160 φύλλα, σε αντίθεση με τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε τύρφη που ξεπέρασαν τα 200 φύλλα.



Διάγραμμα 3.3 Διακύμανση αριθμού φύλλων στα φυτά της δευτερεύουσας καλλιέργειας που αρδεύτηκαν με θρεπτικό διάλυμα 10% απορροή και 90 %νερό. Τα διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $p < 0,05$ ) μεταξύ των μεταχειρίσεων.

### 3.1.4 Αριθμός φύλλων των φυτών σε υπόστρωμα τύρφης

Στο Διάγραμμα 3.4 φαίνονται οι τιμές από τον αριθμό των στελεχών του σέλινου σε υπόστρωμα τύρφης, έχοντας όμως διαφορετικό θρεπτικό διάλυμα. Στην αρχή του πειράματος όλα τα φυτά είχαν γύρο στα 25 φύλλα. Μέχρι την DAT 44 δεν παρουσιάστηκε στατιστική διαφορά ανάμεσα στις μεταχειρίσεις. Στην DAT 57 στα φυτά που του χορηγήθηκε πρότυπο θρεπτικό διάλυμα εμφάνισαν καλύτερα αποτελέσματα σε σύγκριση με τις δύο άλλες μεταχειρίσεις. Δηλαδή τα φυτα με το πρότυπο διάλυμα είχαν γύρο στα 250 φύλλα. Ενώ στα φυτά που τους χορηγήθηκε θρεπτικό διάλυμα με 10% απορροή όπως και 15% απορροή ο αριθμός φύλλων τους δεν ξεπέρασε τα 180 φύλλα.

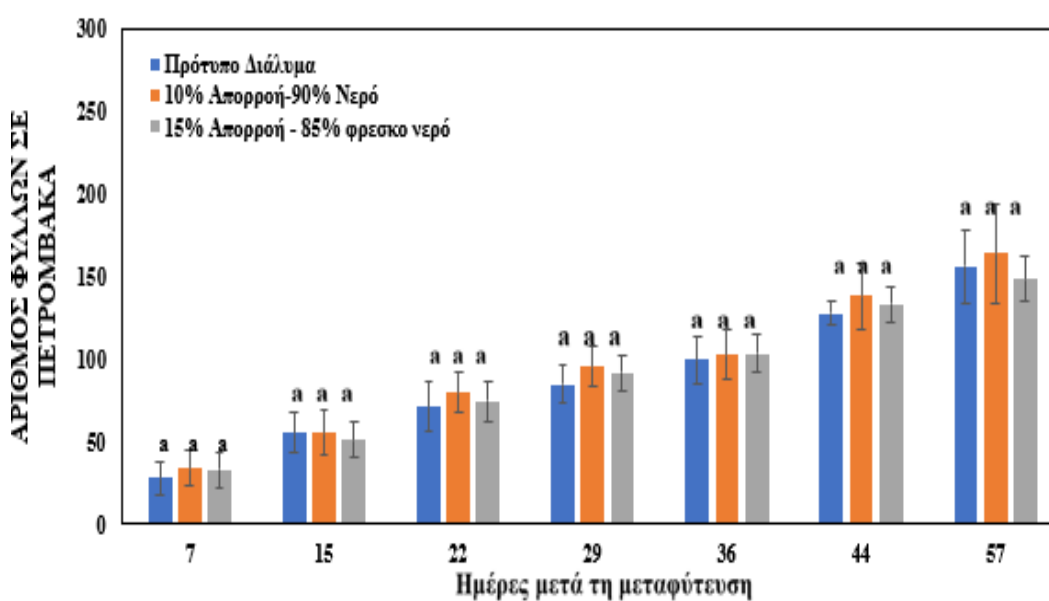


Διάγραμμα 3.4 Διακύμανση αριθμού φύλλων στα φυτά της δευτερεύουσας καλλιέργειας έχοντας ως υπόστρωμα την τύρφη. Τα διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $p < 0,05$ ) μεταξύ των μεταχειρίσεων.



### 3.1.5 Αριθμός φύλλων των φυτών σε υπόστρωμα πετροβάμβακα

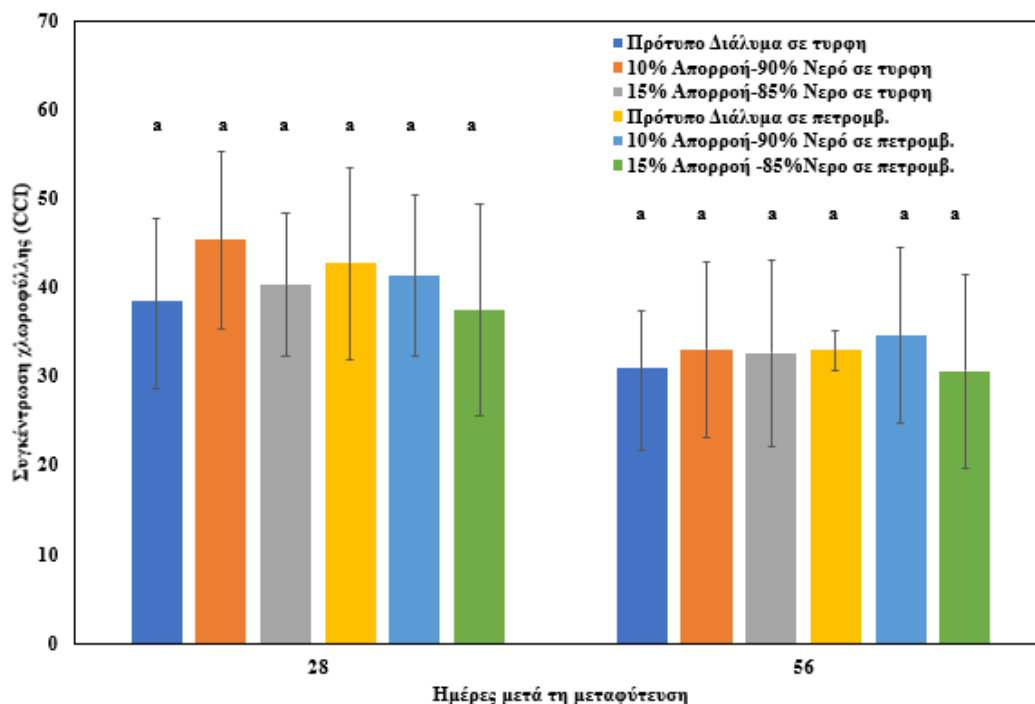
Στο Διάγραμμα 3.5 είναι οι τιμές των μέσων όρων των φύλλων του σέλινου σε υπόστρωμα περλίτη που τους χορηγήθηκε ξεχωριστό θρεπτικό διάλυμα. Στην DAT 7 όλα τα φυτά είχαν 25 φύλλα. Τα φυτά έφτασαν μέχρι τα 200 φύλλα στην DAT 57. Δεν παρουσιάστηκε καμία στατιστική διαφορά σε καμία από τις τρεις μεταχειρίσεις. Σε όλη την διάρκεια του πειράματος τα φυτά είχαν παρόμοια ανάπτυξη, δίχως να παρατηρηθεί κάτι.



Διάγραμμα 3.5 Διακύμανση αριθμού φύλλων στα φυτά της δευτερεύουσας καλλιέργειας έχοντας ως υπόστρωμα των πετροβάμβακα . Τα διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $p < 0,05$ ) μεταξύ των μεταχειρίσεων.

### 3.2 Χλωροφύλλη

Στο διάγραμμα 3.6 φαίνονται οι τιμές της χλωροφύλλης από τα φύλλα της δευτερεύουσας καλλιέργειας δηλαδή του σέλινου. Οι μετρήσεις αυτές λήφθηκαν κατά τις δυο συγκομιδές στην DAT 28 και DAT 57. Στην πρώτη συγκομιδή οι τιμές διακυμάνθηκαν από 38 έως 47 ccI. Ενώ στην δεύτερη συγκομιδή οι τιμές διακυμάνθηκαν από 35 έως 39 ccI. Δεν παρατηρήθηκε στατιστική διαφορά μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων.

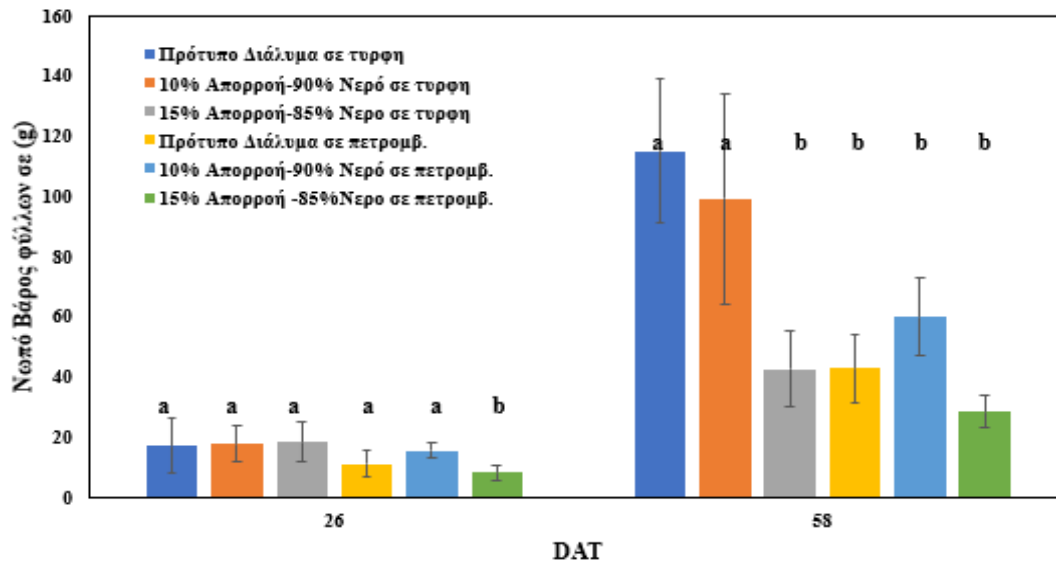


Διάγραμμα 3.6 Διακύμανση της συγκεντρώσεως της χλωροφύλλης σε (CCI) στα φύλλα του σέλινου στις δυο συγκομιδές. Τα διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $p < 0,05$ ) μεταξύ των μεταχειρίσεων.

### **3.3 Νωπό και Ξηρό βάρος της καλλιέργειας του σέλινου**

#### **3.3.1 Νωπό βάρος**

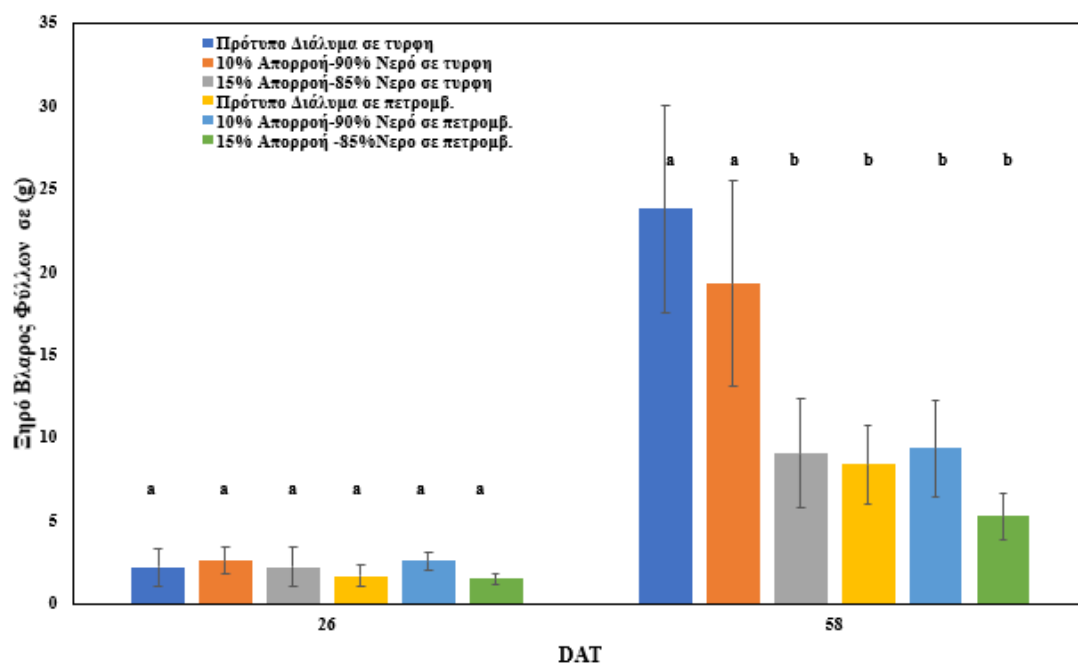
Στο διάγραμμα 3.7 φαίνονται οι τιμές του νωπό βάρους (g) της καλλιέργειας του σέλινου. Οι τιμές λήφθηκαν τις ημέρες των δύο συγκομιδών στην DAT 26 και DAT 58. Στην πρώτη συγκομιδή οι μεταχειρίσεις δεν εμφανίζουν καμία στατιστική διαφορά μεταξύ τους έκτος από τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε πετροβάμβακα με θρεπτικό διάλυμα 15% απορροή και 85% νερό. Πιο συγκεκριμένα τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης και τους χορηγήθηκε το πρότυπο διάλυμα, το διάλυμα με 10% απορροή και με 85% απορροή το βάρος δεν ξεπέρασε τα 20 g. Αντίστοιχη είναι και η εικόνα με τα φυτά που είχαν υπόστρωμα πετροβάμβακα και τους χορηγήθηκε το πρότυπο διάλυμα όπως και το διάλυμα με 10% απορροή. Ενώ τα φυτά που είχαν πετροβάμβακα και θρεπτικό διάλυμα 85% απορροή το νωπό βάρος τους δεν ξεπέρασε τα 10 g. Στην DAT58 οι μεταχειρίσεις που καλλιεργήθηκαν σε τύρφη και είχαν ως θρεπτικό διάλυμα το πρότυπο διάλυμα και 10% απορροή και 90% νερό είχαν τα καλύτερα αποτελέσματα με το βάρος των φυτών να ξεπερνάει τα 100 g. Υστέρα είναι η μεταχείριση που καλλιεργήθηκε σε πετροβάμβακα και με θρεπτικό διάλυμα το 10% απορροή και 90% νερό, η μεταχείριση που είχε θρεπτικό διάλυμα 15% απορροή και 85% νερό σε τύρφη καθώς και οι μεταχειρίσεις με υπόστρωμα σε πετροβάμβακα και θρεπτικά διαλύματα 15% απορροή και 85% νερό και πρότυπο διάλυμα φάνηκαν να είναι οι πιο αδύναμες με το βάρος των φυτών να μην ξεπερνάει τα 60 g.



Διάγραμμα 3.7 Διακύμανση του νεπού βάρους του σέλινου στις δύο συγκομιδές. συγκομιδές Τα διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $p < 0,05$ ) μεταξύ των μεταχειρίσεων.

### 3.3.2 Ξηρό βάρος

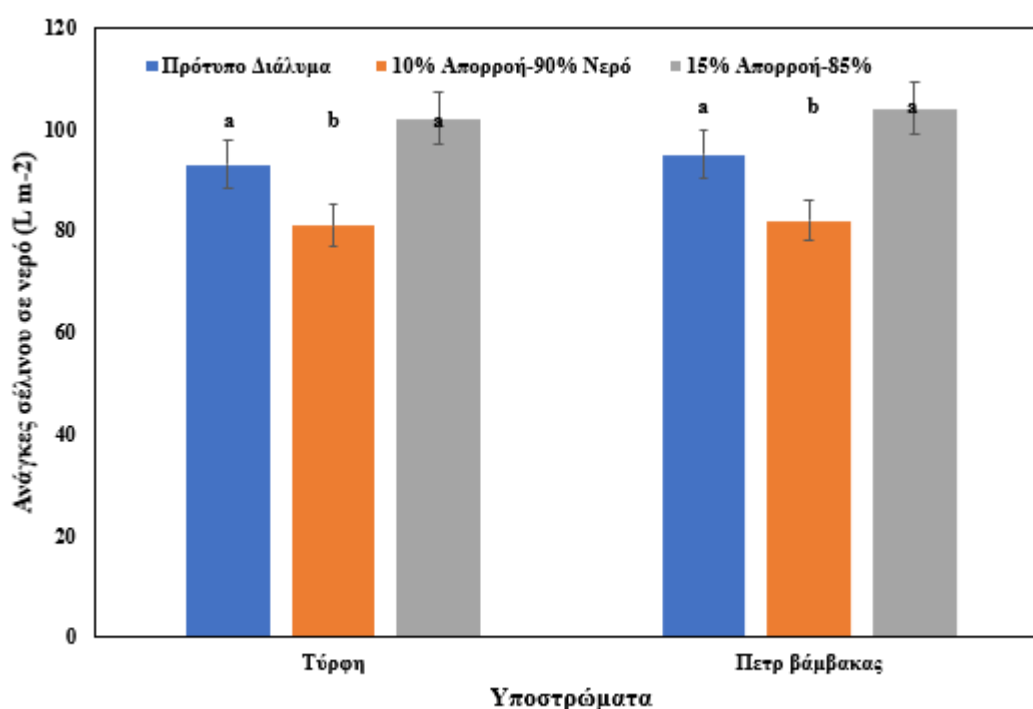
Στο Διάγραμμα 3.8 παρουσιάζονται οι τιμές του ξηρού βάρους (g) της καλλιέργειας του σέλινου. Οι μετρήσεις και εδώ έγιναν τις ημέρες τις συγκομιδής δηλαδή DAT 26 και DAT 58. Στην DAT 26 δεν παρατηρήθηκαν στατιστικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων. Το ξηρό βάρος των φυτών διακυμάνθηκε μεταξύ 2 με 3 g. Στην DAT 58 οι μεταχειρίσεις με υπόστρωμα από τύρφη και θρεπτικό διάλυμα το πρότυπο διάλυμα και 10% απορροή και 90% νερό εμφάνισαν τις πιο υψηλές τιμές του ξηρού βάρους και κυμαίνονται από 20 έως 25 g. Ενώ όλες οι υπόλοιπες μεταχειρίσεις δεν εμφάνισαν καμία διαφορά μεταξύ τους με τις τιμές των φυτών να κυμαίνονται μεταξύ των 6 με 9 g.



Διάγραμμα 3.8 Διακύμανση του ξηρού βάρους του σέλινου στις δύο συγκομιδές. Συγκομιδές. Τα διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $p < 0,05$ ) μεταξύ των μεταχειρίσεων.

### 3.4 Ανάγκη σε νερό του σέλινου

Στο Διάγραμμα 3.9 παρουσιάζονται οι ανάγκες των φυτών της εκάστοτε μεταχείρισης σε θρεπτικό διάλυμα στα δυο διαφορετικά υποστρώματα. Τα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε τύρφη και τους χορηγήθηκε θρεπτικό διάλυμα με 15% απορροές και 85% νερό παρουσίασαν τις μεγαλύτερες ανάγκες σε νερό 100 Lm<sup>-2</sup> νερό. Τα φυτά που τους χορηγήθηκε το πρότυπο διάλυμα κοντά στα 90 Lm<sup>-2</sup> νερό. Οι δυο συγκεκριμένες μεταχειρίσεις δεν εμφάνισαν στατιστικές διαφορές μεταξύ τους. Αντίθετος στα φυτά όπου τους χορηγήθηκε 10% απορροή και 90% νερό εμφάνισαν μειωμένη ανάγκη σε νερό η οποία ανέρχεται στα 80 Lm<sup>-2</sup>. Η ίδια εικόνα ίσχυε και στα φυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα πετροβάμβακα. Τα φυτά με θρεπτικό διάλυμα πρότυπο διάλυμα και 15% απορροές και 85% νερό εμφάνισαν καλύτερα αποτελέσματα σε σύγκριση με τα φυτά που τους χορηγήθηκε 10% απορροές και 90% νερό. Με τις τιμές απορρόφησης του νερού να συμπίπτουν.

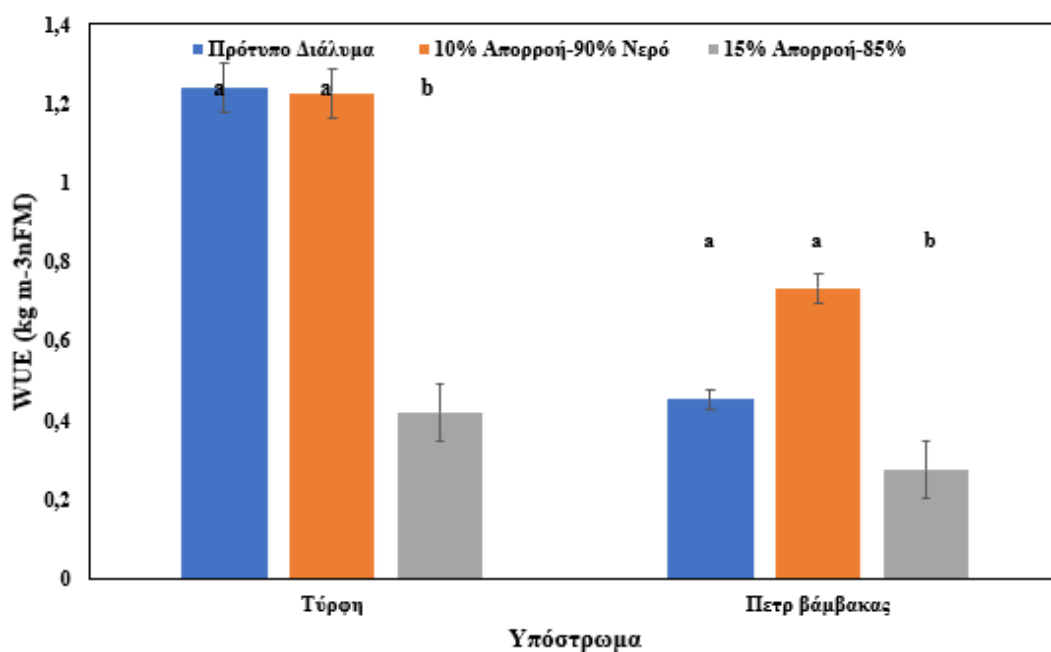


Διάγραμμα 3.9 Οι ανάγκες της δευτερεύουσας καλλιέργειας στα δύο διαφορετικά υποστρώματα. Τα διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $p < 0,05$ ) μεταξύ των μεταχειρίσεων.

### 3.5 Αποδοτικότητα χρήσης του νερού στην 2ης συγκομιδή

#### 3.5.1 Αποδοτικότητα χρήσης του νερού με βάση FM

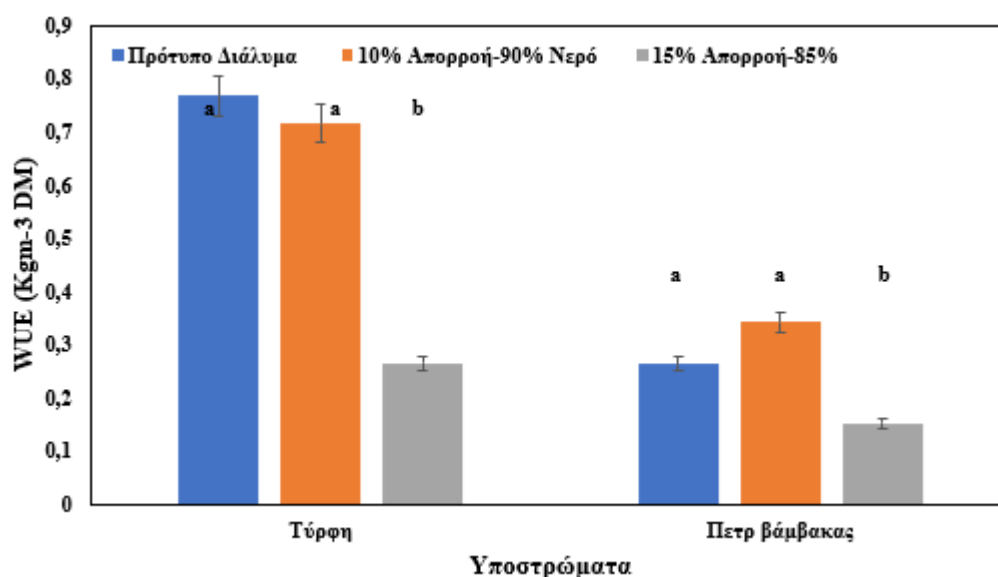
Στο Διάγραμμα 3.10 φαίνεται η αποδοτικότητα της χρήσης του νερού με βάση την FM στα δυο διαφορετικά υποστρώματα. Τα φυτά της δευτερεύουσας καλλιέργειας που αναπτύχθηκαν πάνω στην τύρφη και τους χορηγήθηκε ως θρεπτικό διάλυμα από το πρότυπο ή από το 10% απορροές και 90% νερού είχαν την καλύτερη αποδοτικότητα καθώς οι τιμές τους φτάσανε στο 1,2 Kg m<sup>-3</sup> FM. Τα φυτά που τους χορηγήθηκε 15% απορροές και 85% νερό οι τιμές τους φτάσανε στο 0,4 Kg m<sup>-3</sup> FM. Στα φυτά που ως υπόστρωμα είχαν τον πετροβάμβακα ως καλύτερη μεταχείριση ήταν αυτή με θρεπτικό διάλυμα 10% απορροές και 90% νερό μαζί με την μεταχείριση με το πρότυπο διάλυμα με τις τιμές τους να κυμαίνονται από το 0,4 έως το 0,7 Kg m<sup>-3</sup> FM. Ενώ η μεταχείριση με 15% απορροές και 85% νερό ακολουθεί.



Διάγραμμα 3.10 Η αποδοτικότητα της χρήσης του νερού με βάση την FM στα δυο διαφορετικά υποστρώματα. Τα διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $p < 0,05$ ) μεταξύ των μεταχειρίσεων.

### 3.5.2 Αποδοτικότητα χρήσης του νερού με βάση DM

Στο Διάγραμμα 3.11 δείχνει την αποδοτικότητα της χρήσης του νερού με βάση την DM στα δύο διαφορετικά υποστρώματα που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα. Τα φυτά που καλλιεργήθηκαν στην τύρφη και ως θρεπτικό διάλυμα είχαν το πρότυπο αλλά και το 10% απορροές και 90% νερό εμφάνισαν καλύτερη αποδοτικότητα χρήσης του νερού σε σύγκριση με τα φυτά που ως θρεπτικό διάλυμα είχαν το 15% απορροές και 85% νερό. Τέλος τα φυτά που αναπτύχθηκαν πάνω σε κύβους πετρομβάκα έδειξαν ότι οι μεταχειρίσεις με πρότυπο διάλυμα και 10% απορροές και 90% νερό είχαν καλύτερα αποτελέσματα με την μεταχείριση που της χορηγήθηκε 15% απορροές και 85% νερό.



Διάγραμμα 3.11 Η αποδοτικότητα της χρήσης του νερού με βάση την DM στα δυο διαφορετικά υποστρώματα. Τα διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $p < 0,05$ ) μεταξύ των μεταχειρίσεων.



#### 4.Συζήτηση

Αν τυχόν παρατηρηθούν οι δυο καλλιεργείς η πρωτογενή ( η καλλιέργεια της ντομάτας ) και την δευτερογενή ( η καλλιέργεια του σέλινου ) σε σχέση με το σύστημα διαχείρισης των απορροών θα χαρακτηριζόταν ανοιχτό καθώς το διάλυμα δεν επαναχρησιμοποιείται ξανά για την ίδια καλλιέργεια. Αν πάρουμε όμως τις δύο καλλιέργειες ως ένα σύστημα, τότε το σύστημα πολυκαλλιέργειας με σταλάκτη που στήθηκε χαρακτηρίζεται κλειστό. Επιπλέον υπάρχει και η δυνατότητα να προστεθεί και μια τρίτη καλλιέργεια. Έτσι, το συγκεκριμένο σύστημα πολυκαλλιέργειας με σταλάκτη, μπορεί να θεωρηθεί ότι έχει μεγαλύτερη αποδοτικότητα χρήσης λιπασμάτων, δεδομένου ότι κάνει πλήρη χρήση των απορροών που παράγεται από την πρωτογενή (και ενδεχομένως τη δευτερεύουσα) καλλιέργεια.

Γενικά η παρούσα εργασία έδειξε ότι τα φυτά αναπτύχθηκαν ικανοποιητικά ανεξάρτητος υποστρώματος. Δηλαδή τα φυτά του σέλινου που αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα τύρφης και πετρομβακα δεν εμφάνισαν διαφορές. Επόμενος και τα δυο υποστρώματα ενδείκνυνται για την καλλιέργεια του σέλινου. Επίσης δεν εμφανίστηκε και καμία διαφορά όσο αναφορά στις μεταχειρίσεις. Ο αριθμός των στελεχών αναπτύχθηκε εξίσου ικανοποιητικά. Συμπερασματικά, η χρήση απορροών ντομάτας βελτιωμένων με θρεπτικό διάλυμα θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την άρδευση του σέλινου.

Φυσικά η λειτουργία του συστήματος πολυκαλλιέργειας με σταλάκτη για να αποδώσει τα μέγιστα θα πρέπει να γίνει ο σωστός συνδυασμός καλλιεργειών αλλά και των διατάξεων. Οι δευτερεύουσες καλλιέργειές σε ένα τέτοιου τύπου συστήματος χρειάζεται να εμφανίζουν μεγάλη ανοχή και ανθεκτικότητα σε άλατα, καθώς στα στραγγισμένα θρεπτικά διαλύματα, η συσσώρευση τους είναι ιδιαίτερα μεγάλη. Βέβαια η ανοχή στην αλατότητα είναι μια πολύπλοκη αλληλεπίδραση καθώς καθορίζεται από τους κλιματικούς και γεννητικούς παράγοντες (Trejo-Télez, Gómez-Merino, F.C. 2012).

Επίσης οι διαφορετικές μεταχειρίσεις φάνηκε ότι δεν επηρέασαν το νωπό βάρος της καλλιέργειας αλλά ούτε και το ξηρό βάρος. Αντίθετος αυξήσαν τον νωπό βάρος της καλλιέργειας σε σύγκριση της καλλιέργειας του σέλινου σε έδαφος καθώς σύμφωνα με

την Στατιστική υπηρεσία Υ.Α.Α.Τ. 2018 στο 1 τ.μ. παράγονται 300 gr νωπού βάρους ενώ στο παρόν πείραμα το 1τ.μ. παράγει γύρο στα 380 g.

Υστέρα από πολυάριθμα πειράματα, μελέτες έδειξαν δημιουργία διαδοχικών αρδευτικών συστημάτων ( δηλαδή σύστημα πολυκαλλιέργειας με στααλάκτη )είχε ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση νερού και την απομάκρυνση των νιτρικών αλάτων γεγονός που μετατρέπει την συγκεκριμένη μέθοδο καλλιέργειας φιλική προς το περιβάλλον, αλλά και ιδανική επιλογή σε περιοχές άνυδρες και ημι-άνυδρες (García-Caparrós et al., 2018).

## 5. Συμπεράσματα

Ο περιορισμός των ρύπων στην παραγωγή της τροφής είναι ζωτικής σημασίας και ένα από τα προβλήματα που καλείται να αντιμετωπίζει ο συγχρόνως αλλά και ο μελλοντικός άνθρωπος. Η ανάπτυξη υδροπονικών συστημάτων πολυκαλλιέργειας αποτελεί μέρος της λύσης, τόσο με τον σχεδιασμό των καινούργιων θερμοκηπίων σε αυτό το μοντέλο αλλά και τον επανασχεδιασμό υπάρχων εγκαταστάσεων. Η τρέχουσα μελέτη έδειξε ότι οι συνδυασμοί καλλιέργειών που μελετήθηκαν αποδείχθηκαν αποτελεσματικοί στη μείωση των εισροών νερού και θρεπτικών συστατικών. Πιο συγκεκριμένα η δευτερογενή καλλιέργειες μπόρεσε να αρδεύεται με αποστράγγιση αραιωμένη με νερό ή αναμεμιγμένο με φρέσκο διάλυμα, μπόρεσε να μειώσει τη διάθεση N έως και 40% σε σύγκριση με το σύστημα μονοκαλλιέργειας. Έτσι, ο σχεδιασμός του συστήματος πολυκαλλιέργειας με σταλάκτες προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα τόσο για τους καλλιεργητές όσο και για το περιβάλλον.

## ***Βιβλιογραφία***

### ***Ελληνική Βιβλιογραφία***

Γενειατάκης,Γ.,2007. Βρωμιούχο μεθύλιο. Γεωργία – Κτηνοτροφία , 4/2007,σ.8-9.

Πετρόπουλος Σ.,2016.Αρωματικά φυτά με λαχανοκομική χρήση .Αθήνα, Εκδόσεις Εμβρυο σελ.231-241.

Σαββας , Δ.,2009. Πρόσφατες εξελίξεις και διαφαινόμενες τάσεις στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες κηπευτικών . 23<sup>ο</sup> . Συνέδριο της ελληνικής Εταιρίας Επιστήμης Οπωροκηπευτικών , Χανιά,23-26 Οκτωβρίου 2007, τόμος 13B, σ.741-748.

Σάββας Δ. ,2011 . Καλλιέργειές εκτός Εδάφους : Υδροπονία , Υποστρώματα . Αθήνα , Εκδόσεις ΑγροΤυπος, σελ,13.

Χα, Ι-Α., Πετρόπουλος, Σ., (2014). ‘Γενική Λαχανοκομία ’& Υπαίθρια Καλλιέργεια Λαχανικών’. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, 2014. ISBN: 978-960- 9439-24-4. Σ.σ.217-226.

Χαρίτος , Ν.Κ., 1989 . Υδροπονικές καλλιέργειες σε θερμοκήπιο . Γεωργική Τεχνολογία , Μάιος 1989.

### ***Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία***

Amha , Z., Bohne, H., Schmilewski, G., Picken, P., Reinikainen, O., 2010. Physical, chemical and botanical characteristics of peats used in the horticultural industry .Europ. J. Hort. Sci. 75, 177-183.

Arab, L., Steck, S., 2000. Lycopene and cardiovascular disease. Am. J. Clin. Nutr. 71, 1691–1695.

Batcherol , T.A.,2004. The impact of the Montreal Protocol and European Union controls on methyl bromide . In: Proceedings of 5<sup>th</sup> International Conference on Alternatives to Methyl Bromide. Lisbon, Portugal,27-30 Sept.2004,pp.21-25.

Blaabjerg, J., 1983. Physical and chemical compositions of the inactive growing medium GRODAN and its fields of application and extension. Acta Hort. 133, 53-57.

- Bougoul, S., Bouillard, T., 2006. Water dynamics in two rockwool slab growing substrates of contrasting densities. *Sci. Hort.* 107, 399-405.
- Bougoul, S., Ruy, S., de Groot, F., Bouillard, T., 2005. Hydraulic and physical properties of stonewool substrate in horticulture. *Sci. Hort.* 104, 391-405.
- Bunt, A.C., 1988. Media and mixes for container – grown plants. Unwin Hayman, London.
- Cooper, A.J., 1979 *The ABC of NFT*. Grower Books, London.
- Davies, J.N. and Hobson, G.E. (1981) The constituents of tomato fruit — the influence of environment, nutrition and genotype. *Critical Reviews of Food Science and Nutrition*, **15**, 205–280.
- García-Caparrós, P.; Chica, R.M.; Almansa, E.M.; Rull, A.; Rivas, L.A.; García-Buendía, A.; Barbero, F.J.; Lao, M.T. Comparisons of different lighting systems for horticultural seedling production aimed at energy saving. *Sustainability* 2018, **10**, 3351.
- Giovannucci, E., 2002a. Lycopene and prostate cancer risk. Methodological considerations in the epidemiologic literature. *Pure Appl. Chem.* 74, 1427–1434.
- Giovannucci, E., 2002b. A review of epidemiologic studies of tomatoes, lycopene, and prostate cancer. *Exp. Biol. Med.* 227, 852–859.
- Given, P.H., Dickinson, C.H., 1975. Biochemistry and microbiology of peats. In: Paul, E.A., McLaren, A.D. (Eds). *Soil Biochemistry*. Marcel Dekker Inc. NY, pp 123-212.
- Gizas, G., Savvas D., Mitsios, I., 2001. Availability of macrocations in perlite and pumice as influenced by the application of nutrient solutions having different cation concentration ratios. *Acta Hort.* 548, 277-284.
- Knop, W., 1859 Ein Vegetationsversuch. *Die Landwirtschaftlichen Versuchs-Stationen* 1, 181-202.
- Hanger, B., 1982. Rockwool in horticulture -A review. *Australian Hort.*, May 1982, 7-16.

Hanna, H.Y., 2005. Properly recycled perlite saves money, does not reduce greenhouse tomato yield and can be reused for many years . HortTechnology, 15, 342-345.

Jovicich, E., Cantliffe, D.J. and Stoffella, P.J. 2003. Spanish pepper trellis system and high plant density can increase fruit yield, fruit quality and reduce labour in a hydroponic, passive-ventilated greenhouse. Acta Horticulturae 614: 255-262.

Lieth, J.H., Oki, L.R., 2008. Irrigation in soilless production . In : Raviv, M., Lieth , H J. (eds). Soilless Culture :Theory and Practices. Elsevier, Amsterdam, pp. 117-156.

Manzocco, L., Foschia, M., Tomasi, N., Maifreni, M., Costa, L.D., Marino, M., Cortella, G. and Cesco, S. 2011. Influence of hydroponic and soil cultivation on quality and shelf life of ready-to-eat lamb's lettuce (*Valerianella locusta* L. Laterr). Journal of the Science Food and Agriculture 91(8): 1373-1380.

Marfa, O., Martinez, A., Orosco, R., Serrano, L., Martinez, F.X., 1993. The use of fine-grade perlites in lettuce bag cultures. II. Physical properties, rheologic effects and productivity. Acta Hort. 342, 339-347.

Morrison, T.M., McDonald, D.C., Sutton, J.A., 1960. Plant growth in expanded perlite. New Zealand J. Agric. Res. 3, 592-597.

M.K. Rana, 2016. Salad Crops: Stem-Type Crops. Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition), USA, pages. 684-688.

NISHA SHARMA , SOMEN ACHARYA, KAUSHAL KUMAR , NARENDRA SINGH<sup>4</sup> and O.P. CHAURASIA, 2018, Hydroponics as an advanced technique for vegetable production: An overview , Journal of Soil and Water Conservation 17(4): 364-371.

Olympios, C.M. 1992. Soilless media under protected cultivation : rockwool, peat, perlite and other substrates. Acta Hort. 323. 215-234.

Pardossi, A., Malorgio, F., Incrocci, L., Carmassi , G., Maggini, R., Massa, D., Tognoni, F., 2006. Simplified models for the water relations of soilless cultures : What they do or suggest for sustainable water use in intensive horticulture . Acta Hort. 718, 425-434.

Polycarpou, P., Neokleous, D., Chimonidou, D. and Papadopoulos, I. 2005. A closed system for soil less culture adapted to the Cyprus conditions. In: Hamdy A. (ed), F. El Gamal, A.N. Lamaddalen, C. Bogliotti, and R. Guelloubi. Non-conventional water use. Pp.237- 241.

Raviv, M., Wallach, R., Silber, A., Bar-Tal, A., 2002. Substrate and their analysis. In: D. Savvas and H.C. Passam (eds). Hydroponics Production of Vegetables and Ornamentals. Embryo Publications, Athens, Greece, pp. 25-101.

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. 73, 485-491.

Rastogi, Ram, Mehrotra, B. N. 1980-1984, Compendium of Indian Medicinal Plants, Vol. III, CDRI, Lucknow and Publications and Information Directorate, New Delhi. 575.

Rastogi, Ram., Mehrotra, B. N. 1990-1994, Compendium of Indian Medicinal plants. Vol. V, CDRI Lucknow and National Institute of science and communication. 757.

Resh, H.M. 2013. Hydroponic Food Production: a Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower. CRC Press, Boca Raton, FL.

Runia, W.Th., 1988. Elimination of plant pathogens in drainwater from soilless cultures. In: Proc. 7<sup>th</sup> Internat. Congr. Soilless Cultures, ISOSC, Wageningen, The Netherlands, pp. 429-443.

Runia, W.T., 1995. A review of possibilities for disinfection of recirculation water from soilless cultures. Acta Hort. 382, 221-229.

Savvas, D., 2002 Nutrient solution recycling. In: Savvas, D., Passam, H.C. (eds.). Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals. Embryo Publications, Athens, Greece, pp. 263-298.

Schroder, F.G., Lieth, H.J., 2002. Irrigation control in hydroponics. In: Savvas, D., Passam, H.C. (eds.). Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals. Embryo Publications, Athens, Greece, pp. 263-298.

- Sesso, H.D., Liu, S.M., Gaziano, J.M., Buring, J.E., 2003. Dietary lycopene, tomato-based food products and cardiovascular disease in women. *J. Nutr.* 133, 2336–2341.
- Smith, D.L., 1987. *Rockwool in Horticulture*. Grower Books. London.
- Sonneveld, C. 1989, Rockwool as a substrate in protected cultivation. *Chronica Hort.*, 29, 33-36.
- Sonneveld, C., 1995 Fertigation in the greenhouse industry. In: *Proceedings of the Dahlia Greidinger International Symposium on Fertigation*. Technion- Israel Institute of Technology, Haifa, Israel, 121-140.
- Sonneveld, C., 1981. Items for application of macro-elements in soilless cultures. *Acta Hort.* 126, 187-195.
- Szmidt, R.A.K., Hall, D.A., Htchon, G.M., 1988. Development of perlite culture cultures for the production of greenhouse tomatoes. *Acts Hort.* 221. 371-378.
- Trejo-Téllez, L.I.; Gómez-Merino, F.C. Nutrient solutions for hydroponic systems. In *Hydroponics-A Standard Methodology for Plant Biological Researches*; Asao, T., Ed.; InTech: Rijeka, Croatia, 2012; p. 12.
- Van Os. Design of sustainable hydroponic system in relation to environment-friendly disinfection methods. *Acta Hort.* 548, 197-205.
- Van Os, E.A., 1999. Closed soilless growing systems: A sustainable solution for Dutch greenhouse horticulture. *Water Sci. Technol.* 39, 105-112.
- Van Os, E.A., 1982. Dutch developments in soilless Culture. *Outlook on Agric.* 11, 165-171.
- Verwer, F.L.J.A.W., 1976. Growing horticultural crops in rockwool and nutrient film. *Proc. 4<sup>th</sup> Inten. Cong. Soilless Culture*. ISOSC, Wageningen, The Netherlands, pp. 107-119.
- Wohanka, W., 2002. Nutrient solution disinfection. In Savvas, D., Passam, H.C. (eds). *Hydroponics Production of Vegetables and Ornamentals*, Embryo Publication, Athens, Greece, pp. 345-372.



Food and Agricultural organization of the United Nations, 2020

<http://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/climatechange0/methyl-bromide/alt/hydro/en/>.

Υπουργείο αγροτικής ανάπτυξης και τροφίμων . Στατιστική υπηρεσία  
2018<http://www.minagric.gr/index.php/el/the-ministry-2/statistikes-tekmhrioshs/8510-statistika-ekt-parag-fytikonproionton>.