Σχολή Γεωπονικών Επιστημών

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΥΠΟΔΟΧΕΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΤΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΦΥΤΕΥΣΗΣ, ΤΟΥ ΤΡΟΠΟΥ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΦΩΤΟΠΕΡΙΟΔΟΥ ΣΤΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΑΣΚΟΛΥΜΠΡΟΥ (*Scolymus hispanicus* L.)

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΛΑΖΑΡΑΚΗΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ ΚΑΙ ΧΝΑΡΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

Ηράκλειο 2021

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΥΠΟΔΟΧΕΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΤΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΦΥΤΕΥΣΗΣ, ΤΟΥ ΤΡΟΠΟΥ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΦΩΤΟΠΕΡΙΟΔΟΥ ΣΤΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΑΣΚΟΛΥΜΠΡΟΥ (*Scolymus hispanicus* L.)

Αγγλικός τίτλος: «The effect of different substrates, plant density, fertigation and photoperiod, on the production of the consumable part of the native edible plant of Cretan flora *Scolymus hispanicus* L. Asteraceae in closed system soiless culture».

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Λαζαράκης Στέφανος, Χνάρης Ιωάννης

Επιβλέπουσα: Δρ Μαραγκάκη Αγγελική

Ηράκλειο 2021

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα Πτυχιακή Διατριβή εκπονήθηκε στο υαλόφρακτο μη θερμαινόμενο θερμοκήπιο του Αγροκτήματος του Ελληνικού Μεσογειακού Πανεπιστημίου την περίοδο από Φεβρουάριο-Μάιο του 2020 και έχει ως στόχο να διερευνήσει την επίδραση διαφόρων παραγόντων στην υδροπονική καλλιέργεια του ασκόλυμπρου.

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον ομότιμο καθηγητή μας Δρ. Παπαδημητρίου Μιχάλη και την εισηγήτρια του θέματος της πτυχιακής Δρ. Μαραγκάκη Αγγελική, για τις πολύτιμες καθοδηγήσεις τους καθ' όλη τη διάρκεια της περάτωσης της πτυχιακής εργασίας, την αμέριστη βοήθεια τους και τις πολύτιμες και καθοριστικές συμβουλές τους. Επίσης ευχαριστούμε θερμά τον καθηγητής Δρ. Παναγιώτη Νεκτάριο, την ΕΤΕΠ του Τμήματος Γεωπονίας κα Φανουράκη Μαρία και το υπόλοιπο διδακτικό προσωπικό του Εργαστηρίου Ανθοκομίας του Ελληνικού Μεσογειακού Πανεπιστημίου για την αμέριστη βοήθεια τους και τις πολύτιμες συμβουλές τους. Τέλος θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε όλους τους συμφοιτητές μας που εργάστηκαν μαζί μας στο πλαίσιο της της πρακτικής μας άσκησης στο υαλόφρακτο θερμοκήπιο του αγρόκτημα τους Ελληνικού Μεσογειακού Πανεπιστημίου, για την σημαντική βοήθεια τους κατά την πραγματοποίηση του πειραματικού μέρους της πτυχιακής μας εργασίας.

Δηλώνουμε υπεύθυνα ότι η διπλωματική εργασία είναι εξ' ολοκλήρου δικό μας έργο και κανένα μέρος της δεν είναι αντιγραμμένο από έντυπες ή ηλεκτρονικές πηγές, μετάφραση από ξενόγλωσσες πηγές και αναπαραγωγή από εργασίες άλλων ερευνητών ή φοιτητών. Όπου έχουμε βασιστεί σε βιβλιογραφικά ή ερευνητικά στοιχεία άλλων, έχουμε προσπαθήσει να τα χρησιμοποιήσουμε μέσα από την καλή χρήση αναφορών ακολουθώντας την ακαδημαϊκή δεοντολογία και την αποφυγή λογοκλοπής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η καλλιέργεια λαχανευόμενων αυτοφυών χόρτων και βοτάνων είναι μια νέα και ενδιαφέρουσα από οικονομικής άποψης δραστηριότητα. Ο ασκόλυμπρος (*Scolymus hispanicus*) είναι ένα αυτοφυές στην Ελλάδα περιζήτητο λαχανευόμενο χόρτο για τον οποίο υπάρχουν ελάχιστα δημοσιευμένα στοιχεία. Από την αρχαιότητα ο ασκόλυμπρος χρησιμοποιήθηκε ως εδώδιμο λαχανικό (τρώγονταν οι ρίζες, τα φύλλα και οι τρυφεροί βλαστοί του). Η ρίζα του χρησιμοποιείτο ως φάρμακο για διάφορες παθήσεις (διουρητική δράση, γαστρεντερικά προβλήματα, δερματοπάθειες, νεφρολιθιάσεις και αρθρίτιδες).

Σκοπός της διατριβής ήταν η διερεύνηση ορισμένων παραγόντων περιβάλλοντος και καλλιεργητικών χειρισμών που προάγουν και βελτιώνουν τα ποσοτικά χαρακτηριστικά του εδώδιμου μέρους υδροπονικής καλλιέργειας του ασκόλυμπρου και συγκεκριμένα μελετήθηκε η επίδραση των υδροπονικών υποστρωμάτων Περλίτη 100%, Περλίτη/Κόκκου 3:1, Περλίτη/Κόκκου 1:3 και Κόκου100% σε γλάστρα ή πλαστικό σάκο, η επίδραση της πυκνότητας φύτευσης σε γλάστρα, του τρόπου υδρολίπανσης και της φωτοπεριόδου.

Για όλες τις παραπάνω επεμβάσεις χρησιμοποιήθηκαν σπορόφυτα ηλικίας 2 μηνών που παράχθηκαν στο θερμοκήπιο του Εργαστηρίου Ανθοκομίας από σπόρους αυτοφυών φυτών ασκόλυμπρου της περιοχής Αγκαράθου Ηρακλείου. Κατά τη διάρκεια του πειραματισμού έγινε μέτρηση της πυκνότητα χλωροφύλλης (μέτρηση SPAD), του αριθμού, μήκους και νωπού βάρους των φύλλων και του βάρους της παραγόμενης κονδυλόριζας.

Τα αποτελέσματα των πειραμάτων έδειξαν ότι:

α) σχετικά με τα υποστρώματα και τους υποδοχείς ό αριθμός και το νωπό βάρος των φύλλων της ροζέτας των φυτών και των ριζοκόνδυλων ήταν μεγαλύτερος στον αμιγή περλίτη και κόκκο στις γλάστρες χωρίς σημαντική διαφορά στο μέγεθος τους και στην συγκέντρωση (=πυκνότητα) της χλωροφύλλης των φύλλων τους, ενώ δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές των παραπάνω παραμέτρων στους σάκους. Επίσης δεν υπήρξε σημαντική διαφορά στο βάρος των ριζοκόνδυλων των δύο υποδοχέων. Τα υποστρώματα στο σάκο συγκρατούσαν περισσότερη υγρασία από τα αντίστοιχα στη γλάστρα, επίσης η συγκράτηση υγρασίας ήταν μεγαλύτερη στα υποστρώματα που περιείχαν μεγαλύτερο ποσοστό κόκκου και τέλος η υγρασία στα 5cm από την

κορυφή των υποστρωμάτων ήταν μικρότερη κατά 40-50% στις γλάστρες και 20-30% στους σάκους από ότι κοντά στη βάση τους.

β) Η πυκνότητα φύτευσης επηρέασε τον αριθμό κυρίως και το βάρος των φύλλων και των ριζοκόνδυλων με αποτέλεσμα να υπάρχει μια γραμμική αύξηση των παραπάνω μεγεθών ανά γλάστρα όσο μεγαλύτερη ήταν η πυκνότητα, αλλά με μείωση των παραπάνω μεγεθών σε επίπεδο φυτού ανά γλάστρα.

γ) Η μεγάλη φωτοπερίοδος επιτάχυνε την άνθηση των φυτών, η μικρή φωτοπερίοδος απαγόρευσε την άνθιση αλλά τα καλύτερα αποτελέσματα στο βάρος της εδώδιμης βιομάζας φύλλων και ριζοκόνδυλων έδωσε η φυσική φωτοπερίοδος της εποχής καλλιέργειας 12-14 ωρών (Μάρτιο -Μάιο) ακολουθούμενη από την μεγάλη μέρα και

δ) Η άρδευση-υδρολίπανση στάγδην με μικροσωλήνες από την επιφάνεια του υποστρώματος βελτίωσε σημαντικά κυρίως το βάρος των παραγόμενων ριζοκόνδυλων σε σχέση με την άρδευση-υδρολίπανση με τριχοειδή αναρρόφηση του θρεπτικού διαλύματος από την βάση των γλαστρών.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ 3

ΠΕΡΙΛΗΨΗ 4

1.**ΕΙΣΑΓΩΓΗ** 7

1.1 Φυτογεωγραφία, χρήσεις και διατροφική αξία του ασκόλυμπρου 7

1.2 Μορφολογία και βοτανικά χαρακτηριστικά του ασκόλυμπρου 10

1.3 Πολλαπλασιασμός του ασκόλυμπρου 11

2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι. Ιστορικά και Τεχνικά Στοιχεία Υδροπονίας 12

2.1 Ιστορία της Υδροπονίας 12

2.2 Συστήματα υδροπονικών καλλιεργειών 14

2.2.1 Ανοιχτά συστήματα υδροπονίας 16

2.2.2 Κλειστά συστήματα υδροπονίας 16

2.3 Υποστρώματα υδροπονικών καλλιεργειών 18

2.3.1 Φυσικές και χημικές ιδιότητες υποστρωμάτων 19

2.3.2 Ανόργανα υποστρώματα 21

2.3.3 Οργανικά υποστρώματα 28

2.4 Υποδοχείς υποστρωμάτων 34

2.5 Θρεπτικά διαλύματα υδροπονίας 36

2.6 Τρόποι άρδευσης υδροπονικών καλλιεργειών 39

3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙ: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ 45

3.1 Εισαγωγή 45

3.2 Υλικά και μέθοδοι 46

3.3 Αποτελέσματα 54

3.3.1 Επίδραση των υποστρωμάτων και υποδοχέων υδροπονικής καλλιέργειας ασκόλυμπρου 54

3.3.2 Επίδραση της πυκνότητας φύτευσης του ασκόλυμπρου σε καλλιέργεια εκτός εδάφους σε γλάστρες 10 λίτρων 65

3.3.3 Επίδραση της φωτοπεριόδου στην άνθηση του ασκόλυμπρου και στην επίδραση της στην παραγωγή 70

3.3.4 Επίδραση της μεθόδου άρδευση-υδρολίπανσης του ασκόλυμπρου σε καλλιέργεια εκτός εδάφους σε γλάστρες 10 λίτρων σε 4 υποστρώματα 78

***3.4* Συζήτηση- Συμπεράσματα** 85

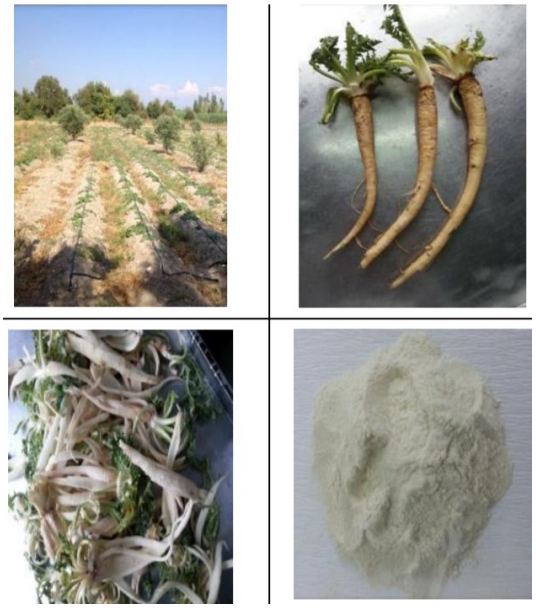
4. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 88

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Φυτογεωγραφία, χρήσεις και διατροφική αξία του ασκόλυμπρου

Ο ασκόλυμπρος προέρχεται από τις περιοχές της Μεσογείου (βόρια Αφρική, νότια Ευρώπη), ενώ έχει διαδοθεί, καλλιεργείται και χρησιμοποιείται στην Ελλάδα, στην Γαλλία (Couplan, 1989), στην Πορτογαλία (Barão & Soveral, 2004), στην Ιταλία (Picchi & Pieroni, 2005) και στην Τουρκία (Ertug, 2004). Στην Ιταλία αναπτύσσεται σε υψόμετρο ως 800 m. κυρίως σε ξηρά, αμμώδη και ακαλλιέργητα εδάφη ή κατά μήκος της άκρης των δρόμων (Gaetano, 2009). Αποτελεί αξιοσημείωτο στοιχείο της μεσογειακής διατροφής που τον καθιστούν άξιο για κατάταξη σε βάσεις δεδομένων θρεπτικών στοιχείων για τις πρωτεΐνες, τα λιπίδια, τους υδατάνθρακες, τις φυτικές ίνες και τα μέταλλα που περιέχει (García-Herrera, et al., 2014).

Από τον ασκόλυμπρο έχει ληφθεί αλεύρι μετά την αποξήρανση και κονιορτοποίηση των ριζών του. Αυτό το αλεύρι είναι πλούσιο σε φυτικές ίνες, φαινολικά και αντιοξειδωτικά. Το παραγόμενο αλεύρι μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην αρτοποιία και ζαχαροπλαστική και στην παραγωγή προϊόντων με χαμηλά λιπαρά αλλά υψηλή περιεκτικότητα σε φυτικές ίνες. Επιπλέον, μπορεί να προστεθεί σε άλλα προϊόντα για να βελτιώσει τις θρεπτικές και λειτουργικές ιδιότητες τους (Altiner & Sahan, 2016).



***Εικόνα 11**: Αλεύρι που έχει παραχθεί από τις κοδνυλόριζες του ασκόλυμπρου (Altiner & Sahan, 2016).*

Η αξιοποίηση των φαρμακευτικών ιδιοτήτων του ασκόλυμπρου ξεκινάει ήδη από το 1930 στην Τουρκία. Εκεί χρησιμοποιήθηκε το εκχύλισμα των ριζών του Scolymus hispanicus σε ένα φαρμακευτικό σκεύασμα με το όνομα Lityazol Cemil για την καταπολέμηση των πετρών στα νεφρά. Πολύ πριν την ανακάλυψη του σκευάσματος, αυτό το εκχύλισμα χρησιμοποιούνταν στην λαϊκή ιατρική για τον ίδιο λόγο (Başer, 1993). Η δράση του ασκόλυμπρου κατά των πετρών στα νεφρά οφείλεται στην οξική ταραξαστερόλη (taraxasterol acetate), ένα τριτερπενοειδές που βρέθηκε στον ασκόλυμπρο και χρησιμοποιήθηκε στο Lityazol Cemil από τους Τούρκους για πάνω από 60 χρόνια (Tunalier, et al., 2006). Στην κονδυλόριζα του ασκόλυμπρου έχει βρεθεί ταραξαστερόλη και οξική ταραξαστερόλη, που όπως ειπώθηκε είναι τριτερπενοειδή και συνεπώς σχετίζονται με την ανακοπή του κυτταρικού κύκλου των καρκινικών κυττάρων. Παρόμοια δράση έχουν και οι πολυφαινόλες, που ο ασκόλυμπρος περιέχει σε πληθώρα, οπότε στον ασκόλυμπρο προστίθενται και αντικαρκινικές ιδιότητες (Sari & Tutar, 2010).

Η δράση του ασκόλυμπρου έχει συνδεθεί και με άλλες ιδιότητες όπως διουρητικό και χωνευτικό (Polo, et al., 2009), αλλά και με φαρμακευτικές ιδιότητες όπως αντισπασμωδικό, σπασμογόνο (Kirimer, et al., 1997) και αντιοξειδωτικό (Morales, et al., 2014). Εκτός τον άλλων λειτουργεί και ως παυσίπονο για πόνους στο στομάχι και γενικά ανωμαλίες στην λειτουργία του πεπτικού συστήματος (Morales, et al., 2014). Έρευνες έχουν δείξει ότι οι αντιοξειδωτικές ιδιότητες του ασκόλυμπρου εντοπίζονται κυρίως στα άνθη (Marmouzia, et al., 2017), ενώ σε παλαιότερες έρευνες είχαν βρεθεί στους μίσχους (Pieroni, et al., 2002) και τα φύλλα (Morales, et al., 2014). Επιπλέον, εντοπίστηκαν και αντιδιαβητικές ιδιότητες, καθώς ο ασκόλυμπρος διαθέτει την ικανότητα να δρα κατά συγκεκριμένων ενζύμων που διεγείρουν την υπεργλυκαιμία. Όσον αφορά την διουρητική του δράση, ο ασκόλυμπρος οδηγεί σε αυξημένη διούρηση κατά 54,27 % λόγω ιδιοτήτων που υπάρχουν στα φύλλα, κατά 46,05 % λόγω ιδιοτήτων στα στελέχη και κατά 75,65 % λόγω ιδιοτήτων στα άνθη. Εκτός των άλλων ο ασκόλυμπρος έχει και αντιμικροβιακές ιδιότητες. Συγκεκριμένα, εκχύλισμα από τα άνθη του αντιμετώπισε αποτελεσματικά τα *Staphylococcus aureus* και *Bacillus subtilis*, ενώ εκχύλισμα των φύλλων αντιμετώπισε αποτελεσματικά τα *Salmonella enterica* και *Pseudomonas aeruginosa*. Το μεγαλύτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το εκχύλισμα των ριζών του ασκόλυμπρου που εμφάνισε ισχυρή αντιβακτηριδιακή δράση έναντι του βακτηρίου *Escherichia coli* (Marmouzia, et al., 2017). Εκχύλισμα από τον ασκόλυμπρο έχει επίσης και αντιμυκητιακή δράση έναντι του *Cryptococcus neoformans* (Aboukhalaf, et al., 2020).

Όλα τα παραπάνω κάνουν σαφές ότι ο ασκόλυμπρος, εκτός από τον σημαντική του διατροφική αξία, έχει και βιολογική αξία, λόγω των βιοενεργών ενώσεων που περιέχει. Μελέτες που έχουν γίνει απέδειξαν ότι αυτές οι βιοενεργές ουσίες είναι φυτοχημικά, όπως φλαβονοειδή, φλαβονοειδείς γλυκοζίτες, ρουτοσιδείς φλαβόνες και βρίσκονται στα φύλλα και τα άνθη (Tunalier, et al., 2006). Τα φυτοχημικά αυτά είναι ως επί το πλείστον δευτερογενείς μεταβολίτες ,που παράγουν τα φυτά για να ενισχύσουν τους μηχανισμούς άμυνας τους. Μετά από μελέτες που έγιναν στο υπέργειο, υπόγειο και εσωτερικό τμήμα των ασκόλυμπρων, βρέθηκε ότι σε όλα τα μέρη είναι παρόντα τα εξής φυτοχημικά: φαινόλες, φλαβονοειδή, τριτερπενοειδή, πρωτεΐνες και αλκαλοειδή (Ahmad, 2017). Οι φαινολικές ενώσεις στον ασκόλυμπρο βρίσκονται σε ποσότητα 10 μg/ml και του προσδίδουν αντιοξειδωτική ικανότητα κατά 20 %. Επίσης δίνουν την δυνατότητα στον οργανισμό να προστατεύει από οξείδωση το DNA που βρίσκεται στα λεμφοκύτταρα, το οποίο οξειδώνεται από την παρουσία του υπεροξειδίου του υδρογόνου (Kapiszewska, et al., 2005).

Στο Μαρόκο αποτελεί ένα ιδιαιτέρως αγαπητό φυτό, καθώς καταναλώνεται ωμό και μαγειρεμένο. Και στις δύο περιπτώσεις αφαιρούνται τα αγκάθια από τα φύλλα (Nassif & Tanji, 2013). Ωστόσο, αγαπητό είναι και στην Ισπανία όπου καταναλώνουν το κεντρικό νεύρο των φύλλων αφού βραστεί και τηγανιστεί για λίγο. Ενδιαφέρον έχει και η χρήση των ριζών του ασκόλυμπρου ως υποκατάστατο του καφέ και η χρήση των χρωστικών των ανθέων του αντί για το σαφράν (Tardío & Pardo-de-Santayana, 2016). Όπως και άλλα φυλλώδη λαχανικά, έτσι και ο ασκόλυμπρος χαρακτηρίζεται για τον πλούτο του σε φυτικές ινές (2,3-13,4 g/100g), σε κάλιο (375-1772 mg/100g) και σε ασβέστιο (16-472 mg/100g). Άλλες μελέτες έδειξαν ότι ο ασκόλυμπρος έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε βιταμίνη C, όμως έχει υψηλή συγκέντρωση σε οξαλικό οξύ (100-1000 mg/g). Αυτό το οξαλικό οξύ μπορεί να μειωθεί σημαντικά αν ο ασκόλυμπρος μαγειρευτεί (García-Herrera, et al., 2014).

***Πίνακας 11**: Διατροφική αξία ασκόλυμπρου (García-Herrera, et al., 2014).*

	Μέσος όρος	Εύρος τιμών
Ενέργεια (kJ/100 g)	167	53-280
Υγρασία (g)	84,1	81,8-92,7
Λίπη (g)	0,09	0,08-0,11
Πρωτεΐνες (g)	1,75	0,34-5,25
Ίνες (g)	7,00	3,11-12,26
Na (mg)	39,1	11,2-65,3
K (mg)	1040	559-1772
Ca (mg)	235	124-410
Mg (mg)	93,9	17,5-210,0
Cu (mg)	0,09	0,05-0,13
Fe (mg)	2,36	1,39-3,11
Mn (mg)	0,37	0,16-0,57
Zn (mg)	0,50	0,34-0,92

1.2 Μορφολογία και βοτανικά χαρακτηριστικά του ασκόλυμπρου

Ο ασκόλυμπρος (αγγλιστί Golden thistle), με λατινική ονομασία *Scolymus hispanicus L.* ανήκει στην οικογένεια Asteraceae. Είναι ένα διπλοειδές διετές και ενίοτε πολυετές φυτό.



***Εικόνα 22:** Φυτό ασκόλυμπρου (Victoria, 2020).*

Οι βοτανικοί χαρακτήρες του ασκόλυμπρου είναι συνήθως: κάθετα φυτά με πολλά αγκάθια, διακλαδισμένοι βλαστοί μήκους 20-100 cm, φύλλα επιμήκη και λογχοειδή συνήθως 8, τα οποία φέρουν αγκάθια και μακρύς μίσχους. Όσον αφορά τα άνθη, η στεφάνη είναι κίτρινη προς πορτοκαλοκίτρινη, με διάμετρο 2-3 cm και περιβάλλεται από αγκαθωτά βράκτια φύλλα. Τα άνθη είναι ερμαφρόδιτα και παράγουν αχαίνια μήκους ως 3 mm και με έναν μικρό πάππο. Ο ασκόλυμπρος συνήθως ανθίζει Ιούνιο με Σεπτέμβριο (Gaetano, 2009) ή Απρίλιο με Σεπτέμβριο σε άλλες περιοχές (Vazquez, 2000).

1.3 Πολλαπλασιασμός του ασκόλυμπρου

Είναι πολύ ανθεκτικό φυτό και παρουσιάζει αντοχή στο κρύο. Αναπτύσσεται σε όλους τους τύπους εδαφών, αλλά βέλτιστα σε εδάφη πλούσια σε οργανική ουσία. Η εντατική καλλιέργεια του ασκόλυμπρου δεν είναι τόσο συνήθης και περισσότερο εντοπίζεται για συλλογή σε ακαλλιέργητες εκτάσεις (Gaetano, 2009). Ωστόσο ο πολλαπλασιασμός του είναι πολύ εύκολος, αφού πολλαπλασιάζεται με σπέρματα, τα οποία χαρακτηρίζονται για την μεγάλη διάρκεια διατήρησης της βλαστική του ικανότητας (Psaroudaki, et al., 2015).

2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι. Ιστορικά και Τεχνικά Στοιχεία Υδροπονίας

2.1 Ιστορία της Υδροπονίας

Λέγεται ότι ο Woodward το 1699 έκανε ιστορικά την πρώτη εφαρμογή καλλιέργειας χωρίς στερεό υπόστρωμα, αλλά με εναλλακτική μέθοδο, δηλαδή καλλιέργεια σε υδατικό υπόστρωμα (Hewitt, 1966). Άλλοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι οι Κρεμαστοί Κήποι της Βαβυλώνας, που αποτελούν ένα από τα 7 Θαύματα του Αρχαίου Κόσμου, είναι παράδειγμα υδροπονίας και πιο συγκεκριμένα το πρώτο (Resh, 1990). Ωστόσο τότε τα θρεπτικά στοιχεία δεν ήταν γνωστά και έτσι δεν υπάρχουν αποδείξεις εφαρμογής της υδροπονίας σε αυτήν την περίπτωση. Το μοναδικό στοιχείο που υπάρχει είναι ότι οι Κρεμαστοί Κήποι της Βαβυλώνας ήταν πολυώροφοι κήποι που είχαν τις ρίζες τους σε βαθιά στρώματα χώματος (Finkel, 1989). Εκτός από τους Κρεμαστούς Κήπους της Βαβυλώνας ένα αξιοσημείωτο παράδειγμα αρχαίας υδροπονικής καλλιέργειας είναι και οι Επιπλέοντες Κήποι των Αζτέκων στο Μεξικό. Ωστόσο αρχαιολόγοι έχουν βρει ιερογλυφικά, που χρονολογούνται χιλιάδες χρόνια προ Χριστού στην Αίγυπτο, που απεικονίζουν την καλλιέργεια φυτών στο νερό (Roberto, 2003). Πολλοί ερευνητές ξεκίνησαν από το 1700 και έπειτα να προσπαθούν να κατανοήσουν την ανάπτυξη των φυτών χωρίς στερεό υπόστρωμα. Περισσότερες απαντήσεις δόθηκαν από το 1800 και μετά, όταν σπουδαίοι ερευνητές όπως ο De Saussure, ο Sachs, ο Boussinglout και ο Knop έθεσαν τις βάσεις της κατανόησης της ανάπτυξης των φυτών χρησιμοποιώντας θρεπτικά συστατικά, μέσα από τα πειράματά τους. Αργότερα κατά τα 1850-1900 έγινε πλέον η ανακάλυψη των απαραίτητων θρεπτικών στοιχείων για την ανάπτυξη των πράσινων φυτών. Το σπουδαιότερο κομμάτι αυτών των ανακαλύψεων είναι ότι έγιναν πειράματα χωρίς υπόστρωμα χώματος. Έτσι ο εκάστοτε ερευνητής είχε την δυνατότητα να απομακρύνει κάθε ίχνος του θρεπτικού στοιχείου που βρίσκεται υπό μελέτη από το περιβάλλον του ριζικού συστήματος των φυτών (Jones, 1982).

Η υδροπονία ως όρος εισήχθη στον επιστημονικό χώρο για πρώτη φορά το 1930 από τον Dr. Gericke. Ο Gericke ήταν ερευνητής στο Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια και η συμβολή του στην υδροπονία ήταν σπουδαία, καθώς την έκανε πολύ γνωστή μέσα από τα πειράματά του (Gericke, 1940). Η υδροπονία προέρχεται από την Ελληνική γλώσσα και την σύνθεση δύο λέξεων: ύδωρ (νερό) + πόνος (μόχθος). Ο Gericke το 1930 πίστευε ότι η υδροπονία θα αποτελέσει μία επανάσταση στις καλλιέργειες και θα κυριαρχήσει της γεωπονίας. Έτσι ο κόσμος

άρχισε να ζητάει τις φόρμουλες θρεπτικών στοιχείων που είχε αναπτύξει ο Gericke, όμως εκείνος αρνήθηκε να τις δώσει δωρεάν, καθώς ήταν προσωπική του δουλειά. Επιπλέον πίστευε ότι για να δοθούν λεπτομερείς πληροφορίες δημόσια για την υδροπονική καλλιέργεια, έπρεπε να γίνουν κι άλλες έρευνες. Έτσι λοιπόν, το Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια ζήτησε από τους Hoagland και Arnon να ερευνήσουν το πρόβλημα που είχε δημιουργηθεί με τον Gericke και να δημοσιοποιήσουν πληροφορίες που απομυθοποιούν τις έρευνες και δημοσιεύσεις του Gericke για την υδροπονία. Έτσι ο Gericke έφυγε από το Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια και έγραψε το βιβλίο του που δημοσιεύθηκε το 1940 (Hershey, 1994). Είναι ακόμα σημαντικό να αναφερθεί πόσο σημαντική μέθοδο αποτελεί η υδροπονία για τους αστροναύτες της NASA. Με υδροπονικές τεχνικές, οι αστροναύτες μπορούν να παράγουν το φαγητό τους στο διάστημα. Φυσικά, αυτή η διαδικασία έχει μείνει στην έρευνα, αλλά παρά ταύτα είναι μία ενδιαφέρουσα ιδέα (Roberto, 2003). Ταυτόχρονα κατά τον 2ο Παγκόσμιο Πόλεμο, η υδροπονία ήταν μία πολύ χρήσιμη τεχνική για τους στρατιώτες του Αμερικανικού Στρατού. Οι στρατιώτες είχαν ανάγκη για φρέσκα τρόφιμα στα έρημα νησιά του Ειρηνικού Ωκεανού που βρίσκονταν και αυτές οι ανάγκες καλύφθηκαν με υδροπονικές καλλιέργειες (Shrestha & Dunn, 2010).

Τα φυτά που αναπτύσσονται με υδροπονικές μεθόδους καταλήγουν πιο υγιεινά από αυτά που αναπτύσσονται με γεωπονικές, ως αποτέλεσμα της ισορροπημένης τροφοδοσίας τους με θρεπτικά στοιχεία. Επιπλέον:

- ✓ Αποφεύγονται οι βλαβερές επιδράσεις των εντόμων του εδάφους και ασθενειών,
- ✓ Μειώνεται η ανάπτυξη ζιζανίων και η χρήση ζιζανιοκτόνων,
- ✓ Μειώνονται τα έξοδα για εξυγίανση των φυτών και εντομολογική διαχείριση,
- ✓ Μειώνονται το κόστος και ο χρόνος εγκατάστασης της καλλιέργειας, καθώς δεν απαιτείται η επεξεργασία του χώματος,
- ✓ Αυξάνεται η συγκομιδή, ενώ μειώνεται ο κύκλος ωρίμανσης των καρπών (Roberto, 2003),
- ✓ Μπορεί να χρησιμοποιηθεί όπου είναι αδύνατη η καλλιέργεια σε στερεό έδαφος (χώμα) πχ. σε έρημες περιοχές,
- ✓ Αποτελεσματικότερος έλεγχος περιβάλλοντος ανάπτυξης των φυτών, καθώς και των θρεπτικών συστατικών, pH, κλπ,
- ✓ Καλύτερες συνθήκες εργασίες με μειωμένο μόχθο,

- ✓ Μειώνεται το σοκ των φυτών κατά την μεταφύτευσή τους (Shrestha & Dunn, 2010).

Type of crop	Hydroponic equivalent per acre (kg)	Agricultural average per acre (kg)
Wheat	2267.9	272.2
Oats	1360.7	385.5
Rice	5443.1	340.2–408.2
Maize	3628.7	680.3
Soybean	680.3	272.2
Potato	63,502.9	7257.5
Beet root	9071.8	4082.3
Cabbage	8164.6	5896.7
Peas	6350.3	907.2
Tomato	180,000	5000–10,000
Cauliflower	13,607.7	4535.9–6803.8
French bean	19,050.9 of pods for eating	–
Lettuce	9525.4	4082.3
Cucumber	12,700.6	3175.1

***Εικόνα 3**: Σύγκριση παραγωγής κάποιων φυτικών ειδών με υδροπονική καλλιέργεια και γεωπονική καλλιέργεια (Hosseinzadeh, et al., 2017).*

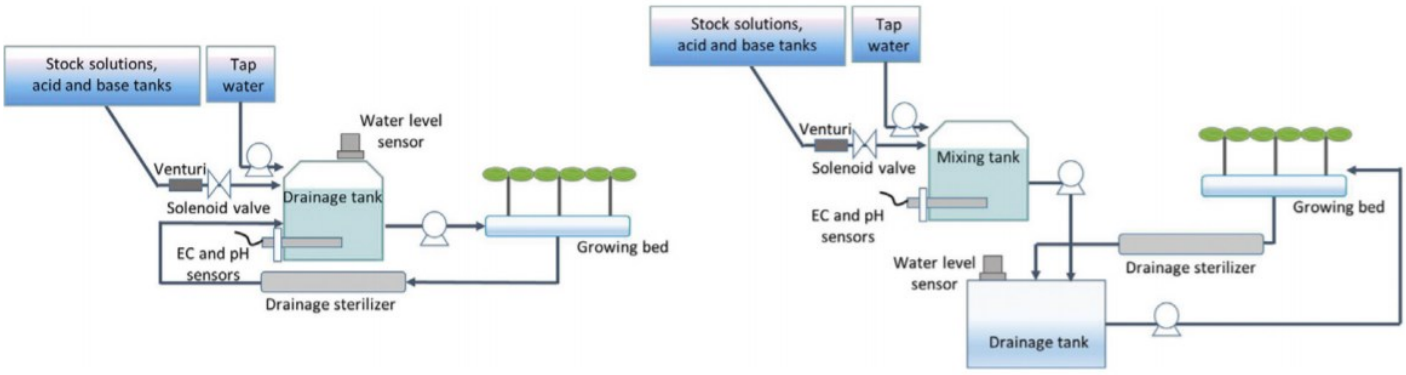
2.2 Συστήματα υδροπονικών καλλιεργειών

Όλα τα θρεπτικά διαλύματα που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία μπορεί να περιέχουν 13 διαφορετικά θρεπτικά στοιχεία σε διαφορετικές συγκεντρώσεις, ικανά να δημιουργήσουν ποικίλες φόρμουλες. Εκτός από τον C και το O, που προσλαμβάνονται από το ατμοσφαιρικό περιβάλλον των φυτών, όλα τα υπόλοιπα λαμβάνονται προσθέτοντάς τα και όχι αβίαστα από τα φυτά (Trejo-Tellez, et al., 2007).

Element	Ionic Form	Concentration Range mg/L, ppm
Major Elements		
Nitrogen (N)	NO_3^-, NH_4^+	100 to 200
Phosphorus (P)	HPO_4^{2-}, $H_2PO_4^-$	30 to 15
Potassium (K)	K^+	100 to 200
Calcium (Ca)	Ca^{2+}	200 to 300
Magnesium (Mg)	Mg^{2+}	30 to 80
Sulfur (S)	SO_4^{2-}	70 to 150
Micronutrients		
Boron (B)	BO_3^{3-}	0.03
Chlorine (Cl)	Cl^-	—
Copper (Cu)	Cu^{2+}	0.01 to 0.10
Iron (Fe)	Fe^{2+}, Fe^{3+}	2 to 12
Manganese (Mn)	Mn^{2+}	0.5 to 2.0
Molybdenum (Mo)	$Mo0_4^-$	0.05
Zinc (Zn)	Zn^{2+}	0.05 to 0.50

***Εικόνα 4**: Κύριο στοιχείο και ιονικές μορφές μικροθρεπτικών συστατικών και το φυσιολογικό εύρος συγκεντρώσεων που βρίσκονται στα περισσότερα θρεπτικά διαλύματα υδροπονίας (J. Benton Jones, 2004).*

Τα συστήματα υδροπονικής καλλιέργειας διακρίνονται σε ανοιχτά και κλειστά, ανάλογα με το πως καταλήγουν οι απορροές των θρεπτικών διαλυμάτων που προστίθενται. Προκειμένου να επιλέξει ένας καλλιεργητής το σύστημα που θα χρησιμοποιήσει πρέπει να λάβει υπόψη του το είδος της καλλιέργειας, καθώς και τον χώρο που απαιτείται για την ανάπτυξη των φυτών (Jensen, 1997). Στα κλειστά υδροπονικά συστήματα, όπου οι απορροές των διαλυμάτων συλλέγονται και ανατροφοδοτούνται, μπορεί να παρατηρηθεί πιθανή μεταβολή στις συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων (Maloupa, 2002). Ο καλλιεργητής για να έχει πλήρη έλεγχο κάθε στιγμή στο περιεχόμενο των θρεπτικών διαλυμάτων χρειάζεται κάποια όργανα παρακολούθησης της συγκέντρωσής τους. Εδώ τίθενται κάποιοι περιορισμοί που σχετίζονται με οικονομικούς και τεχνικούς παράγοντες. Συγκεκριμένα τα όργανα αυτά έχουν υψηλό κόστος και δεν έχει τελειοποιηθεί ακόμα η έρευνα που τα αφορά. Έτσι καθίσταται δύσκολος ο έλεγχος των διαλυμάτων όσον αφορά το περιεχόμενό τους κάθε στιγμή. Αυτά τα συστήματα, χρησιμοποιούνται ακόμη με επιτυχία ακόμα και σε καλλιέργειες μεγάλης κλίμακας. Το αρνητικό τους είναι ότι δεν μπορούν να εφαρμοσθούν εύκολα σε καλλιέργειες φυτών που επηρεάζονται από τις μεγάλες μεταβολές στην πρόσληψη θρεπτικών (Son, et al., 2020). Από την άλλη μεριά είναι τα ανοιχτά υδροπονικά συστήματα, που έχουν απλούστερη δομή αλλά δεν έχουν ανατροφοδότηση, καθώς το περιβάλλον δέχεται με βλαβερές συνέπειες τις απορροές των διαλυμάτων (Maloupa, 2002).



***Εικόνα 5**: Κλειστό (αριστερά) και ανοιχτό (δεξιά) υδροπονικό σύστημα (Hosseinzadeh, et al., 2017).*

Στα υδροπονικά συστήματα χρησιμοποιείται περίπου 70-95 % λιγότερο νερό σε σχέση με τις υπαίθριες γεωπονικές καλλιέργειες, αφού εφαρμόζονται θρεπτικά διαλύματα αντί για άρδευση της καλλιέργειας (Despommier, 2010).

2.2.1 Ανοιχτά συστήματα υδροπονίας

Τα ανοιχτά συστήματα στις υδροπονικές καλλιέργειες χαρακτηρίζονται από την απόρριψη του θρεπτικού διαλύματος μετά την τροφοδότηση της κλίνης ανάπτυξης των φυτών. Το θρεπτικό διάλυμα δεν επαναχρησιμοποιείται και διαφεύγει σε ειδικά δοχεία, με σκοπό την απόρριψή του (Hosseinzadeh, et al., 2017). Τα πλεονεκτήματα που εντοπίζονται στα ανοιχτά συστήματα είναι:

1. Δεν απαιτείται επιτήρηση και διαχείριση των θρεπτικών διαλυμάτων και
2. Μειώνεται ο κίνδυνος των εξωγενών μολύνσεων (Jones Jr., 2005).

Εδώ πρέπει να σημειωθεί και το σημαντικό τους μειονέκτημα, που είναι η μεγάλη κατανάλωση σε νερό και θρεπτικά στοιχεία. Έχει βρεθεί ότι τα ανοιχτά συστήματα απαιτούν 20-40 % περισσότερο νερό και θρεπτικά στοιχεία σε σχέση με τα κλειστά συστήματα (Nederhoff & Stanghellini, 2010).

2.2.2 Κλειστά συστήματα υδροπονίας

Τα κλειστά υδροπονικά συστήματα βρίσκουν επιτυχή εφαρμογή ιδιαίτερα σε περιοχές με περιβαλλοντικούς κινδύνους (Van Os, 1995). Αυτά τα συστήματα, όπως προαναφέρθηκε, χαρακτηρίζονται από την επαναχρησιμοποίηση των θρεπτικών διαλυμάτων. Πιο συγκεκριμένα

στα κλειστά συστήματα προστίθεται νερό και θρεπτικά στοιχεία, αντί για την αντικατάσταση ολόκληρων θρεπτικών διαλυμάτων, προκειμένου να εξισορροπηθούν οι συγκεντρώσεις που πιθανόν να μεταβάλλονται (Nederhoff & Stanghellini, 2010). Συγκρίνοντας κλειστά υδροπονικά συστήματα σε θερμοκήπια με την κλασσική καλλιέργεια στον αγρό, όσον αφορά το επίπεδο αποτελεσματικότητας χρήσης σε νερό και θρεπτικά, ο πρώτος τύπος καλλιέργειας υπερέχει σημαντικά (Sheikh, 2006). Σε αυτή τη μέθοδο καλλιέργειας (κλειστά υδροπονικά συστήματα) εντοπίζονται μερικά μειονεκτήματα, όπως:

1. Αστοχίες στον έλεγχο των μολύνσεων-ασθενειών,
2. Έλλειψη ισορροπίας συγκεντρώσεων θρεπτικών διαλυμάτων,
3. Φυτοτοξικότητα των φυτών.

Η φυτοτοξικότητα είναι η κατάσταση κατά την οποία τα φυτά δέχονται τοξικές ουσίες λόγω ανακύκλωσης του θρεπτικού διαλύματος, που είχαν αποβάλλει από το ριζικό τους σύστημα. Αυτές οι ουσίες συνήθως σχετίζονται με την παρεμπόδιση ανάπτυξης και γονιμοποίησης των φυτών. Για παράδειγμα έχουν γίνει έρευνες στο αγγούρι (Yu & Matsui , 1994), την τομάτα (Yu & Matsui, 1993) και τον καπνό (Jia, et al., 2011), που απέδειξαν την παρεμπόδιση της ανάπτυξής τους λόγω οργανικών οξέων που βρέθηκαν στο ανακυκλώσιμο θρεπτικό τους διάλυμα. Έρευνες και εφαρμογές έχουν γίνει επίσης για να βρεθούν ουσίες που μπορούν να ανακόψουν την δράση αυτών των οργανικών οξέων στα θρεπτικά διαλύματα (Hosseinzadeh, et al., 2017).

Παρ ’ότι στις μέρες μας τα ανοιχτά συστήματα για υδροπονία είναι πιο δημοφιλή, γίνονται προσπάθειες για περισσότερο εκτεταμένη εφαρμογή των κλειστών συστημάτων. Αυτή η προσπάθεια βασίζεται σε οικονομικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες, καθώς και για τους δύο είναι πιο συμφέρον, τα θρεπτικά διαλύματα να ανακυκλώνονται αντί να απορρίπτονται (Lieten, 2004). Αναμφίβολα, τα κλειστά υδροπονικά συστήματα απαιτούν λιγότερες ποσότητες σε νερό και θρεπτικά στοιχεία, εν αντιθέσει με τα ανοιχτά, αυτός είναι ο κύριος λόγος την οικονομικής τους υπεροχής. Όμως, χρειάζονται περισσότερη επιτήρηση και διαχείριση των ουσιών που προστίθενται στο σύστημα, πότε και αν χρειάζεται να προστεθούν (Nederhoff & Stanghellini, 2010). Η επιτήρηση οφείλεται να γίνεται ακόμα και στις υποδομές του συστήματος. Ένα κλειστό σύστημα απαιτεί δεξαμενές και συστήματα άντλησης, τα οποία χρειάζονται συντήρηση και παρακολούθηση για την άριστη λειτουργία τους (Christie, 2014).

2.3 Υποστρώματα υδροπονικών καλλιεργειών

Τα υπόστρωμα στις υδροπονικές καλλιέργειες είναι ένα υλικό που χρησιμοποιείται για να παρέχει στήριξη στα φυτά. Επειδή τα υποστρώματα καταλαμβάνουν λιγότερο όγκο από το χώμα του εδάφους, απομένει περισσότερος χώρος για τα θρεπτικά διαλύματα και το οξυγόνο που χρειάζονται οι υδροπονικές καλλιέργειες (Rodríguez-Delfín, 2012).

Το υπόστρωμα που θα επιλεχθεί για μία υδροπονική καλλιέργεια εξαρτάται από τον τύπο της καλλιέργειας, επομένως η επιλογή υποστρώματος είναι υψίστης σημασίας (Llorach-Massana, et al., 2016). Γι' αυτό κάνοντας μία αξιολόγηση του υποστρώματος όσον αφορά τις οικονομικές και περιβαλλοντικές του επιπτώσεις μπορεί να διευκολυνθεί αρκετά ο καλλιεργητής για την επιλογή του. Εάν ο καλλιεργητής επιλέξει ένα βιώσιμο υπόστρωμα, τότε μπορεί να έχει λιγότερες περιβαλλοντικές και οικονομικές βλάβες, αφού τα απόβλητα της καλλιέργειας επαναχρησιμοποιούνται. Έτσι με βάση το επίπεδο βιωσιμότητας του υποστρώματος μπορεί να προωθηθεί ένα συγκεκριμένο υπόστρωμα με πιο συμφέροντα χαρακτηριστικά (Vinci & Rapa, 2019). Ανάλογα με το είδος του υποστρώματος, καθορίζεται και ο χρόνος διατήρησης των θρεπτικών διαλυμάτων στα σωστά επίπεδα. Χρησιμοποιώντας υποστρώματα μπορούν να ξεπεραστούν δυσκολίες που δημιουργούνται με τις συνεχείς εντατικές καλλιέργειες του εδάφους, όπως η εξάντλησή του, οι ασθένειες και το στρες. Προκειμένου ο καλλιεργητής να επιλέξει το κατάλληλο υπόστρωμα για τις ανάγκες του, πρέπει να λάβει υπόψη του:

1. Τον τύπο εγκατάστασης της καλλιέργειας,
2. Την ποιότητας εγκατάστασης του συστήματος καλλιέργειας,
3. Την τιμή του υλικού,
4. Το κόστος μεταφοράς του υλικού,
5. Τη διαθεσιμότητας του υποστρώματος χρονικά και τοπικά (Domeño, et al., 2011).

Η ύπαρξη υποστρώματος στις υδροπονικές καλλιέργειες έχει σαν στόχο την παραγωγή μεγαλύτερης ποσότητας συγκομισθέντων προϊόντων, σε καλύτερη ποιότητα και ταυτόχρονα με μικρότερο κόστος για τον παραγωγό (Awad, et al., 2017). Ως υποστρώματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν αδρανή κυρίως ανόργανα υλικά (περλίτης, ελαφρόπετρα), οργανικά υλικά

(ίνες καρύδας, φλοιός ρυζιού, τύρφη), ή υλικά που αποτελούν μόλυνση για το θαλάσσιο περιβάλλον (φύκια, απόβλητα βιομηχανιών όπως ξύλο, άνθρακας, κλπ) (Dewir, et al., 2005).

2.3.1 Φυσικές και χημικές ιδιότητες υποστρωμάτων

Οι φυσικές ιδιότητες που μελετούνται στα υποστρώματα που προορίζονται για υδροπονική καλλιέργεια είναι:

1. Κοκκομετρική κατανομή

   Αξιολογείται το μέγεθος των κόκκων που αποτελούν κάθε υπόστρωμα σε κοκκομετρικά κλάσματα. Με κριτήριο τον τρόπο διάταξης τον κόκκων του υποστρώματος, αυτό μπορεί να χαρακτηριστεί ως σταθερού σχήματος, όταν οι κόκκοι είναι συνενωμένοι μεταξύ τους ή ως κοκκώδες υπόστρωμα, όταν οι κόκκοι είναι ασύνδετοι μεταξύ τους (Σάββας, 2011).

2. Ολικό πορώδες

   Το σύνολο του όγκου των πόρων που δημιουργούνται σε ένα υπόστρωμα σε σχέση με τον συνολικό όγκο του υποστρώματος (Bunt, 1988).

3. Φαινόμενο ειδικό βάρος

   Αναλύει τον συσχετισμό μεταξύ του ξηρού βάρους μίας συγκεκριμένης ποσότητας υποστρώματος και του όγκου που αυτή καταλαμβάνει (Verdonck & Gabriels, 1992).

4. Περιεκτικότητα σε στερεά, υγρή και αέρια φάση

   Είναι η ποσότητα στερεάς ύλης, υγρασίας και αέρα που υπάρχουν μέσα στο υπόστρωμα σε μία συγκεκριμένη χρονική στιγμή, καθώς είναι μεγέθη συνεχώς μεταβαλλόμενα (Σάββας, 2011).

5. Ειδική επιφάνεια

   Εκφράζει την επιφάνεια που καταλαμβάνουν οι κόκκοι του υποστρώματος σε σχέση με το βάρος τους (Σάββας, 2011).

6. Συγκράτηση νερού

Είναι η ποσότητα νερού που παραμένει στο υπόστρωμα, λόγω δυνάμεων που ασκούνται μεταξύ του νερού και των πόρων του υποστρώματος (Σάββας, 2011).

7. Υδατοχωρητικότητα φυτοδοχείου

Εκφράζει την ποσότητα νερού που θα συγκρατήσει το υπόστρωμα όταν γεμίσει με νερό το φυτοδοχείο που το περιέχει (Bunt, 1988).

8. Χαρακτηριστικές καμπύλες υγρασίας (ΧΚΥ)

Αναπαριστούν την σχέση μεταξύ της υγρασίας που περιέχει ένα υπόστρωμα και της αρνητικής πίεσης που δημιουργείται στους πόρους του υποστρώματος (Childs, 1940).

9. Αξιολόγηση με βάση τη ΧΚΥ

Με βάση τις χαρακτηριστικές καμπύλες υγρασίας μπορούν να μελετηθούν: η ικανότητα ενός υποστρώματος να συγκρατεί υγρασία, οι μεταβολές στην περιεκτικότητα ενός φυτοδοχείου σε νερό και αέρα (Bunt, 1988).

10. Υδραυλική αγωγιμότητα

Εκφράζει την δυνατότητα του υποστρώματος να συγκρατεί διαθέσιμο νερό για τα φυτά. Το διαθέσιμο νερό στα φυτά βρίσκεται στην περιοχή της κονδυλόριζας και είναι εύκολα διαθέσιμο όταν υπάρχει πολύ μικρή τιμή αρνητικής πίεσης (μύζησης) (Bunt, 1988).

Όσον αφορά τις χημικές ιδιότητες των υποστρωμάτων, σε αυτές μελετούνται:

1. Χημική σύνθεση

Δηλαδή, η περιεκτικότητα σε διάφορα ανόργανα και οργανικά συστατικά (Raviv, et al., 2002).

2. Ανταλλακτική ικανότητα

Εκφράζει την ικανότητα του υποστρώματος να ανταλλάσσει κατιόντα, ώστε να διατηρεί την ηλεκτροχημική του ισορροπία (Bunt, 1988).

3. Οξύτητα

Υπολογίζεται με μέτρηση των ιόντων υδρογόνου μέσα στο υπόστρωμα του οποίου μελετούνται οι χημικές ιδιότητες.

4. Ηλεκτρική αγωγιμότητα

Μετριέται με υπολογισμό της περιεκτικότητας του υποστρώματος σε ανόργανα άλατα (Raviv, et al., 2002).

5. Περιεκτικότητα σε διαθέσιμα θρεπτικά στοιχεία

Δηλαδή, η περιεκτικότητα του υποστρώματος σε θρεπτικά στοιχεία που είναι άμεσα διαθέσιμα για το φυτό, επειδή είναι διαλυμένα στο νερό του ριζοστρώματος. Πιο συγκεκριμένα έχουν δοθεί στο φυτό ως θρεπτικό διάλυμα (Σάββας, 2011).

2.3.2 Ανόργανα υποστρώματα

- Πετροβάμβακας

Αρχικά δημιουργήθηκε στην Δανία και έπειτα επεκτάθηκε και σε άλλες χώρες, κυρίως στις χώρες της Σκανδιναβίας. Δύο βασικά του πλεονεκτήματα είναι ότι εμποδίζει την δημιουργία παθογόνων μικροοργανισμών και ταυτόχρονα έχει την δυνατότητα επανατροφοδότησης του θρεπτικού διαλύματος σε υδροπονικές καλλιέργειες. Ορισμένες μελέτες έδειξαν ότι ο πετροβάμβακας δεν βιοαποικοδομείται και αποτελεί επιβλαβές απόβλητο, ωστόσο όλα αυτά βρίσκονται ακόμα σε επίπεδο διερεύνησης. Πρέπει να αναφερθεί ότι σε ορισμένες περιπτώσεις ο πετροβάμβακας επαναχρησιμοποιείται ως υλικό κατασκευής κτιρίων, ενώ σε άλλες επαναχρησιμοποιείται ως υλικό για την εδαφική καλλιέργεια. Ο πετροβάμβακας έχει χρησιμοποιηθεί σε υδροπονικές καλλιέργειες λαχανικών, όπως τομάτα, πιπεριά, φράουλα, όπως επίσης και ανθοκομικών, όπως τριανταφυλλιά, ζέρμπερα κλπ. Αποτελεί ένα ορυκτό προϊόν από ίνες ηφαιστειακών πετρωμάτων (βασάλτης). Έχει υψηλό δυναμικό παραγωγής και καλή αγωγιμότητα σε νερό και αέρα. Ταυτόχρονα μπορεί να γίνει και διαχείριση του pH, με αποτέλεσμα την βέλτιστη διαχείριση των αποδόσεων της καλλιέργειας. Το μειονέκτημα του πετροβάμβακα είναι ότι πρέπει να αντικαθίσταται μετά από δύο χρόνια χρήσης, όμως η αντικατάστασή του είναι απλή διαδικασία (Dannehl, et al., 2015).



Εικόνα 6*: Πλάκα πετροβάμβακα για υδροπονική καλλιέργεια.*

- Περλίτης

Ο περλίτης αποτελεί το πλέον χρησιμοποιούμενο υπόστρωμα στην υδροπονία, λόγω υψηλής διαθεσιμότητας στην αγορά, χαμηλού κόστους και τεχνικών πλεονεκτημάτων. Έχει ηφαιστειακή προέλευση και μοιάζει με το φυσικό γυαλί. Ο διογκωμένος περλίτης χαρακτηρίζεται από ανθεκτικότητα, είναι πορώδης και αδρανής. Για να χρησιμοποιηθεί ο περλίτης σε γεωργικές εφαρμογές πρέπει να είναι αρκετά πορώδης, γι' αυτό δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν όλα τα είδη περλίτη. Τα θετικά χαρακτηριστικά του περλίτη είναι:

1. Είναι φυσικό ορυκτό, άρα δεν απαιτεί χημική επεξεργασία,
2. Δεν παράγει επικίνδυνα απόβλητα κατά την επεξεργασία του,
3. Δεν είναι επιβλαβής για τον άνθρωπο,
4. Χρησιμοποιείται για μεγάλο χρονικό διάστημα, τουλάχιστον για δύο χρόνια,
5. Ανακυκλώνεται και χρησιμοποιείται ξανά ως μονωτικό υλικό (Awad, et al., 2017).



Εικόνα 7: *Περλίτης για υδροπονική καλλιέργεια.*

- Βερμικουλίτης

Ο βερμικουλίτης είναι ένα υπόστρωμα που δεν χρησιμοποιείται τόσο στην υδροπονία, σε σύγκριση με τον πετροβάμβακα και τον περλίτη. Είναι ένα πολύ πορώδες υλικό, που έχει την ικανότητα να συγκρατεί μεγάλες ποσότητες νερού. Έτσι μειώνεται η ποσότητα του αέρα που μπορεί να συγκρατήσει και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την φυσική και χημική του αποικοδόμηση, άρα και την μειωμένη διάρκεια χρησιμοποίησής του (Hoang, et al., 2019).



Εικόνα 8*: Βερμικουλίτης για υδροπονικές καλλιέργειες σε πλάκες.*

- Άμμος

Η άμμος είναι ένα υλικό με μεταβλητή σύνθεση, που εξαρτάται από την σύνθεση των πετρωμάτων από όπου προήλθε. Μπορεί να προέρχεται από λατομεία ή από ποτάμια.

Προκειμένου να χρησιμοποιηθεί ως υπόστρωμα, πρέπει να είναι απαλλαγμένη από άργιλο και ιλύ, γι' αυτό πρέπει να πλένεται με ανόργανα οξέα και να συμπεριλαμβάνονται κόκκοι άμμου σε μέγεθος 0,02-2 mm. Συνήθως προτιμάται άμμος που προέρχεται από λατομεία, αντί για την ποταμίσια άμμο και αυτό συμβαίνει επειδή η άμμος των λατομείων είναι περισσότερο ομοιογενής. Η άμμος ως υπόστρωμα χαρακτηρίζεται για την καλή της αποστράγγιση και την χαμηλή ικανότητα κατακράτησης νερού, όμως όταν προστίθεται σε μείγμα υποστρωμάτων, οι φυσικές της ιδιότητες μεταβάλλονται, ανάλογα με αυτές των υπόλοιπων υποστρωμάτων. Εάν η άμμος αποτελείται από κόκκους με διάμετρο μικρότερη από 0,5 mm, τότε έχει καλή κατακράτηση νερού και όχι τόσο καλό αερισμό (Olle, et al., 2012).

- Χαλίκι

Αποτελεί είδος υποστρώματος, συνήθως χονδρόκοκκο και στην υδροπονία χρησιμοποιείται χαλίκι με διάμετρο 5-20 mm. Γι' αυτό το λόγο το χαλίκι ως υπόστρωμα δημιουργεί μεγάλα κενά άρα και μεγάλη έλλειψη στη συγκράτηση του νερού. Έτσι, σε υδροπονικές καλλιέργειες με χαλίκι ως υπόστρωμα χρειάζεται συχνότερη άρδευση, ώστε να ικανοποιούνται οι αρδευτικές ανάγκες των φυτών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη σπατάλη νερού και μπορεί να αντιμετωπιστεί με επαναχρησιμοποίηση του θρεπτικού διαλύματος που απορρέει από το σύστημα της καλλιέργειας. Ωστόσο, το χαλίκι δεν συνιστάται για επαγγελματικές καλλιέργειες υδροπονίας (Schwarz & Vaadia, 1969).

- Υαλοβάμβακας

Έχει πολλά κοινά χαρακτηριστικά με τον πετροβάμβακα, που αναφέρθηκε παραπάνω, με την διαφορά ότι ο υαλοβάμβακας αποτελείται από λεπτότερες ίνες και συνεπώς συγκρατεί μεγαλύτερη ποσότητα νερού από τον πετροβάμβακα και είναι προτιμότερος. Ο υαλοβάμβακας παράγεται μετά από θέρμανση φυσικών υλικών, όπως κρυσταλλική άμμος, ασβεστόλιθος, βόρακας και στο τέλος γίνεται ένωση των ινών που δημιουργούνται. Για χρήση στις υδροπονικές καλλιέργειες, ο υαλοβάμβακας διατίθεται στο εμπόριο σε μορφή κύβων, όμως είναι πολύ ακριβός, γι' αυτό δεν χρησιμοποιείται ευρέως στις καλλιεργητικές εκμεταλλεύσεις (Raviv, et al., 1998).



***Εικόνα 9**: Υαλοβάμβακας για υδροπονικές καλλιέργειες.*

- Ελαφρόπετρα

Έχει ηφαιστειογενή προέλευση με έντονα πορώδη χαρακτηριστικά, που το καθιστούν ως ένα υπόστρωμα με χαμηλό ειδικό βάρος. Όπως ειπώθηκε, η ελαφρόπετρα προέρχεται από ηφαιστειογενές μάγμα, που μόλις φτάσει στην ατμόσφαιρα στερεοποιείται αμέσως λόγω διαφοράς θερμοκρασίας και δημιουργεί τους πόρους, λόγω διαφυγής ηφαιστειογενών αερίων (Gunnlaugsson & Adalsteinsson, 1995). Σπουδαίο πλεονέκτημα της ελαφρόπετρας είναι το χαμηλό κόστος (Siomos, et al., 2001), σε συνδυασμό με την πολύ καλή συμπεριφορά της στις συνθήκες της καλλιέργειας. Σε περιπτώσεις που η ελαφρόπετρα περιέχει μεγάλες ποσότητες νατρίου, τότε χρειάζεται η έκπλυσή της προτού χρησιμοποιηθεί στις καλλιέργειες (Gunnlaugsson & Adalsteinsson, 1995). Μελέτες έχουν δείξει ότι λεπτόκοκκη ελαφρόπετρα αποδίδει καλύτερα χρησιμοποιώντας ως υποδοχέα φυτοδοχεία, καθώς απαιτείται μεγαλύτερος όγκος υποστρώματος και συνεπώς υπάρχει βελτιωμένη αεροπερατότητα. Σε αντίθεση με την χονδρόκοκκη ελαφρόπετρα, η οποία αποδίδει καλύτερα με χρησιμοποίηση σάκων ως υποδοχείς, λόγω βέλτιστης διατήρησης υγρασίας. Η χρήση όμως χονδρόκοκκης ελαφρόπετρας αποδίδει λιγότερο σε σχέση με την λεπτόκοκκη (Gizas & Savvas, 2007). Επιπλέον πλεονεκτήματα για τα οποία χαρακτηρίζεται η ελαφρόπετρα είναι:

- ✓ Επαναχρησιμοποιείται, μετά από απολύμανση με πολύ καλά αποτελέσματα,
- ✓ Χαμηλό αποτύπωμα άνθρακα,

- ✓ Μειωμένη επιμόλυνση από παθογόνους μικροοργανισμούς του θρεπτικού διαλύματος, καθώς αυτοί αδρανοποιούνται στο πορώδες του υποστρώματος ελαφρόπετρας,
- ✓ Είναι κατάλληλο υπόστρωμα για κλειστά υδροπονικά συστήματα (Bar-Yosef, 2008).



Εικόνα 330: *Ελαφρόπετρα για υδροπονικές καλλιέργειες.*

- Διογκωμένη άργιλος

Είναι ένα υπόστρωμα που παράγεται από την θέρμανση του αργίλου (Raviv, et al., 2002) και τελικά δημιουργείται αυτό το πορώδες υπόστρωμα. Αξιοσημείωτο πλεονέκτημα της διογκωμένης αργίλου ως υπόστρωμα υδροπονικών καλλιεργειών είναι ότι δεν φέρει παθογόνους μικροοργανισμούς, επειδή έχουν καταστραφεί όλοι από την θερμική επεξεργασία που υπέστη η άργιλος. Δεν χρησιμοποιείται ευρέως στις υδροπονικές καλλιέργειες, αφού δεν έχει καλή καλλιεργητική συμπεριφορά, επειδή δεν διατηρεί υγρασία, ενώ έχει καλή αεροπερατότητα (Verdonck, et al., 1984). Παρά το ότι χαρακτηρίζεται από μεγάλη διάρκεια ζωής, στην Ελλάδα είναι εισαγόμενη και έτσι αυξάνεται πολύ το κόστος της. Τέλος, έχει τόσο σταθερή δομή που την καθιστά ικανή για απολύμανση πολύ εύκολα (Raviv, et al., 2002).



***Εικόνα 11**: Διογκωμένη άργιλος για υδροπονικές καλλιέργειες.*

- Ζεόλιθος

Αποτελείται από μία ομάδα 30 διαφορετικών ειδών φυτών, που όταν θερμανθούν διογκώνονται λόγω του ότι υπάρχει νερό στο κρυσταλλικό τους πλέγμα (Stamatakis, et al., 2001). Ο ζεόλιθος εξασφαλίζει εξισορροπημένη διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων στα φυτά και ταυτόχρονα πλήρωση των αρδευτικών τους αναγκών. Λόγω της ικανότητας του ζεόλιθου να απορροφά βαρέα μέταλλα, η περιεκτικότητα τους είναι μικρότερη στα συγκομισθέντα προϊόντα που καλλιεργούνται σε υποστρώματα ζεόλιθου (Paasikallio, 1998). Χρησιμοποιώντας τον ζεόλιθο ως υπόστρωμα μπορεί να αυξηθεί η παραγωγή ή να φτάσει στα ίδια επίπεδα με άλλα υποστρώματα (Savvas, et al., 2004) (Gul, et al., 2005).



***Εικόνα 12**: Ζεόλιθος για υδροπονική καλλιέργεια.*

- Σκωρία

Είναι υπόστρωμα που έχει προέλευση την τέφρα των ηφαιστείων. Έχει ποικίλα χαρακτηριστικά ανάλογα με την φυσική της προέλευση, γι' αυτό δεν έχει σταθερό προφίλ. Χαρακτηρίζεται από πορώδες και μεγάλη ειδική επιφάνεια, επομένως συγκρατεί ικανοποιητικά το νερό (Silber, et al., 1994). Τέλος όταν η σκωρία επαναχρησιμοποιείται πολλές φορές, αποκτά βελτιωμένα χαρακτηριστικά και αποδίδει καλύτερα. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι ο εμπλουτισμός της σκωρίας με οργανική ουσία (Silber & Raviv, 1996).

2.3.3 Οργανικά υποστρώματα

- Τύρφη

Η τύρφη είναι οργανικό υπόστρωμα φυσικής προέλευσης που δημιουργείται από την αποσύνθεση φυτικών ιστών. Σχηματίζεται κυρίως στις περιοχές με στάσιμα νερά (έλη), όπου υπάρχουν συνθήκες έλλειψης οξυγόνου και περίσσειας νερού. Η τύρφη δεν αποτελεί ανανεώσιμο πόρο και έχει περιορισμένα αποθέματα, γι' αυτό δεν συνιστάται η χρήση της αλόγιστα. Έχει σημαντικά πλεονεκτήματα όπως:

1. Υψηλό πορώδες,

2. Καλή κατακράτηση νερού,
3. Καλή κίνηση του αέρα.

Χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια για την βελτίωση της ανάπτυξης των φυτών, ως πηγή οργανικής ουσίας, όμως όταν χρησιμοποιείται σαν υπόστρωμα απαιτείται η προετοιμασία της (Haghighi, et al., 2016).



***Εικόνα 13**: Τύρφη για υδροπονική καλλιέργεια.*

- Κοκκόχωμα- Ίνες καρύδας

Το κοκκόχωμα έχει εισαχθεί στην αγορά τα τελευταία 25 χρόνια και αποτελεί ένα παραπροϊόν της βιομηχανίας καρύδας, που προέρχεται από το μεσοκάρπιο του καρπού. Αυτό το υπόστρωμα μοιάζει με την τύρφη όσον αφορά το πορώδες, είναι μαλακό και εφαρμόζεται σε καλλιέργειες με απαιτήσεις σε υψηλότερες τιμές pH. Όταν χρησιμοποιηθεί ως υπόστρωμα με μείγμα με άλλα υποστρώματα, μπορούν να βελτιώσουν τα χαρακτηριστικά και των υπόλοιπων υποστρωμάτων και του εδάφους. Έχει σπουδαία άμυνα απέναντι στην αποικοδόμησή τους, σε σχέση με άλλα υποστρώματα και αυτό οφείλεται στο μεγάλο ποσοστό λιγνίνης που περιέχουν. Άλλα πολύ σπουδαία πλεονεκτήματα του κοκκοχώματος είναι:

1. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν ακόμα σε συνθήκες με ακραίες θερμοκρασίες, καθώς χαρακτηρίζονται από θερμική αδράνεια, σε αντίθεση με τον περλίτη ή τον πετροβάμβακα. Αυτή η θερμική αδράνεια βέβαια, μπορεί να χαθεί σε συνθήκες με υψηλή υγρασία.
2. Έχουν υψηλή κατακράτηση νερού, πράγμα που σημαίνει ότι η καλλιέργεια δεν απαιτεί συνεχή άρδευση, αφού καλύπτεται από το νερό που κατακρατά το υπόστρωμα.

3. Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, μπορεί να χρησιμοποιείται για πάνω από πέντε χρόνια.
4. Αποτελούν ανανεώσιμο πόρο, αφού είναι απόβλητα από τις βιομηχανίες καρύδας.
5. Συνδράμουν στην μείωση των αποβλήτων στο περιβάλλον, αφού είναι ένα υλικό που επαναχρησιμοποιείται από τις υδροπονικές καλλιέργειες, μετά την απομάκρυνσή του από τις βιομηχανίες καρύδας.
6. Είναι υπόστρωμα που προέρχεται από αναπτυσσόμενες χώρες, όπως Βραζιλία, Μεξικό, Σρι Λάνκα κλπ, και έτσι μπορεί να υπάρξει οικονομική ανάπτυξη αυτών των χωρών (Vinci & Rapa, 2019).

Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθούν δύο σημαντικές διαφορές που εντοπίζονται μεταξύ του κοκκοχώματος και των ανόργανων υποστρωμάτων, όπως ο περλίτης και ο πετροβάμβακας:

1. Το κοκκόχωμα δεν απαιτεί συνεχή άρδευση,
2. Κατά την επιλογή του θρεπτικού διαλύματος, πρέπει να δοθεί προσοχή στα οργανικά χαρακτηριστικά των ινών (Ali, 2011).



Εικόνα 14*: Ίνες καρύδας για υδροπονικές καλλιέργειες.*

- Φλοιοί δέντρων

Αποτελούν το 6-16 % του συνολικού όγκου των δέντρων και υπάρχουν διάφοροι τύποι. Η χρήση των φλοιών των δέντρων στην γεωργία, μπορεί να έχει εξαιρετικά αποτελέσματα. Ο φλοιός των δέντρων μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε νωπός είτε ως κομπόστ, με την διαφορά ότι ο νωπός φλοιός μπορεί να παρουσιάζει έλλειψη σε άζωτο, με αρνητικές συνέπειες για την καλλιέργεια μπορεί όμως να ξεπεραστεί με εφαρμογή λιπασμάτων. Οι φλοιοί των δέντρων ως υπόστρωμα υδροπονικών καλλιεργειών τείνουν να αντικαταστήσουν την χρήση τύρφης για τον ίδιο σκοπό, επειδή βρίσκονται σε μεγαλύτερη διαθεσιμότητα (Tyson, et al., 2011).

- Πολυουρεθάνη

Προέρχεται από τις συνθέσεις πετρελαίου (Raviv, et al., 2002). Ότι απομεινάρια υπάρχουν από την βιομηχανία επίπλων λόγω χρήσης της πολυουρεθάνης, χρησιμοποιούνται για την κατασκευή πλακών πολυουρεθάνης για την υδροπονική καλλιέργεια. Χαρακτηρίζεται ως πορώδες και ελαφρύ υλικό, με καλή αεροπερατότητα, όμως δεν συγκρατεί επαρκώς το νερό. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα, οι καλλιέργειες που έχουν ως υπόστρωμα πολυουρεθάνη έχουν ανάγκη για συχνότερη άρδευση, μειώνοντας τον όγκο του νερού σε κάθε δόση (Hardgrave, 1995). Έχουν αναφερθεί περιπτώσεις φυτοτοξικότητας από χρήση πολυουρεθάνης ως υπόστρωμα ωστόσο (Raviv, et al., 2002). Όμως έχει και πλεονεκτήματα, όπως είναι η επαναχρησιμοποίηση του υποστρώματος και με βελτιωμένες καλλιεργητικές συμπεριφορές (Hardgrave, 1995). Για κάθε επαναχρησιμοποίηση των πλακών πολυουρεθάνης απαιτείται η απολύμανσή τους, πράγμα που τις καθιστά όχι τόσο ελκυστικές για τους παραγωγούς λόγω του αυξημένου κόστους απολύμανσης (Savvas, 2009).

- <u>Διογκωμένη πολυστερίνη</u>

Είναι συνθετικό υλικό που προέρχεται από πετρέλαιο ή φυσικό αέριο. Χαρακτηρίζεται από χαμηλό ειδικό βάρος και στην καλλιεργητική χρήση βρίσκεται στην μορφή κόκκων. Λόγω των χαρακτηριστικών της, η πολυστερίνη έχει αρκετά καλή αεροπερατότητα, αλλά δεν συγκρατεί επαρκώς το νερό. Στις φυτικές καλλιέργειες, χρησιμοποιείται κυρίως σε μείγμα με άλλα υποστρώματα, αλλά και ως υποκατάστατο του περλίτη, λόγω του χαμηλού της κόστους. Το κύριο μειονέκτημά της, είναι ότι αποτελεί ρύπανση για το περιβάλλον, αφού

λόγω του χαμηλού ειδικού της βάρους διασκορπίζεται εκτός της καλλιέργειας (Dunn & Cole, 2000).



***Εικόνα 15**: Πολυστερίνη για υδροπονική καλλιέργεια.*

- Πολυεστέρας

Παράγεται με επεξεργασία του πετρελαίου και ανάλογα με την διαδικασία της επεξεργασίας παράγεται και διαφορετικός τύπος πολυεστέρα. Ο πολυεστέρας είναι γνωστός για το εκτεταμένο πορώδες του 98 % v/v και το πολύ μικρό του ειδικό βάρος (Schroder & Forester, 2000). Χαρακτηρίζεται από χαμηλή συγκράτηση νερού και στα πλεονεκτήματα του συγκαταλέγεται η δυνατότητα ανακύκλωσής του (Pang, et al., 2006). Χρησιμοποιείται και σε μείγματα με διάφορα άλλα υποστρώματα (Papadopoulos, et al., 2008).

- Κομπόστα

Έχει φυτική ή ζωική προέλευση και παράγεται με μία διαδικασία που λέγεται κοσμποστοποίηση. Ο σκοπός είναι η δημιουργία κατάλληλων συνθηκών για την ανάπτυξη μικροβίων. Τα μικρόβια είναι υπεύθυνα για την βιοαποδόμηση των οργανικών υπολειμμάτων, όπως υπολείμματα φυτών, καρπών, κλαδέματος, βιομηχανίας ξύλου αλλά και ζωικά υπολείμματα, ανακυκλώσιμα σκουπίδια κλπ. Η χρήση ανακυκλώσιμων σκουπιδιών ως υλικό για κομποστοποίηση ενέχει κινδύνους, καθώς μπορεί να περιέχουν βαρέα μέταλλα, που είναι τοξικά για τα φυτά (Zorpas & Loizidou, 2008). Η κομπόστα αποτελείται από χούμο που βρίσκεται σε διάφορα στάδια αποσύνθεσης, ινώδεις ουσίες, ανόργανα συστατικά και νερό. Η σύνθεση της κομπόστας εξαρτάται από το είδος των υπολειμμάτων και τις συνθήκες κομποστοποίησης. Για να πετύχει η κομποστοποίηση απαιτούνται συνθήκες

συνεχούς υγρασίας και αερισμού, που εξασφαλίζονται με συχνό ανακάτεμα των υπολειμμάτων που κομποστοποιούνται. Οι συνθήκες βελτιώνονται και με προσθήκη αζωτούχων λιπασμάτων, αφού ιδανικά η αναλογία C:N είναι 20:30. Ωστόσο, προσθέτοντας γαιοσκώληκες στα υπολείμματα, μπορεί να μειωθεί η διάρκεια κομποστοποίησης, αφού η βιοαποδόμηση γίνεται ταχύτερα (Finck, 1989).



***Εικόνα 16**: Κομπόστα για υδροπονικές καλλιέργειες.*

- Πριονίδι

Είναι υποπροϊόν της βιομηχανίας ξύλου και συνηθέστερα χρησιμοποιείται σε μείγματα υποστρωμάτων (Poole, et al., 1981). Τα βασικά χαρακτηριστικά του νωπού πριονιδιού είναι:

- Δεσμεύει N επειδή έχει υψηλή αναλογία C/N,
- Ενδεχόμενα να περιέχει φυτοτοξικές ουσίες,
- Χαμηλή περιεκτικότητα σε εύκολα διαθέσιμο νερό (Raviv, et al., 2002).

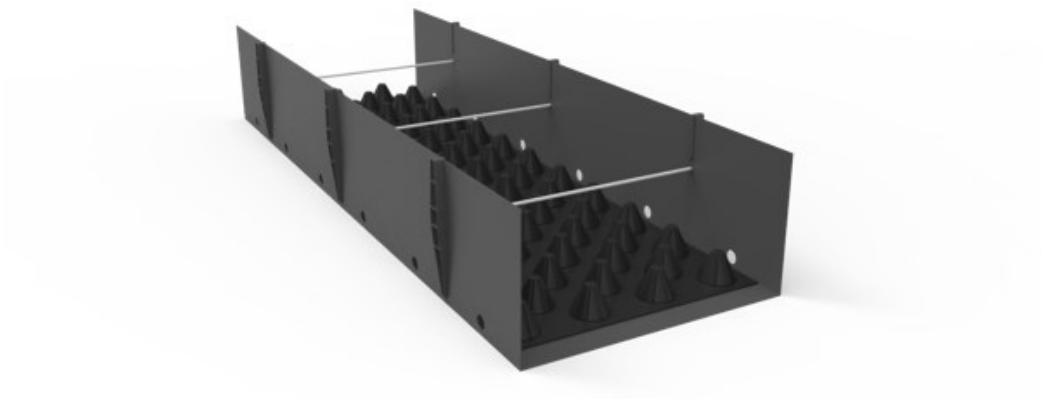


Εικόνα 17: *Πριονίδι για υδροπονικές καλλιέργειες.*

2.4 Υποδοχείς υποστρωμάτων

Για να εγκατασταθεί μία υδροπονική καλλιέργεια απαιτείται η τοποθέτηση πολλών φύλλων PE στο δάπεδο του θερμοκηπίου, καθώς και υποδοχέων των υποστρωμάτων που θα χρησιμοποιηθούν (Van.Os, et al., 2002). Τα φύλλα πλαστικού τοποθετούνται για να εμποδίσουν την ανάπτυξη των ζιζανίων. Ταυτόχρονα τοποθετούνται με την λευκή επιφάνεια προς τα πάνω και την μαύρη προς τα κάτω, έτσι ώστε ο ήλιος που ανακλάται στην λευκή επιφάνεια του πλαστικού να αναπτύσσει θερμότητα στην βάση των φυτών (Jensen & Collins, 1985). Οι υποδοχείς μπορεί να είναι είτε υδρορροές, είτε φυτοδοχεία, είτε σάκοι.

1. Υδρορροές ή κανάλια: αποτελούν έναν τύπο υποδοχέα υποστρωμάτων για την υδροπονία, που αρχικά εφαρμόστηκαν σε κλειστά συστήματα για καθαρά θρεπτικά διαλύματα, όμως αργότερα εφαρμόστηκαν σε κλειστά συστήματα με κοκκώδη υποστρώματα, χωρίς σταθερό σχήμα και επομένως μπορούν να τοποθετηθούν μέσα ελεύθερα. Ωστόσο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως υποδοχέας για υπόστρωμα με σταθερό σχήμα, όπως ο πετροβάμβακας ή η πολυουρεθάνη. Το υπόστρωμα τοποθετείται στον υποδοχέα σε πάχος 8-20 cm. Σε αυτού του τύπου τον υποδοχέα, υπάρχουν τα εξής μειονεκτήματα:
    - Απαιτείται μεγάλος όγκος υποστρώματος,
    - Ανισορροπία υγρασίας μεταξύ επιφάνειας και βάσης του υποστρώματος.



Εικόνα 18: *Υδρορροή (κανάλι) υδροπονίας.*

2. Φυτοδοχεία: μπορούν να είναι φτιαγμένα από πλαστικό, είτε αυτοσχέδια, όπως κιβώτια επενδεδυμένα εσωτερικά με φύλλα PE. Συνήθως χρησιμοποιείται ως υποδοχέας υποστρώματος στην υδροπονία η γλάστρα, εκτός αν η καλλιέργεια γίνει σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα χωρίς υπόστρωμα, που τότε δεν ενδείκνυται η χρήση γλάστρας, αλλά άλλων ειδών φυτοδοχεία. Το σημαντικό πλεονέκτημα των γλαστρών είναι ότι στη βάση τους φέρουν οπές και έτσι μπορεί να γίνεται ευκολότερα η αποστράγγιση του θρεπτικού διαλύματος, με σπουδαία λεπτομέρεια την τοποθέτηση πλέγματος στις οπές της γλάστρας, ώστε να μην χάνεται το υπόστρωμα από εκεί.



Εικόνα 19: *Φυτοδοχεία υδροπονίας.*

3. Σάκοι (growth bags): το υλικό κατασκευής τους είναι ως επί το πλείστον μαλακό PE, που έχει χαρακτηριστικά μη τοξικότητας για τα φυτά και αντοχή στην υψηλή ηλιακή ακτινοβολία και θερμοκρασία. Οι σάκοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υποδοχείς σε υποστρώματα τόσο σταθερού σχήματος, όσο και μη σταθερού. Ανάλογα με τις ανάγκες ποικίλει το μέγεθος του υποδοχέα και το σχήμα του.



Εικόνα 20: *Πλαστικοί σάκοι υδροπονίας.*

2.5 Θρεπτικά διαλύματα υδροπονίας

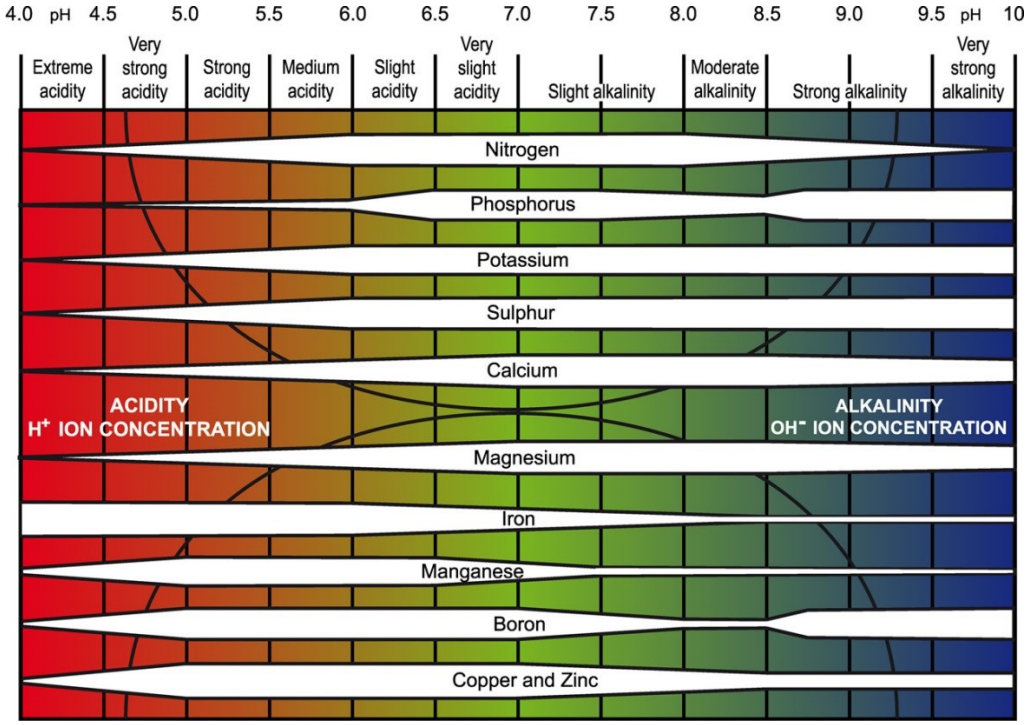
Τα θρεπτικά διαλύματα που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία είναι υγρά υλικά που περιέχουν κυρίως ανόργανα ιόντα από διαλυτά άλατα των απαραίτητων στοιχείων για τα ανώτερα φυτά. Όμως υπάρχει ενδεχόμενο να υπάρχουν και ορισμένες οργανικές ενώσεις, όπως ο χηλικός σίδηρος. Όλα τα απαραίτητα στοιχεία για το φυτό πρέπει να είναι διαθέσιμα, καθώς το καθένα επιτελεί μία διαφορετική λειτουργία και η απουσία κάποιου από αυτά πιθανόν να εμποδίσει την ολοκλήρωση κάποιων διεργασιών. Όλα εκείνα τα απαραίτητα στοιχεία για το φυτό είναι 13-17 και λαμβάνονται από το υπόστρωμα, εκτός από τον C και το O, που λαμβάνεται από την ατμόσφαιρα. Στοιχεία όπως C, H, O, N, P, S, Ca, Mg, Fe, Mn, Mo, B, Cl

είναι μερικά από τα αναγκαία θρεπτικά στοιχεία για τα ανώτερα φυτά. Όμως στα θρεπτικά διαλύματα που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία, τα σπουδαιότερα είναι N, P, K, S, Ca, Mg και αυτά μπορούν να εμπλουτιστούν με μικροθρεπτικά. Εδώ πρέπει να αναφερθεί ότι η σύσταση των θρεπτικών διαλυμάτων καθορίζει την ηλεκτρική αγωγιμότητα και την ωσμωτική ικανότητα του διαλύματος.

Οι βασικοί παράγοντες που εξετάζονται στα θρεπτικά διαλύματα που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία είναι:

- ✓ Το pH του διαλύματος

Είναι μία παράμετρος με την οποία υπολογίζεται η οξύτητα ή βασικότητα των διαλυμάτων, μετρώντας την συγκέντρωση σε ελεύθερα ιόντα H^+ ή OH^- αντίστοιχα. Η κλίμακα του pH κυμαίνεται μεταξύ 0 και 14. Ωστόσο υπάρχει ένα διάγραμμα, το διάγραμμα του Troug, στο οποίο περιγράφεται ο αντίκτυπος του pH στην διαθεσιμότητα των στοιχείων στο έδαφος (Trejo-Tellez & Gommez-Merino, 2012).



***Εικόνα 21**: Διάγραμμα Troug (PDA, 2011).*

Μεταβάλλοντας το pH σε ένα θρεπτικό διάλυμα, μπορεί να αλλάξει η σύστασή του, ο τύπος των στοιχείων και η βιοδιαθεσιμότητά του. Όσον αφορά τον τύπο των στοιχείων, μπορούν να

αλλάξουν μορφή, δηλαδή ελεύθερα ιόντα, διαλυτές ενώσεις, χηλικές ενώσεις, ζεύγη ιόντων, στερεή ή αέρια φάση και διαφορετικοί βαθμοί οξείδωσης (Trejo-Tellez & Gommez-Merino, 2012).

- ✓ Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του διαλύματος

Τελευταία οι καλλιεργητές υδροπονικών συστημάτων χρησιμοποιούν την επίδραση της αλατότητας στα διάφορα φυτικά είδη με σκοπό την αύξηση της παραγωγής. Μελέτη που έγινε σε υδροπονική καλλιέργεια τομάτας, έδειξε ότι αυξάνοντας την EC, υπήρχαν διάφορες επιδράσεις. Πιο συγκεκριμένα, εξαπλάσια αλατότητα προκάλεσε μείωση κατά 50 % στην απόδοση των φυτών. Ταυτόχρονα, αυξήθηκε η ξηρά ουσία των καρπών, με αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και μειώθηκε η πρόσληψη νερού. Δηλαδή, στα 9 dS/m η πρόσληψη νερού μειώθηκε κατά 40 % σε σχέση με την EC στα 1 dS/m. Επιπλέον, σε αυξημένη ηλεκτρική αγωγιμότητα μειώθηκε η επιφάνεια των φύλλων κατά 20 % και αυτός ήταν ένας από τους λόγους που μειώθηκε και η πρόσληψη του νερού. Ωστόσο, οι αλλαγές στην ανάπτυξη, την επιφάνεια των φύλλων και την πρόσληψη νερού προκλήθηκαν τόσο από τη συνολική ηλιακή ακτινοβολία όσο και από το επίπεδο EC και από τις αλληλεπιδράσεις τους (Schwarz & Kuchenbuch, 1998). Σε άλλη μελέτη για την τομάτα, αυξάνοντας την EC από 0 dS/m σε 3 dS/m, αυξήθηκε η απόδοση των φυτών, πιθανόν λόγω αύξησης των θρεπτικών συστατικών, ενώ σε αύξηση της EC από 3 dS/m σε 5 dS/m, μειώθηκε η απόδοση, πιθανόν λόγω αύξησης της πίεσης του νερού (Suhandy, 2014).

- ✓ Η σύσταση του διαλύματος
- ✓ Η θερμοκρασία του διαλύματος

Σχετικά με την θερμοκρασία των θρεπτικών διαλυμάτων, ανάλογα με το ύψος της καθορίζεται και ο βαθμός πρόσληψης νερού και θρεπτικών, με διαφορετική ένταση σε κάθε φυτικό είδος (Trejo-Tellez & Gommez-Merino, 2012). Σε έρευνα που έγινε όσον αφορά την θερμοκρασία του διαλύματος σε φυτά τριανταφυλλιάς, φάνηκε ότι σε θερμοκρασία θρεπτικού διαλύματος 10°C, αυξήθηκε η πρόσληψη ιόντων NO^-_3 και η παραγωγή λευκών ριζιδίων, αλλά μειώθηκε η πρόσληψη νερού. Σε γενικές γραμμές, οι συνθήκες ανάπτυξης και η παραγωγή ήταν βέλτιστη χρησιμοποιώντας θρεπτικό διάλυμα σε χαμηλή θερμοκρασία, απ' ότι σε υψηλή (Calatayud, 2008).

Σε άλλη έρευνα, με φυτά από σπανάκι, φάνηκε ότι τα φυτά είχαν αυξημένο αριθμό φύλλων, μήκος φύλλων και υγρό και ξηρό βάρος ανά φυτό σε υψηλότερες θερμοκρασίες, δηλαδή 28°C (Nxawe, et al., 2009).

Άλλη σχετικά πρόσφατη μελέτη, έδειξε ότι σε παρατεταμένη εφαρμογή υψηλής θερμοκρασίας (35°C) σε φυτά τομάτας, αρχικά μειώθηκε η πρόσληψη νερού και επηρεάστηκαν οι μεμβράνες πρόσληψης του φυτού, ενώ αργότερα μειώθηκε η διαλυτότητα του οξυγόνου. Επιπλέον, εμφανίστηκε ενζυματική οξείδωση των φαινολικών ενώσεων και η συγκέντρωση θρεπτικών στοιχείων όπως N, K, Ca ήταν μικρότερη στις ρίζες από ότι στο θρεπτικό διάλυμα (Falah, et al., 2010).

2.6 Τρόποι άρδευσης υδροπονικών καλλιεργειών

Για να κατανοήσει κανείς την άρδευση στην υδροπονία, θα πρέπει να κατανοήσει τις λειτουργικές διαδικασίες των ριζών. Δηλαδή, η ρίζα λειτουργεί σαν αποθήκη που πρέπει να γεμίζεται ξανά κάθε φορά που έχει αδειάσει και ταυτόχρονα η ρίζα λειτουργεί σαν αγωγός, ώστε διάφορα υλικά να μπορούν να φτάσουν στην επιφάνεια της. Οπότε, ως αποθήκη η ρίζα περιέχει ποικιλία από θρεπτικά συστατικά, που μόλις κάποιο από αυτά εξαντληθεί, πρέπει να αντικατασταθεί από νέες ποσότητες, μέσω της άρδευσης. Σε περίπτωση που κάποιο από αυτά τα στοιχεία βρίσκεται σε περίσσεια, τότε η άρδευση είναι υπεύθυνη για να εξισορροπήσει τις ποσότητες. Επιπροσθέτως, όπως προαναφέρθηκε, η ρίζα λειτουργεί ως αγωγός διάφορων υλικών με σκοπό να τα μεταφέρει μέσα στο φυτό. Αν αυτή η μεταφορά ουσιών από την ρίζα στο φυτό, δεν γίνει σε ικανοποιητικό επίπεδο, τότε το φυτό, θα έχει έλλειψη σε ορισμένα θρεπτικά στοιχεία ή και στο νερό, ακόμα κι αν αυτά τα υλικά βρίσκονται στις «αποθήκες» των ριζών. Αυτή η δυσκολία, της μη μεταφοράς των υλικών από τις ρίζες στα φυτά, μπορεί να ξεπεραστεί με την άρδευση, έτσι ώστε τα θρεπτικά στοιχεία που ξοδεύονται από το φυτό για τις λειτουργίες του, να αντικαθίστανται με νέα.

Έτσι λοιπόν, για να είναι ενεργές αυτές οι δύο λειτουργίες των φυτών, πρέπει να γίνεται τακτική άρδευση, ώστε να μεταφέρονται τα θρεπτικά στοιχεία και το νερό από τις ρίζες στο φυτό και να γεμίζουν οι θρεπτικές αποθήκες των ριζών. Ωστόσο, η όλη διαδικασία είναι αρκετά εύκολη αφού στην υδροπονία όλα αυτά τα συστήματα είναι διαχειρίσιμα, εν αντιθέσει με τις καλλιέργειες σε έδαφος, που η συνεχής άρδευση μπορεί να υπερχειλίσει το ριζικό σύστημα και να υπάρχει έλλειψη σε οξυγόνο. Συγκεκριμένα στα υδροπονικά συστήματα που

επανατροφοδοτούνται και δεν αποβάλλονται τα θρεπτικά διαλύματα και το νερό της άρδευσης, η «αποθήκη» των ριζών επεκτείνεται στο δοχείο όπου γίνεται η καλλιέργεια.

Όσον αφορά την ποσότητα άρδευσης, αυτή εξαρτάται από τις συνθήκες στο περιβάλλον ανάπτυξης των φυτών και την ποσότητα φυλλώματος. Υπό συνθήκες υψηλής υγρασίας, χαμηλού φωτισμού και χαμηλής θερμοκρασίας, οι ανάγκες για άρδευση των φυτών είναι πολύ μικρές. Συγκεκριμένα, οι ανάγκες των φυτών σε νερό εξαρτώνται και από το στάδιο ανάπτυξης τους, την ηλιακή ακτινοβολία, τη σχετική υγρασία και την κίνηση του αέρα. Σημαντικός παράγοντας είναι και η ποιότητα του νερού άρδευσης, που πριν χρησιμοποιηθεί πρέπει να γίνουν αναλύσεις σχετικά με τα ποσοστά σε μεταλλικά στοιχεία και ιόντα, αλλά και σχετικά με το pH. Μη έχοντας αυτά τα δεδομένα είναι πολύ δύσκολο να παρασκευαστεί το κατάλληλο θρεπτικό διάλυμα για κάθε καλλιέργεια (Schroeder & Lieth, 2002).

Τα είδη των συστημάτων άρδευσης σε υδροπονικές καλλιέργειες έχουν κατηγοριοποιηθεί με βάση το επίπεδο του αυτοματισμού και αν το σύστημα άρδευσης βρίσκεται πάνω, στο ίδιο επίπεδο, ή κάτω από το επίπεδο των φυτών. Έπειτα υπάρχει και μία υποκατηγοριοποίηση που βασίζεται στην ποσότητα άρδευσης σε συγκεκριμένο χρόνο και διαχωρίζει τα συστήματα σε μακρο- και μικρο- συστήματα.

α) Καταιονισμός από πάνω: σε αυτά τα συστήματα γίνεται εφαρμογή νερού ή θρεπτικών διαλυμάτων στο επιφανειακό τμήμα του φυτού, με αποτέλεσμα την διαβροχή του φυλλώματος. Με αυτή τη μέθοδο, υπάρχει το ενδεχόμενο να μείνουν συσσωρευμένα υπολείμματα στο φύλλωμα του φυτού, εάν το νερό δεν είναι απόλυτα καθαρό (Schroeder & Lieth, 2002). Εκτός από αυτό το μειονέκτημα, δημιουργούνται και οι προϋποθέσεις για την ανάπτυξη ασθενειών λόγω της υγρασίας στο φύλλωμα των φυτών (Lieth, 1996). Το υπερέχον πλεονέκτημα αυτής της κατηγορίας άρδευσης είναι το μειωμένο κόστος εγκατάστασης, σε σχέση με άλλα συστήματα, όμως αυτό εμπεριέχει και το μειονέκτημα της ελλιπούς άρδευσης στο σύνολο των φυτών καθώς το νερό ή το θρεπτικό διάλυμα σχεδόν ποτέ δεν φτάνει στην ρίζα. Αυτή η μέθοδος εφαρμόζεται κυρίως σε υδροπονική καλλιέργεια γλαστρικών φυτών και συγκεκριμένα σε φυτικά είδη που φυτεύονται σε μικρές αποστάσεις μεταξύ τους, όπως μικρά φυλλώδη λαχανικά (Schroeder & Lieth, 2002).

Σε αυτά τα συστήματα συγκαταλέγονται και τα συστήματα boom, δηλαδή καταιονισμός από μία κινούμενη ράβδο πάνω από τα φυτά και τα συστήματα sprinkler και mist, δηλαδή

καταιονισμός από μία σταθερή ράβδο πάνω από τα φυτά. Ωστόσο τα συστήματα ομίχλης (fog) δεν συμπεριλαμβάνονται στις μεθόδους άρδευσης, καθώς χρησιμοποιούνται για διαχείριση της ατμόσφαιρας, με μικρές σταγόνες και όχι για άρδευση της καλλιέργειας. Οι ράβδοι αποτελούνται από εκτοξευτήρες ή ακροφύσια, που διαβρέχουν ομοιόμορφα τα φυτά της καλλιέργειας. Το σύστημα καταιονισμού είναι είτε περιστρεφόμενο, ώστε να εκτοξεύει νερό προς όλες τις κατευθύνσεις με εναλλαγή, είτε σταθερό, ώστε να εκτοξεύει νερό προς όλες τις κατευθύνσεις ταυτόχρονα (Lieth & Oki, 2008). Τέλος, συνιστάται να τοποθετούνται οι εκτοξευτήρες σε απόσταση 60 % της διαμέτρου διαβροχής τους, όμως έτσι υπάρχει σπατάλη σε θρεπτικό διάλυμα. (Lieth, 1996).

β) Άρδευση με σταγόνες: είναι η πλέον εφαρμοζόμενη μέθοδος άρδευσης στις υδροπονικές καλλιέργειες επαγγελματικής κλίμακας. Σε αυτή τη μέθοδο άρδευσης γίνεται εφαρμογή του νερού μέσω σημειακών ή γραμμικών πηγών στο επίπεδο της καλλιέργειας ή κάτω από το υπόστρωμα με μικρή πίεση και χαμηλό βαθμό εξάντλησης. Είναι η πιο δημοφιλής μέθοδος άρδευσης στην υδροπονία, όμως επειδή απαιτείται χαμηλή πίεση, χρειάζεται και ένας ρυθμιστής πίεσης σε κάθε μηχανισμό στάγδην άρδευσης. Η μέθοδος στάγδην άρδευσης με χαμηλή πίεση σχεδιάστηκε με σκοπό να εφαρμοστεί σε περιστάσεις με μικρή τροφοδότηση νερού. Αποτελούνται από τον κύριο αγωγό, που αρχίζει από την κεφαλή υδρολίπανσης και διακλαδίζεται σε μικρότερους αγωγούς. Έτσι χρησιμοποιούνται σωληνώσεις από πολυαιθυλένιο διαμέτρου Ø13, που ενώνεται με τον κεντρικό αγωγό άρδευσης. Μικρότερες σωληνώσεις διαμέτρου Ø3 και Ø1 από βινύλιο, χρησιμοποιούνται για τις ενώσεις μεταξύ αγωγών. Σε μόνιμες εγκαταστάσεις εγκαθίστανται σωληνώσεις από PVC θαμμένες κάτω από την καλλιέργεια για μεταφορά των θρεπτικών διαλυμάτων. Επάνω στους αγωγούς υπάρχουν οι σταλάκτες, που διατίθενται σε διάφορους τύπους, με πιο χρησιμοποιούμενο το μικροσωλήνα για υπόστρωμα σε γλάστρες ή σάκους και σταλακτηφόροι σωλήνες για υποστρώματα που βρίσκονται σε κανάλια. Οι σταλάκτες που βρίσκονται στους σταλακτηφόρους σωλήνες, βρίσκονται σε απόσταση τέτοια μεταξύ τους, ώστε να υπάρχουν 1-2 σταλάκτες ανά φυτό (Schroeder & Lieth, 2002).

Οι σταλάκτες εξασφαλίζουν μικρή ροή (2-5 L/h) και συνεπώς απορροφάται το θρεπτικό διάλυμα επαρκώς, χωρίς να δημιουργούνται ασφυκτικές συνθήκες στη ρίζα λόγω πλημμύρας. Επιπλέον με την στάγδην άρδευση επιτυγχάνεται η ικανοποιητική κατανομή του αρδευτικού νερού μέχρι την ζώνη της ρίζας και ταυτόχρονα η οικονομία σε νερό και λίπανση (Lieth & Oki,

2008). Το αρνητικό χαρακτηριστικό αυτού του τρόπου άρδευσης είναι το φράξιμο των σταλακτών, λόγω των αλάτων που υπάρχουν στο νερό. Προκειμένου να ρυθμιστεί αυτό το πρόβλημα απαιτείται η χρησιμοποίηση κατάλληλων φίλτρων για το αρδευτικό νερό (Hanan, 1998).

γ) Σύστημα άρδευσης με κατάκλιση κάτω από την επιφάνεια και αποστράγγιση: αυτή η μέθοδος άρδευσης είναι κατάλληλη σε περιπτώσεις που το αρδευτικό νερό περιέχει πολύ λίγα ως μηδενικά άλατα (Montesano, et al., 2010). Σε αυτά τα συστήματα μεταφέρεται το θρεπτικό διάλυμα προς την ρίζα από μηχανισμούς που υπάρχουν κάτω από την επιφάνεια της καλλιέργειας. Συμπεριλαμβάνονται σε αυτά τριχοειδή στρώματα, δοχεία και συστήματα ebb and flow. Τέτοιου είδους συστήματα έχουν το μειονέκτημα ότι συσσωρεύουν άλατα στο ενεργό ριζόστρωμα, με αποτέλεσμα την μείωση της παραγωγής (Rouphael & Colla, 2005). Αυτό συμβαίνει γιατί το θρεπτικό διάλυμα εισέρχεται από την βάση του φυτού και ταυτόχρονα, νερό εξατμίζεται από την κορυφή του υποστρώματος. Γι' αυτό το λόγο χρειάζονται και συστήματα καταιονισμού πάνω από την καλλιέργεια, ώστε να ξεπλένονται αυτά τα άλατα (Schroeder & Lieth, 2002). Συστήματα άρδευσης με υποεπιφανειακούς μηχανισμούς, προκειμένου να έχουν ομοιόμορφη παροχή νερού χρειάζονται επίπεδες επιφάνειες, αλλά την ίδια στιγμή χρειάζονται και επιφάνειες με κλίση για να γίνεται η αποστράγγιση του νερού. Για να γίνεται η ταυτόχρονη επίτευξη αυτών των αναγκών χρειάζεται να τοποθετούνται οι υποδοχείς των υποστρωμάτων πάνω σε επίπεδες επιφάνειες και οι υδρορροές με μικρή κλίση. Έτσι θα πρέπει το μήκος των καναλιών να είναι μικρό <20 m και με ψηλά τα πλαϊνά τοιχώματα (Schroeder & Lieth, 2002).

Σε αυτά τα συστήματα συνιστάται η διακεκομμένη κατάκλιση των καναλιών και αποστράγγιση τους. Τέτοιοι τύποι άρδευσης ονομάζονται ebb and flow συστήματα. Από την άλλη δεν συνιστάται η συνεχής κατάκλιση, γιατί το ριζικό σύστημα των φυτών, δεν θα αντέξει σε ασφυκτικές συνθήκες, χωρίς την παρουσία οξυγόνου, πράγμα που έχει δυσμενείς συνέπειες για την καλλιέργεια. Στα συστήματα ebb and flow, περιορίζεται ο χρόνος κατάκλισης σε μικρή διάρκεια, ενώ ο χρόνος αποστράγγισης είναι πιο εκτεταμένος (Uva, et al., 1998) και η αποστράγγιση του νερού γίνεται από αποστραγγιστικά κανάλια και είναι ένα σύστημα που χρησιμοποιείται για υδροπονική καλλιέργεια νεαρών φυτών (Schroeder & Lieth, 2002). Κατά την άρδευση με κατάκλιση επιτυγχάνονται τα εξής:

- ✓ Εξοικονόμηση νερού,

- ✓ Χαμηλό κόστος,
- ✓ Ομοιομορφία στην τροφοδότηση με θρεπτικά διαλύματα (Uva, et al., 1998).

Η διαδικασία σε ένα τέτοιο σύστημα άρδευσης είναι η εξής: τοποθετούνται υποδοχείς των υποστρωμάτων μέσα σε κανάλια, τα οποία είναι τροφοδοτημένα με θρεπτικό διάλυμα. Το θρεπτικό διάλυμα εισέρχεται από τις σχισμές των υποδοχέων των υποστρωμάτων και κινείται προς τα πάνω λόγω τριχοειδούς φαινομένου. Λόγω αυτού του φαινομένου το θρεπτικό διάλυμα φτάνει ως την κορυφή του υποστρώματος (Hanan, 1998) και δεν επιστρέφει πίσω επομένως τα άλατα που συσσωρεύονται δεν ξεπλένονται χωρίς παρέμβαση (Incrocci, et al., 2006). Η εφαρμογή των θρεπτικών διαλυμάτων γίνεται ανά διαστήματα στην κορυφή των καναλιών και έτσι μεταφέρεται μέσω αγωγών σε όλη την έκταση του συστήματος. Τέλος επειδή γίνεται ανακύκλωση των θρεπτικών διαλυμάτων, δεν υπάρχει φόβος σε αυτή τη μέθοδο άρδευσης, για επιμόλυνση από παθογόνους μικροοργανισμούς στην καλλιέργεια (Santamaria, et al., 2003).

δ) Σύστημα άρδευσης επιδαπέδια με μικροκαταιονιστήρες: αυτή η μέθοδος άρδευσης χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις που τα υποστρώματα είναι τοποθετημένα σε γλάστρες ή κανάλια. Είναι κατάλληλη μέθοδος για φυτά με πυκνή φύτευση, όπου δεν μπορούν να τοποθετηθούν 1-2 σταλάκτες ανά φυτό, όπως γίνεται στην άρδευση με σταγόνες. Δεν αποτελεί αρδευτική μέθοδο με συχνή εφαρμογή στην υδροπονία. Στην επιδαπέδια άρδευση με μικροκαταιονιστήρες, υπάρχουν μικροκαταιονιστές επάνω σε πλαστικούς σωλήνες, που έχουν τοποθετηθεί στο δάπεδο και ο αριθμός των καταιονιστήρων εξαρτάται από το είδος της καλλιέργειας και το υπόστρωμά της.

Η προαναφερόμενη μέθοδος έχει τα εξής αρνητικά χαρακτηριστικά:

- Σπατάλη σε νερό και θρεπτικά διαλύματα λόγω μεγάλων απορροών,
- Απώλεια νερού από μικροκαταιονιστήρες λόγω εξάτμισης,
- Μεγάλος κίνδυνος ανάπτυξης παθολογικών καταστάσεων στα φυτά, επειδή βρέχεται ο λαιμός τους και τα κατώτερα φύλλα.

Συνεπώς, αυτή η μέθοδος άρδευσης είναι πιο συμφέρουσα σε κλειστά υδροπονικά συστήματα, όπου ανακυκλώνεται το θρεπτικό διάλυμα και δεν χάνεται ως απόβλητο (Schroeder & Lieth, 2002).

ε) Σύστημα άρδευσης με συνεχή ροή θρεπτικού διαλύματος: τέτοιου είδους συστήματα άρδευσης εφαρμόζονται ως επί το πλείστον σε συστήματα καλλιέργειας που είναι κλειστά, δηλαδή υπάρχει ανακύκλωση των θρεπτικών διαλυμάτων που χρησιμοποιούνται. Έτσι δεν υπάρχουν σπατάλες νερού και λίπανσης, καθώς δεν αποβάλλονται από το σύστημα αλλά επαναχρησιμοποιούνται. Το μόνο αρνητικό είναι ότι δεν υπάρχει επαρκής αερισμός του ριζικού συστήματος, επειδή τα φυτά βρίσκονται μονίμως σε περίσσεια νερού (Schroeder & Lieth, 2002).

στ) Σύστημα άρδευσης με στάσιμο διάλυμα: το τελευταίο είδος άρδευσης που περιγράφεται είναι αυτό στο οποίο η καλλιέργεια αρδεύεται από στάσιμο νερό, που βρίσκεται σε κλειστά δοχεία. Όταν η στάθμη των δοχείων πέσει κάτω από ένα ορισμένο επίπεδο, τότε εξαρτήματα του συστήματος, όπως ο πλωτήρας ή οι αισθητήρες υδροστατικής πίεσης, επιτρέπουν την είσοδο νερού και θρεπτικού διαλύματος στα δοχεία. Το σύνολο του αρδευτικού νερού και θρεπτικού διαλύματος προέρχεται από την κεφαλή υδρολίπανσης και έπειτα διαχέεται στα δοχεία. Το σπουδαίο πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι τα φυτά της καλλιέργειας λαμβάνουν νερό και θρεπτικό διάλυμα όσο και όποτε χρειάζονται, συνεπώς δεν υπάρχουν σπατάλες, ενώ ταυτόχρονα τα φυτά είναι πλήρη (Savvas & Manos, 1998).

3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙ: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

3.1 Εισαγωγή

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως στόχο να διερευνήσει την επίδραση διαφόρων παραγόντων σε **κλειστό σύστημα υδροπονικής καλλιέργειας** του ασκόλυμπρου. Οι παράγοντες που μελετήθηκαν είναι η χρήση διαφορετικών υποστρωμάτων και υποδοχέων των υποστρωμάτων στην καλλιέργεια, η διαφορετική πυκνότητα φύτευσης του ασκόλυμπρου σε γλάστρες 10 L, η δημιουργία διαφορετικών φωτοπεριόδικών για την πρόκληση εκτός εποχής άνθησης και η επίδραση της στην παραγωγή και η μέθοδος άρδευσης των φυτών που φυτεύτηκαν σε γλάστρες 10 L. Η εκτέλεση των ανωτέρω χειρισμών έγινε στο υαλόφρακτο μη θερμαινόμενο θερμοκήπιο του Αγροκτήματος του Ελληνικού Μεσογειακού Πανεπιστημίου την περίοδο από Φεβρουάριο-Μάιο του 2020.

Στην έρευνα μας επιλέχτηκε το κλειστό σύστημα καλλιέργειας με ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος με σκοπό να δοκιμαστεί κατά πόσον αυτή η μέθοδος ακόμη και χωρίς απολύμανση του ανακυκλούμενου θρεπτικού διαλύματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την υδροπονική καλλιέργεια του ασκόλυμπρου βασιζόμενοι σε οικονομικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες, δεδομένου ότι εξοικονομείται σημαντική ποσότητα νερού και λιπασμάτων και επίσης προστατεύεται το περιβάλλον από την ρύπανση του εδάφους και των υπόγειων υδροφορέων κυρίως από τα νιτρικά που απορρίπτονται από το πλεονάζον θρεπτικό διάλυμα των ανοικτών συστημάτων (Lieten, 2004; Σάββας, 2011).

Έρευνα για την υδροπονική καλλιέργεια του ασκόλυμπρου έγινε το 2020 από τους Papadimitriou, et al., που εφάρμοσαν ως εναλλακτική μέθοδο καλλιέργειας την υδροπονική καλλιέργεια ανοικτού συστήματος, με σκοπό να παρακαμφθούν εμπόδια που δημιουργούνται στις συμβατικές εδαφικές καλλιέργειες. όπως η καταπολέμηση των ζιζανίων και η \ διαχείριση του αρδευτικού νερού και των λιπασμάτων. Έτσι, αυτή η ομάδα ερευνητών μελέτησε την επίδραση διαφορετικών αναλογιών N:K και διαφορετικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας στον ασκόλυμπρο. Από τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης έρευνας φάνηκε ότι η N:K, 1.5/1 αύξησε το νωπό βάρος των φύλλων και των σαρκωδών ριζών του ασκόλυμπρου, ενώ η μεταβολή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του θρεπτικού διαλύματος από το 2,2 στο 2,8 mS δεν είχε σημαντική επίδραση στην παραγωγή. Επίσης έρευνα του ίδιου ερευνητή σχετικά με την επίδραση διαφόρων

υποστρωμάτων και υποδοχέων υποστρώματος και θρεπτικού διαλύματος υδροπονικής καλλιέργειας του ασκολυμπρου έδειξε ότι η ανάμειξη του περλίτη με διάφορες αναλογίες κόκκου και οι υποδοχείς τύπου πλαστικού σάκου αντί γλάστρας βελτίωσαν ποσοτικά την παραγωγή του ασκόλυμπρου σε σχέση με την καλλιέργεια σε σκέτο περλίτη ή ελαφρόπετρα (Παπαδημητρίου κ.ά., 2020).

Σε άλλη έρευνα σχετική με την υδροπονική καλλιέργεια ενός άλλου αυτοφυούς φυτού, του σταμναγκαθιού (*Cichorium spinosum*), έδειξε ότι υψηλή αλατότητα σε καλλιέργειες με υποστρώματα όπως περλίτη, ελαφρόπετρας και άμμου μεγαλύτερη των 40 mmol/L NaCl, οδήγησε στη μείωση του αριθμού των φύλλων, του μεγέθους των φύλλων και του συνολικού βάρους των φυτών, ενώ σε υπόστρωμα πετροβάμβακα μειώθηκε το συνολικό βάρος των φυτών, αλλά αυξήθηκε ο αριθμός των φύλλων. Σε μικρότερη αλατότητα ωστόσο, οι προς μελέτη επεμβάσεις δεν διαφοροποιήθηκαν ιδιαίτερα από τους μάρτυρες. Τέλος, οι ερευνητές, δεν εντόπισαν αλλαγές στην περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη των φύλλων σε επεμβάσεις με τροποποιημένη αλατότητα (Klados & N.Tzortzakis, 2014).

Επίσης σε υδροπονική καλλιέργεια αγγουριάς σε ελαφρόπετρα, περλίτη, ή ζεόλιθο με ή χωρίς ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος βρέθηκε ότι ενώ δεν υπήρξε σημαντική διαφορά στην παραγωγή ενώ καταναλώθηκε 56 % περισσότερο θρεπτικό διάλυμα με πρόσθετες επιπτώσεις τόσο στο περιβάλλον όσο και στην οικονομικότητα του συστήματος (Δασκαλάκη και Οικονομάκης, 2003).

3.2 Υλικά και μέθοδοι

Συνολικά έγιναν 4 πειράματα κατά την διάρκεια εκπόνησης της παρούσας πτυχιακής εργασίας που αναλύονται παρακάτω:

3.2.1 Πείραμα διερεύνησης του υποστρώματος και του υποδοχέα καλλιέργειας

Στο συγκεκριμένο πείραμα μελετήθηκε η επίδραση διαφορετικών υποστρωμάτων και μειγμάτων αυτών, καθώς και των υποδοχέων υποστρωμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάπτυξη φυτών ασκόλυμπρου. Ως υποστρώματα χρησιμοποιήθηκαν:

- ✓ 100 % περλίτης (περλίτης),

- ✓ 100 % κατεργασμένος κόκκος (κατεργασμένος κόκκος),
- ✓ 100 % ακατέργαστος κόκκος (ακατέργαστος κόκκος),
- ✓ 75 % κατεργασμένος κόκκος / 25 % περλίτης,
- ✓ 75 % ακατέργαστος κόκκος / 25 % περλίτης,
- ✓ 25 % κατεργασμένος κόκκος / 75 % περλίτης,
- ✓ 25 % ακατέργαστος κόκκος / 75 % περλίτης.

  τα οποία τοποθετήθηκαν σε γλάστρες 10 L (ύψος υποστρώματος 20 cm) ή σε πλαστικούς σάκους 30 L (ύψος υποστρώματος 13 cm) με ένα φυτό ανά γλάστρα και 3 φυτά ανά σάκο (Εικόνα 22).

Το πείραμα εγκαταστάθηκε σε κλειστό υδροπονικό σύστημα με ανακυκλούμενο θρεπτικό διάλυμα κατάλληλης σύνθεσης (Papadimitriou et al., 2020) και η άρδευση γινόταν κάθε 4 ώρες 3 φορές την ημέρα με ποσότητα τέτοια ώστε να υπάρχει 20-40 % περίπου απορροή μετά από κάθε άρδευση. Μετά από ένα μήνα έγινε μέτρηση την υγρασίας % του πορώδους των υποστρωμάτων 5 cm από την κορυφή και 5 cm από την βάση τους λίγο μετά και λίγο πριν από κάθε άρδευση με την χρήση ενός οργάνου (Εικόνα 23) που αποτελείται από 3 διηλεκτρικούς αισθητήρες που μετρούν την θερμοκρασία, την υγρασία και την ηλεκτρική αγωγιμότητα του υποστρώματος (κοινώς τρίαινα). Το όργανο αυτό χρησιμοποιείται στην υδροπονία για τη διαχείριση της συχνότητας άρδευσης των υποστρωμάτων (συνιστάται να επαναλαμβάνεται η άρδευση όταν πέσει η υγρασία του υποστρώματος κάτω από το 30-40 % του πορώδους του).



Εικόνα 22: Γενική άποψη του πειράματος της επίδρασης των υποστρωμάτων και υποδοχέων *αμέσως μετά την φύτευση του ασκόλυμπρου.*



***Εικόνα 23**: Moisture Meter, Type HH2 (Τρίαινα).*

Μετά από 4 μήνες έγινε μέτρηση του αριθμού φύλλων των φυτών, αλλά και του μήκους τους, ώστε να γίνει σύγκριση όσον αφορά την ανάπτυξη των φυτών σε κάθε υπόστρωμα. Επιπλέον, μετρήθηκε η πυκνότητα της χλωροφύλλης στα φύλλα του ασκόλυμπρου με χλωροφυλλόμετρο (Minolta spadmeter) (Εικόνα 24),. Τέλος, μετρήθηκε το νωπό βάρος των φύλλων και των σαρκωδών ριζών (=ριζοκόνδυλων) των φυτών. Το βάρος των ριζών αποτελεί σημαντικό χαρακτηριστικό για τον ασκόλυμπρο, αφού είναι το κύριο εδώδιμο και επομένως εμπορεύσιμο τμήμα του.



Εικόνα 24*: Spadmeter Minolta.*

Στο πείραμα μελετήθηκε και η επίδραση του διαφορετικού υποδοχέα υποστρώματος (γλάστρα-σάκος).

Το πείραμα της επίδρασης διαφορετικών υποστρωμάτων και υποδοχέων διήρκεσε από τον Φεβρουάριο- Μάιο του 2020, και στο χώρο του θερμοκηπίου υπήρχαν οι εξής περιβαλλοντικές συνθήκες τους μήνες Φεβρουάριο-Μάρτιο (πίνακας 2) που υπήρχε η δυνατότητα λήψης περιβαλλοντικών δεδομένων:

Πίνακας 22: *Συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας στον χώρο του πειράματος υποστρωμάτων.*

Μ.Ο. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 09.00 π.μ.	**10,28°C**
Μ.Ο. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 12.00 μ.μ.	**21,35°C**
Μ.Ο. ΣΧ. ΥΓΡΑΣΙΑΣ 09.00 π.μ.	**69,64 %**
Μ.Ο. ΣΧ. ΥΓΡΑΣΙΑΣ 12.00 μ.μ.	**49,14 %**

3.2.2 Πείραμα πυκνότητας φύτευσης

Σε αυτό το πείραμα έγινε μελέτη της επίδρασης του αριθμού των φυτών σε κάθε υποδοχέα στην ανάπτυξη και την παραγωγή των φυτών. Ως υποδοχείς χρησιμοποιήθηκαν γλάστρες 10 L, και σε κάθε γλάστρα φυτεύτηκε ένα, δύο, τρία ή τέσσερα φυτά (4 επεμβάσεις). Σε κάθε επέμβαση έγιναν τρεις επαναλήψεις, δηλαδή τρεις γλάστρες με τα αντίστοιχα φυτά.

Οι μετρήσεις που έγιναν ήταν: μέτρηση του αριθμού και μήκους φύλλων των φυτών, μέτρηση της χλωροφύλλης των φύλλων των φυτών και μέτρηση του νωπού βάρους των ριζοκόνδυλων.

3.2.3 Πείραμα εφαρμογής φωτοπεριόδου

Σε αυτό το πείραμα εφαρμόστηκαν τέσσερις συνθήκες φωτοπεριοδικού φωτισμού στον χώρο της καλλιέργειας και μελετήθηκε η επίδραση στην ανάπτυξη των φυτών υπό αυτές τις συνθήκες με σκοπό να εξεταστεί η επίδραση της φωτοπεριόδου στην ανάπτυξη, άνθιση και παραγωγή εδώδιμης βιομάζας.

Οι επεμβάσεις ήταν :

- ✓ Μεγάλη μέρα 16 ωρών (φυσικός φωτισμός και συμπληρωματικός με λάμπες νατρίου υψηλής έντασης 5000 lux (LD1),
- ✓ Μικρή μέρα 8 ωρών φυσικού (SD),
- ✓ Μεγάλη 16 ωρών (φυσικός φωτισμός και συμπληρωματικός με λάμπες led χαμηλής έντασης 300 lux (LD2),
- ✓ Φυσική μέρα 12-14 hours (Μάρτιος-Μάιος) (ND).

Η μέτρηση του συμπληρωματικού τεχνητού φωτισμού έγινε με φορητό φωτόμετρο ή Luxmeter που με ένα αισθητήρα σιλικόνης μετρά την ένταση της φωτεινής ακτινοβολίας εκφρασμένη σε lux ή Klux (Εικόνα 25).

Τα φυτά φυτεύτηκαν σε γλάστρες 5 L με υπόστρωμα περλίτη/τύρφη 1/1 και σε 4 επαναλήψεις/επέμβαση

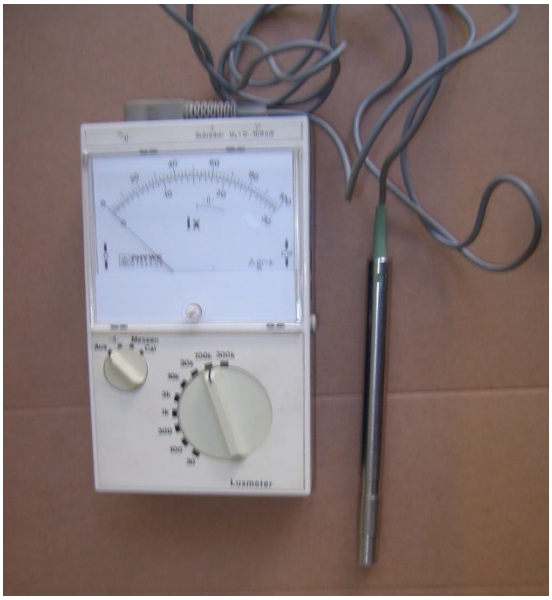
Το πείραμα εφαρμογής της φωτοπεριόδου έλαβε χώρα από Μάρτιο-Μάιο του 2020. Κατά τη διάρκεια του μηνός Μαρτίου έγινε μέτρηση των συνθηκών στον χώρο του πειράματος της φωτοπεριόδου που παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί (πίνακας 3):

Πίνακας 33: *Συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας στον χώρο του πειράματος φωτισμού.*

Μ.Ο. ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ Μαρτίου 09.00 π.μ.	**11,18°C**
Μ.Ο. ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ Μαρτίου 12.00 μ.μ.	**23,19°C**
Μ.Ο. ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ Μαρτίου 09.00 π.μ.	**80,01 %**
Μ.Ο. ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ Μαρτίου 12.00 μ.μ.	**53,98 %**

Όπως και στα υπόλοιπα πειράματα, έτσι και σε αυτό έγιναν μετρήσεις που αφορούν τον αριθμό και το μήκος των φύλλων των φυτών, την πυκνότητα της χλωροφύλλης των φύλλων καθώς και στο τέλος του πειράματος το νωπό βάρος του υπέργειου και υπόγειου μέρους των φυτών.

.



Εικόνα 25*: Φωτόμετρο ή luxmeter.*

3.2.4 Πείραμα εφαρμογής δύο μεθόδων άρδευσης- υδρολίπανσης

Αυτό αποτελεί το δεύτερο πείραμα της παρούσας πτυχιακής διατριβής, στο οποίο εξετάστηκε κατά πόσο επηρεάζει η μέθοδος άρδευσης την ανάπτυξη των φυτών ασκόλυμπρου. Οι μέθοδοι άρδευσης που εφαρμόστηκαν ήταν η στάγδην άρδευση στην επιφάνεια του υποστρώματος των γλαστρών που ήταν φυτεμένα τα φυτά του ασκόλυμπρου και η άρδευση με τριχοειδή απορρόφηση του νερού με το σύστημα της κατάκλισης (ebb and flow) του πάγκου που ήταν τοποθετημένες οι γλάστρες, που αναλύονται παραπάνω. Οι μετρήσεις που έγιναν ήταν ο αριθμός και το μήκος των φύλλων των φυτών, το ποσοστό άνθησης των φυτών, η πυκνότητα της χλωροφύλλης στα φύλλα, το νωπό βάρος των ριζοκόνδυλων των φυτών του ασκόλυμπρου και η υγρασία % του πορώδους 5 cm από την κορυφή και την βάση των υποστρωμάτων, με τη μέθοδο που αναλύθηκε στο πρώτο πείραμα. Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί ότι η στάγδην άρδευση εφαρμοζόταν 3 φορές την ημέρα κατά τις ώρες 9.00 π.μ., 13.00 μ.μ και 17.00 μ.μ., ενώ η άρδευση με κατάκλιση και τριχοειδή απορρόφηση του θρεπτικού διαλύματος εφαρμοζόταν μία φορά ανά δύο μέρες για μια ώρα σε αυτοποτιζόμενους πάγκους ebb and flow.

3.2.5 Θρεπτικό διάλυμα των 4 πειραμάτων

Για τις ανάγκες θρέψης των φυτών χρησιμοποιήθηκε το ίδιο θρεπτικό διάλυμα σε όλα τα πειράματα, η σύνθεση του οποίου περιγράφεται στον πίνακα 4.

Πίνακας 4: *Σύνθεση θρεπτικού διαλύματος σύμφωνα με τα επιθυμητά χαρακτηριστικά μακροστοιχείων και ιχνοστοιχείων (mmol/L και μmol/L, αντίστοιχα).*

Χαρακτηριστικά θρεπτικού διαλύματος τροφοδοσίας	
EC (dS/m)	2,20
pH	5,60
K^{+1}	6,28
Ca^{+2}	16,14
Mg^{-2}	8,96
NO^{3-}	9,00
NH_4^+	1,00
H_2PO^-	1,30
Fe^{+2}	20,00
Mn^{+2}	10,00
Zn^{+2}	7,00
Cu^{+2}	0,80
B	25,00
Mo	0,60
Si	0,00

SO_4^{-2}	17,62

3.2.6 Στατιστική ανάλυση

Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής αναλύθηκαν με τη βοήθεια του προγράμματος στατιστικής ανάλυσης SPSS. Προκειμένου να πραγματοποιηθεί ο έλεγχος υποθέσεων χρησιμοποιήθηκε ο έλεγχος της διακύμανσης των τιμών (ANOVA). Η δοκιμή σημαντικότητας των διαφορών των μέσων όρων έγινε με το κριτήριο Duncan.

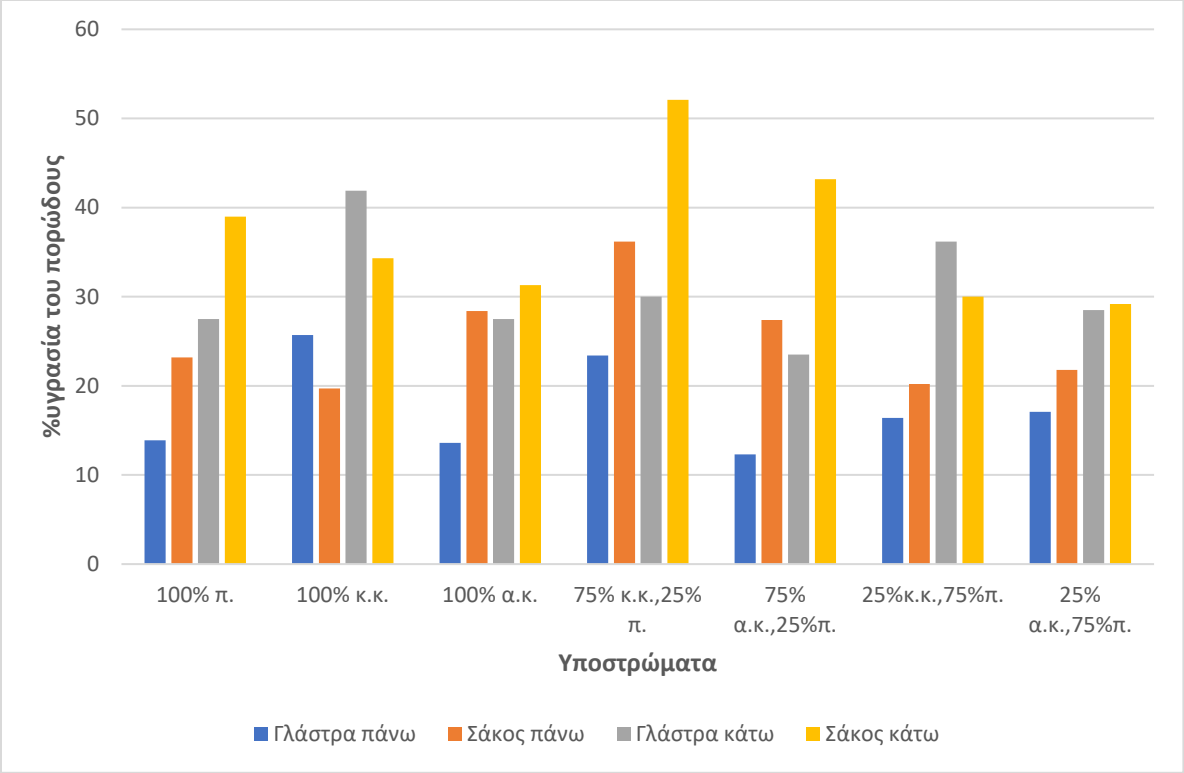
4. Αποτελέσματα

4.1 Επίδραση των υποστρωμάτων και υποδοχέων υδροπονικής καλλιέργειας ασκόλυμπρου

Στον πίνακα 5 που ακολουθεί φαίνεται η % υγρασία του πορώδους των υποστρωμάτων σε βάθος 5 cm από την κορυφή και τη βάση του υποστρώματος σε γλάστρες και σάκους μία ώρα και τρεις ώρες μετά την άρδευση.

Πίνακας 5: *Υγρασία % του πορώδους του υποστρώματος στα 5cm από την κορυφή και 5cm από την βάση του κάθε υποστρώματος σε γλάστρες και σάκους με στάγδην άρδευση μία ώρα και μετά την άρδευση.*

Υπόστρωμα	***Υγρασία % του πορώδους στα πάνω 5 cm του υποστρώματος 1 ώρα μετά την άρδευση***		***Υγρασία %του πορώδους στα κάτω 5 cm του υποστρώματος 1 ώρα μετά την άρδευση***	
	Γλάστρα	**Σάκος**	**Γλάστρα**	**Σάκος**
100% π.	13,9	23,2	27,5	39
100% κ.κ.	25,7	19,7	41,9	34,3
100% α.κ.	13,6	28,4	27,5	31,3
75% κ.κ.,25% π.	23,4	36,2	30	52,1
75% α.κ.,25%π.	12,3	27,4	23,5	43,2
25%κ.κ.,75%π.	16,4	20,2	36,2	30
25% α.κ.,75%π.	17,1	21,8	28,5	29,2

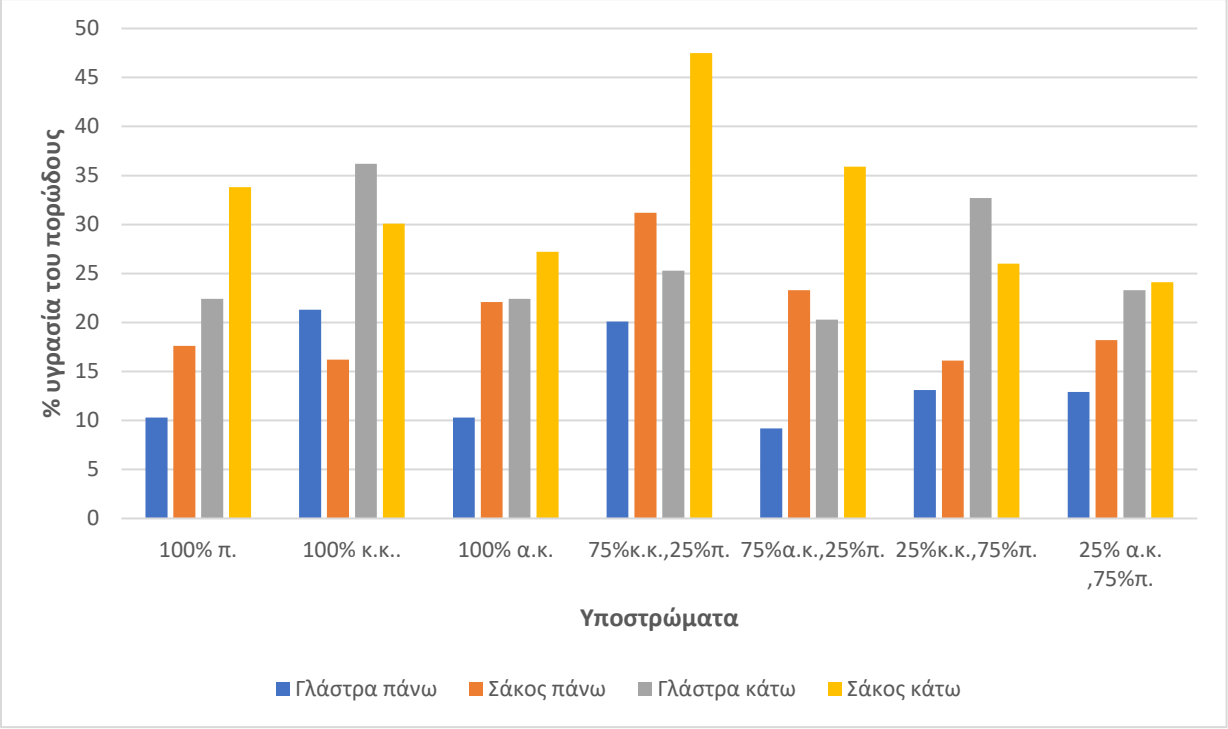


Γράφημα 11: *Γραφική απεικόνιση της υγρασίας % του πορώδους του υποστρώματος στα 5cm από την κορυφή και 5cm από την βάση του κάθε υποστρώματος σε γλάστρες και σάκους με στάγδην άρδευση μία ώρα μετά την άρδευση.*

Από τον παραπάνω πίνακα και γράφημα διαπιστώνεται ότι μεγαλύτερη συγκράτηση υγρασίας μία ώρα μετά την άρδευση στα 5 κατώτερα εκατοστά του υποστρώματος είχε το υπόστρωμα 75% κατεργασμένου κόκκος-25% περλίτη σε σάκο. Αντίστοιχα στα κατώτερα 5cm σε γλάστρες, μεγαλύτερη υγρασία συγκράτησε το υπόστρωμα 100% κατεργασμένου κόκκου. Στα ανώτερα 5cm των υποστρωμάτων, βρέθηκε ότι μεγαλύτερη συγκράτηση υγρασία είχε το υπόστρωμα με 100% κατεργασμένο κόκκο. Γενικά, παρατηρείται ότι τα υποστρώματα στο σάκο συγκρατούσαν περισσότερη υγρασία από τα αντίστοιχα στη γλάστρα, επίσης η συγκράτηση υγρασίας ήταν μεγαλύτερη στα υποστρώματα που περιείχαν μεγαλύτερο ποσοστό κόκκου και ιδιαίτερα κατεργασμένου και επίσης η υγρασία στα 5cm από την κορυφή των υποστρωμάτων ήταν μικρότερη κατά 40-50 % από ότι κοντά στη βάση τους στις γλάστρες και 20-30 % στους σάκους.

Πίνακας 6 *Υγρασία % του πορώδους του υποστρώματος στα 5cm από την κορυφή και 5cm από την βάση του κάθε υποστρώματος σε γλάστρες και σάκους με στάγδην άρδευση 3 ώρες μετά την άρδευση.*

Υπόστρωμα	***Υγρασία % του πορώδους στα πάνω 5cm του υποστρώματος 3 ώρες μετά την άρδευση***		***Υγρασία %του πορώδους στα κάτω 5 cm του υποστρώματος 3 ώρες μετά την άρδευση***	
	Γλάστρα	**Σάκος**	**Γλάστρα**	**Σάκος**
100% π.	10,3	17,6	22,4	33,8
100% κ.κ.	21,3	16,2	36,2	30,1
100% α.κ.	10,3	22,1	22,4	27,2
75%κ.κ.,25%π.	20,1	31,2	25,3	47,5
75%α.κ.,25%π.	9,2	23,3	20,3	35,9
25%κ.κ.,75%π.	13,1	16,1	32,7	26
25%α.κ.,75%π.	12,9	18,2	23,3	24,1



Γράφημα 2: *Γραφική απεικόνιση της υγρασίας % του πορώδους του υποστρώματος στα 5cm από την κορυφή και 5cm από την βάση του κάθε υποστρώματος σε γλάστρες και σάκους με στάγδην άρδευση 3 ώρες μετά την άρδευση.*

Μετά 3 ώρες από την άρδευση βρέθηκε ότι στα 5 ανώτερα cm του υποστρώματος περισσότερη υγρασία συγκρατείται γενικά στους σάκους, με εξαίρεση το υπόστρωμα 100 % κατεργασμένο κόκκο, που η υγρασία ήταν περισσότερη στις γλάστρες. Όσον αφορά τα κατώτερα 5 cm των υποστρωμάτων, βρέθηκε ότι μεγάλη ποσότητα υγρασία συγκρατείται σε σάκο με 75 % κατεργασμένο κόκκο-25% περλίτη. Γενικά διαπιστώθηκε ότι συγκρατείται περισσότερη υγρασία στο κάτω μέρος των σάκων, με εξαίρεση τα υποστρώματα με 100 % κατεργασμένο κόκκο και 25 % κατεργασμένο κόκκο-75 % περλίτη.

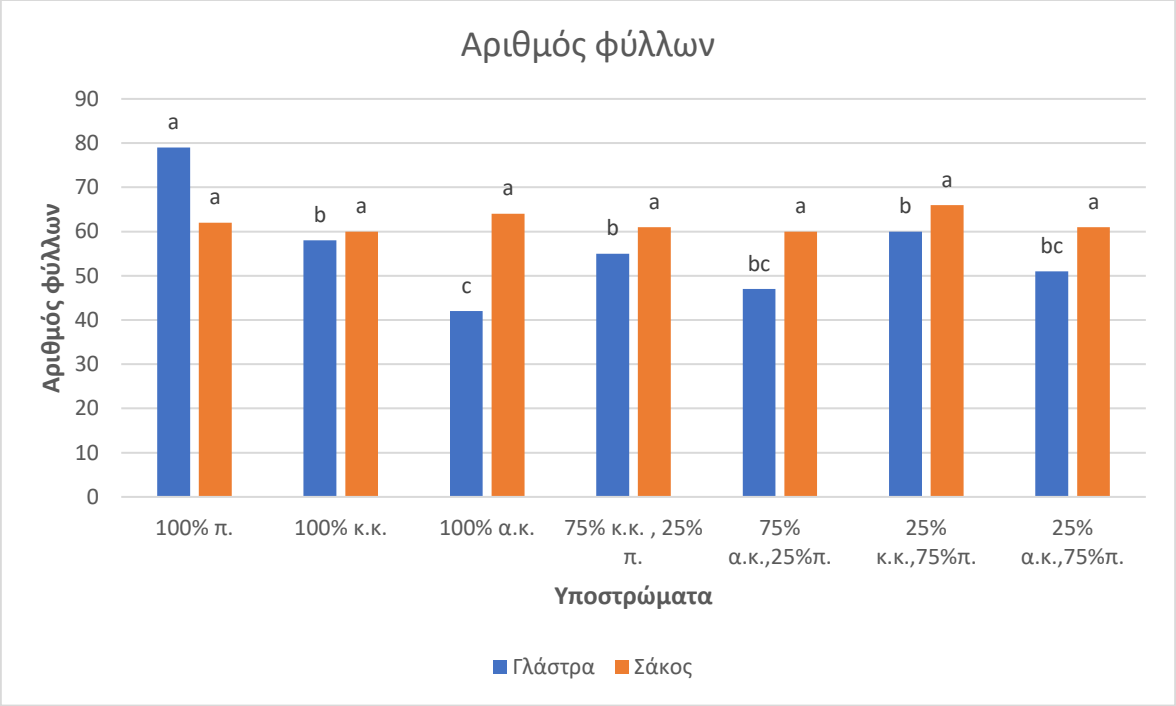
Η σύγκριση μεταξύ της υγρασίας των υποστρωμάτων 1 ώρα και 3 ώρες μετά από μια άρδευση έδειξε ότι η υγρασία μειώνεται περισσότερο με την πάροδο του χρόνου στα υποστρώματα με το μεγαλύτερο ποσοστό περλίτη και περισσότερο στο άνω μέρος του υποστρώματος, ιδιαίτερα αν το υπόστρωμα είναι τοποθετημένο σε γλάστρες.

Στον πίνακα 7 και στα γραφήματα 3, 4 και 5 εμφανίζονται τα αποτελέσματα σε διάφορες ποσοτικές και φυσιολογικές παραμέτρους των φυτών σε κάθε υπόστρωμα και υποδοχέα. Ο αριθμός των παραγομένων φύλλων διαφοροποιήθηκε, με μεγαλύτερο αριθμό στις γλάστρες στον καθαρό περλίτη ακολουθούμενα από τον καθαρό κόκο ενώ στους σάκους δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά. Επίσης δεν υπήρξε σημαντική διαφορά μεταξύ όλων των υποστρωμάτων και υποδοχέων τόσο στο μήκος των φύλλων όσο και στην συγκέντρωση της χλωροφύλλης στα φύλλα των φυτών.

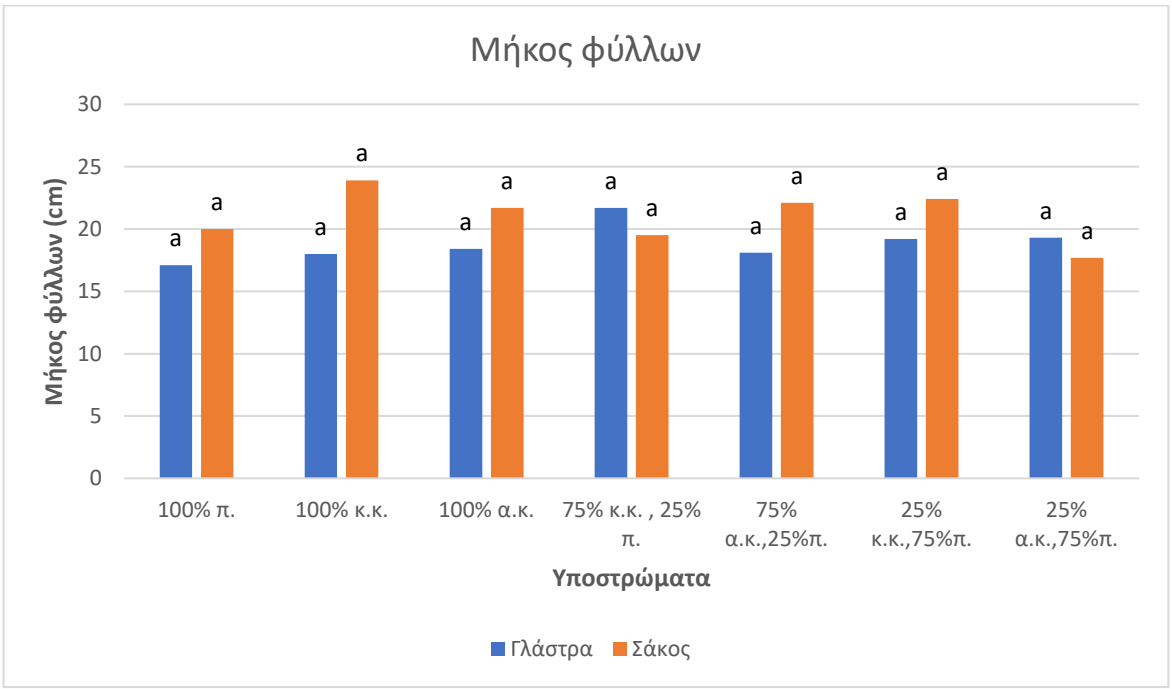
Πίνακας 7: *Επίδραση του υποστρώματος υδροπονίας σε διάφορες ποσοτικές και φυσιολογικές παραμέτρους των φυτών φύλλων, μήκους φύλλων και πυκνότητα χλωροφύλλης τους σε κάθε υπόστρωμα σε γλάστρα και σάκο.*

Υπόστρωμα	***Γλάστρα***			***Σάκος***		
	Αριθμός φύλλων	**Μήκος φύλλων (cm)**	**Πυκνότητα χλωροφύλλης φύλλων (spad)**	**Αριθμός φύλλων**	**Μήκος φύλλων (cm)**	**Πυκνότητα χλωροφύλλης φύλλων (spad)**
100% π.	79 a	17,1 a	45 a	62 a	20 a	53,5 a
100% κ.κ.	58 b	18 a	41,2 a	60 a	23,9 a	45,7 a
100% α.κ.	42 c	18,4 a	41,1 a	64 a	21,7 a	48,8 a
75% κ.κ., 25% π.	55 b	21,7 a	41,9 a	61 a	19,5 a	50,5 a
75% α.κ.,25%π.	47 bc	18,1 a	44,9 a	60 a	22,1 a	45,1 a
25% κ.κ.,75%π.	60 b	19,2 a	52,4 a	66 a	22,4 a	47,9 a
25% α.κ.,75%π.	51 bc	19,3 a	40,7 a	61 a	17,7 a	50,5 a

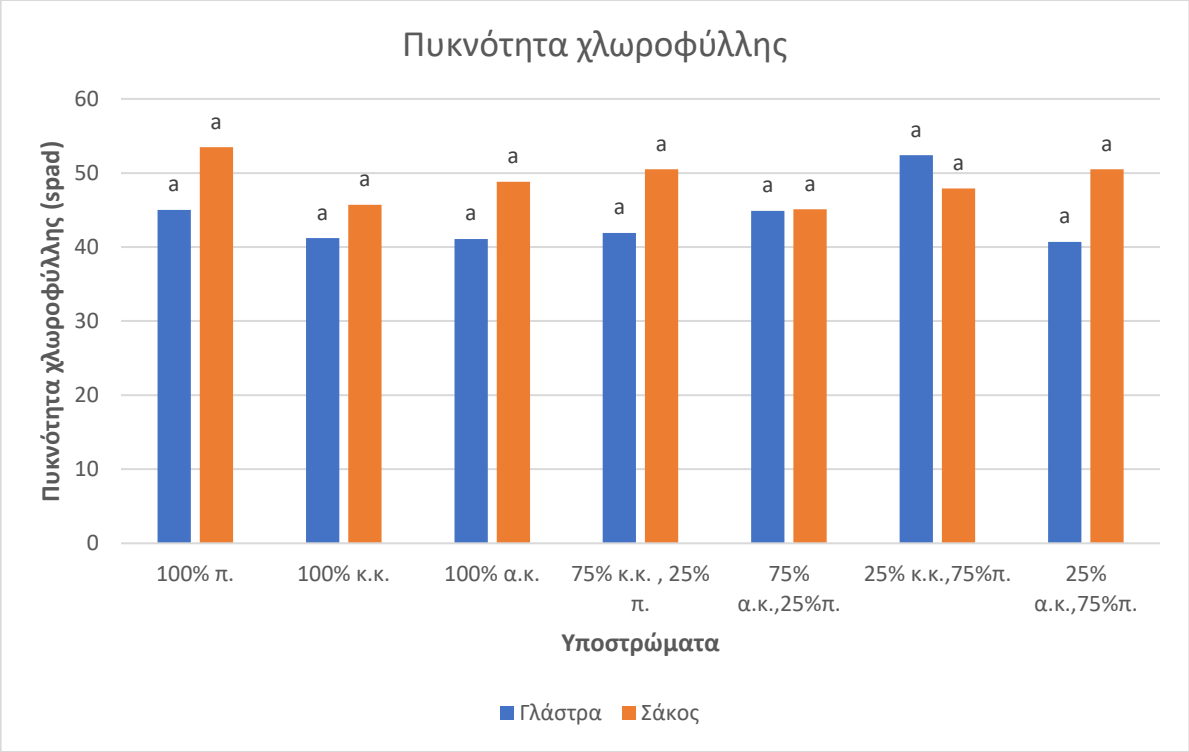
Αναλυτικά φαίνονται οι μετρήσεις και στα διαγράμματα (γράφημα 3, 4, 5) που ακολουθούν για τον αριθμό φύλλων, το μήκος φύλλων και την πυκνότητα της χλωροφύλλης σε κάθε υπόστρωμα.



Γράφημα 3: *Επίδραση του υποστρώματος στον αριθμό των φύλλων στα φυτά ασκόλυμπρου, σε γλάστρες και σάκους.*



Γράφημα 4: *Επίδραση του είδους του υποστρώματος στο μήκος φύλλων των φυτών του ασκόλυμπρου, σε γλάστρες και σάκους.*



Γράφημα 5: *Επίδραση του είδους του υποστρώματος στην πυκνότητα χλωροφύλλης των φύλλων του ασκόλυμπρου, σε γλάστρες και σάκους.*

.

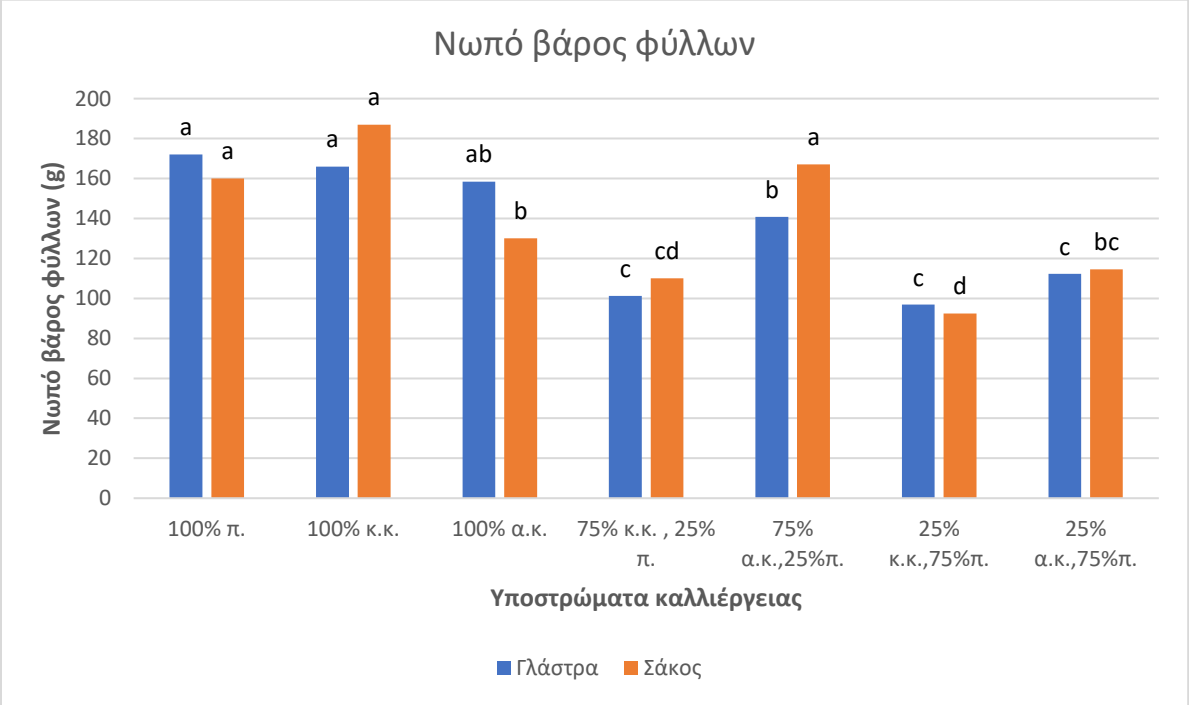


Εικόνα 22: Γενική άποψη του πειράματος της επίδρασης των υποστρωμάτων και υποδοχέων *αμέσως μετά την φύτευση του ασκόλυμπρου (πάνω) και δύο μήνες μετά (κάτω).*

Ακολουθεί ο πίνακας 8 και το γράφημα 6 με το νωπό βάρος των φύλλων, συγκριτικά για σάκο και γλάστρα. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων φαίνεται ότι, στις γλάστρες το μεγαλύτερο νωπό βάρος φύλλων είχε το αμιγές υπόστρωμα του κόκκου και των δύο μορφών και του αμιγούς περλίτη ενώ στους σάκους τα ίδια αλλά και το υπόστρωμα με 75% ακατέργαστο κόκκο. Όμως συγκρίνοντας τον μέσο όρο των υποστρωμάτων στους δύο υποδοχείς παρατηρούμε ότι δεν υπήρξαν διαφορές μεταξύ τους. (135 gr στις γλάστρες και 137 gr στους σάκους).

Πίνακας 8: *Επίδραση του είδους του υποστρώματος στο νωπό βάρος φύλλων σε κάθε υποδοχέα υδροπονικής καλλιέργειας του ασκόλυμπρου.*

Υπόστρωμα Καλλιέργειας	***Γλάστρα***	***Σάκος***
100% π.	172 a	160 a
100% κ.κ.	166 a	187 a
100% α.κ.	158,5 ab	130 b
75% κ.κ., 25% π.	101,25 c	110 cd
75% α.κ.,25%π.	140,75 b	167 a
25% κ.κ.,75%π.	96,87 c	92,5 d
25% α.κ.,75%π.	112,25 c	114,5 bc



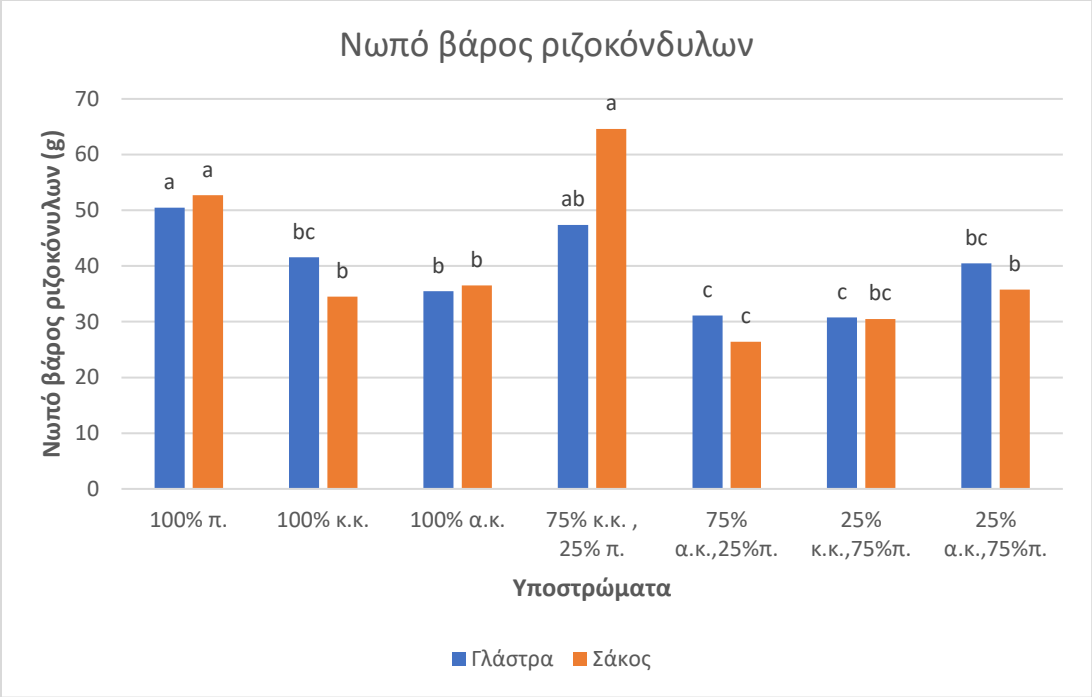
Γράφημα 6: *Επίδραση του είδους του υποστρώματος στο νωπό βάρος φύλλων σε κάθε υπόστρωμα υδροπονικής καλλιέργειας.*

Στον πίνακα 9 και γράφημα 7 παρουσιάζεται το νωπό βάρος των κονδυλόριζων σε γλάστρα και σάκο ανά υπόστρωμα. Το σημαντικότερο εδώδιμο τμήμα του ασκόλυμπρου, δηλαδή η

κονδυλόριζα, είχε μεγαλύτερο βάρος στο υπόστρωμα του καθαρού περλίτη αλλά και στο υπόστρωμα 75 % κατεργασμένος κόκκος – 25 % περλίτης σε σάκο και το ίδιο συμβαίνει και στα αντίστοιχα υποστρώματα στις γλάστρες, ενώ δεν φαίνονται να υπάρχουν διαφορές στο βάρος των ριζών μεταξύ γλάστρας και σάκου.

Πίνακας 9: *Επίδραση του είδους του υποστρώματος στο νωπό βάρος των κονδυλόριζων σε κάθε υποδοχέα υδροπονικής καλλιέργειας.*

Υπόστρωμα Καλλιέργειας	***Γλάστρα***	***Σάκος***
100% π.	50,5 a	52,7 a
100% κ.κ.	41,6 bc	34,5 b
100% α.κ.	35,5 b	36,5 b
75% κ.κ. , 25% π.	47,4 ab	64,6 a
75% α.κ.,25%π.	31,1 c	26,4 c
25% κ.κ.,75%π.	30,8 c	30,5 bc
25% α.κ.,75%π.	40,5 bc	35,8 b



***Γράφημα 7**: Επίδραση του είδους του υποστρώματος στο νωπό βάρος των κονδυλόριζων σε κάθε υπόστρωμα υδροπονικής καλλιέργειας.*



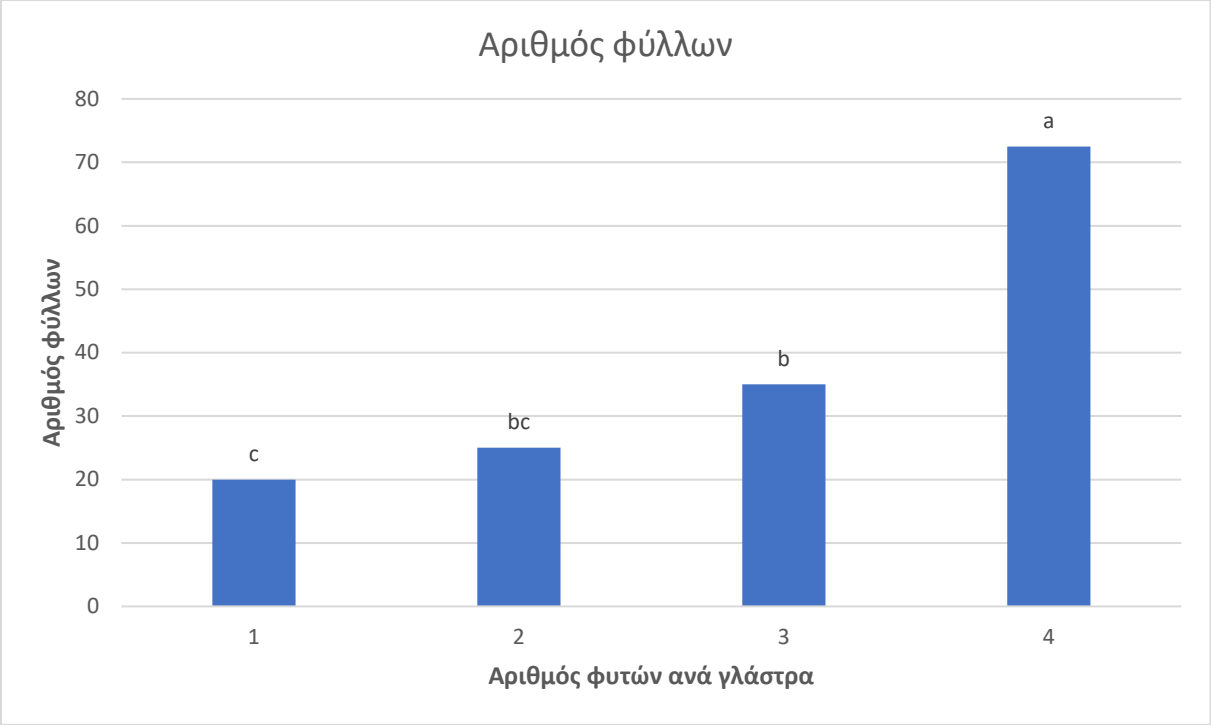
***Εικόνα 27**: Ριζοκόνδυλοι φυτών ασκόλυμπρου, ανά υπόστρωμα καλλιέργειας σε σάκο (επάνω) και γλάστρα (κάτω).*

4.2 Επίδραση της πυκνότητας φύτευσης του ασκόλυμπρου σε καλλιέργεια εκτός εδάφους σε γλάστρες 10 λίτρων

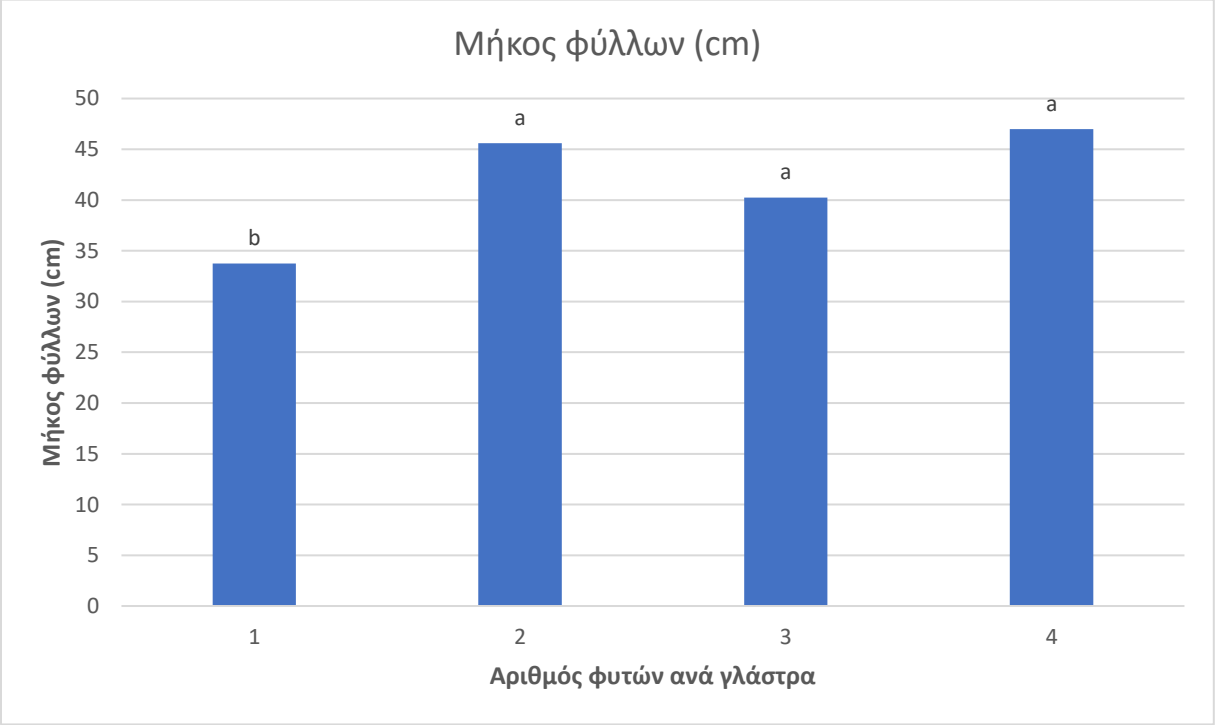
Στον πίνακα 10 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι τιμές του αριθμού, μήκους και πυκνότητας χλωροφύλλης στα φύλλα στο πείραμα της πυκνότητας φύτευσης των φυτών, καθώς και οι τιμές του νωπού βάρους των ριζοκόνδυλων ανά επέμβαση πυκνότητας φύτευσης. Εδώ φαίνεται ότι περισσότερα φύλλα αναπτύχθηκαν σε πυκνότητα 4 φυτά/γλάστρα, και πολύ λιγότερα φύλλα σε πυκνότητα 1 φυτό/υποδοχέα. Το ίδιο ισχύει και για το μέσο μήκος των φύλλων, το οποίο είναι μεγαλύτερο σε πυκνότητα 4 φυτά/ γλάστρα και μικρότερο σε πυκνότητα 1 φυτό/ γλάστρα. Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης στα φύλλα των φυτών δεν επηρεάστηκε από την πυκνότητα φύτευσης Τέλος, μεγαλύτερο νωπό βάρος ριζοκόνδυλων ανά γλάστρα μετρήθηκε σε πυκνότητα 4 φυτά/ γλάστρα, ενώ μικρότερο κατά 3 φορές περίπου βρέθηκε το νωπό βάρος των ριζοκόνδυλων σε πυκνότητα 1 φυτό/ γλάστρα.

Πίνακας 10: *Επίδραση αριθμού των φυτών της γλάστρας στον αριθμό φύλλων, μήκος φύλλων, πυκνότητα χλωροφύλλης και νωπό βάρος ριζοκόνδυλων.*

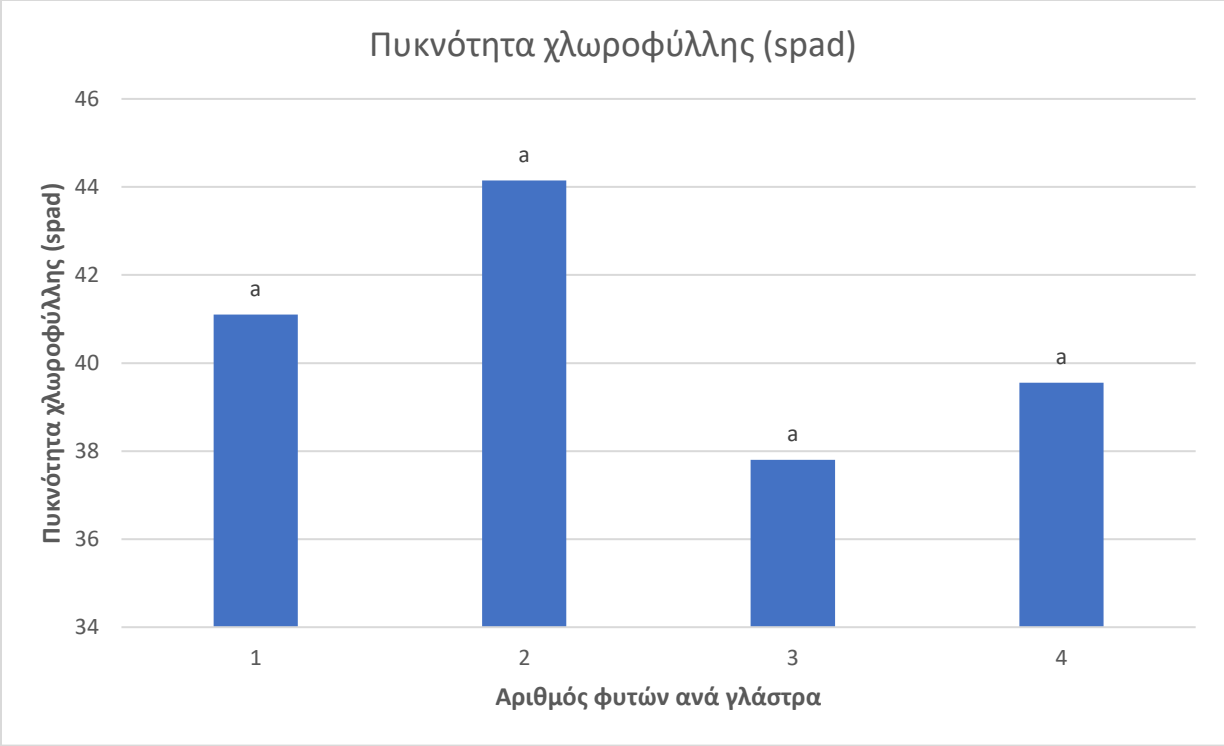
Αριθμός φυτών ανά γλάστρα	***Αριθμός φύλλων ανά γλάστρα***	***Μήκος φύλλων (cm)***	***Πυκνότητα χλωροφύλλης (spad)***	***Νωπό Βάρος ριζοκόνδυλων (g) ανά γλάστρα***
1	20,0 c	33,7 b	41,1 a	67,7 c
2	25,0 bc	45,6 a	44,1 a	119,4 b
3	35,0 b	40,2 a	37,8 a	170,3 a
4	72,5 a	47,0 a	39,5 a	194,6 a



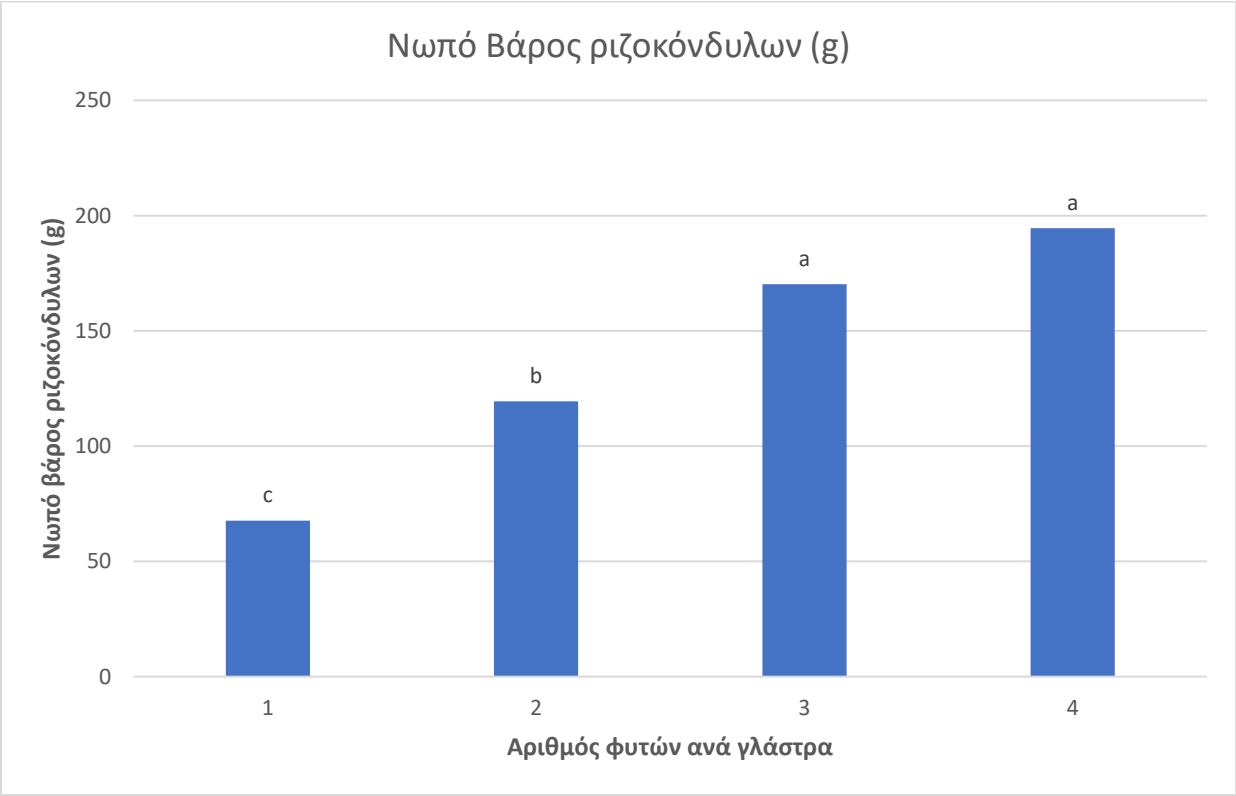
Γράφημα 8: *Επίδραση πυκνότητας φυτών στον αριθμό φύλλων ανά γλάστρα.*



Γράφημα 9: *Επίδραση πυκνότητας φυτών στο μήκος των φύλλων, ανά γλάστρα.*



Γράφημα 10: *Επίδραση πυκνότητας φυτών στην πυκνότητας χλωροφύλλης των φύλλων, ανά γλάστρα.*

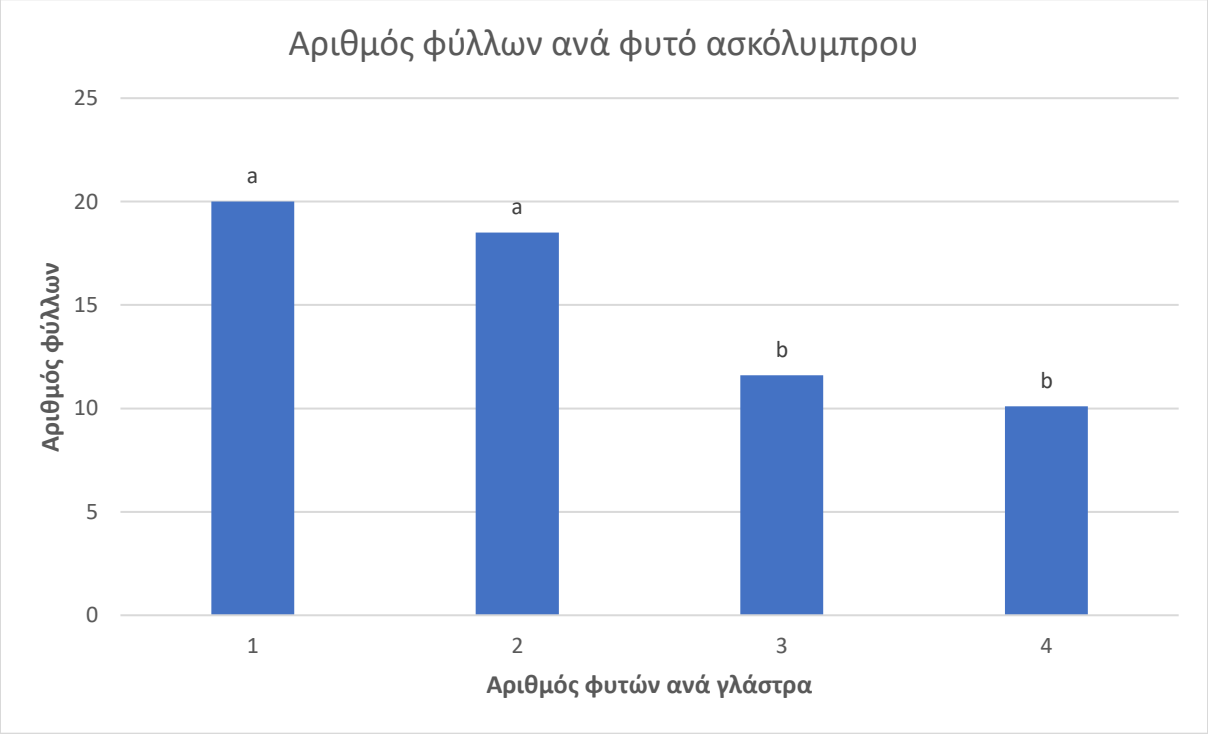


Γράφημα 11: *Επίδραση πυκνότητας φυτών στο νωπό βάρος ριζοκόνδυλων ανά γλάστρα.*

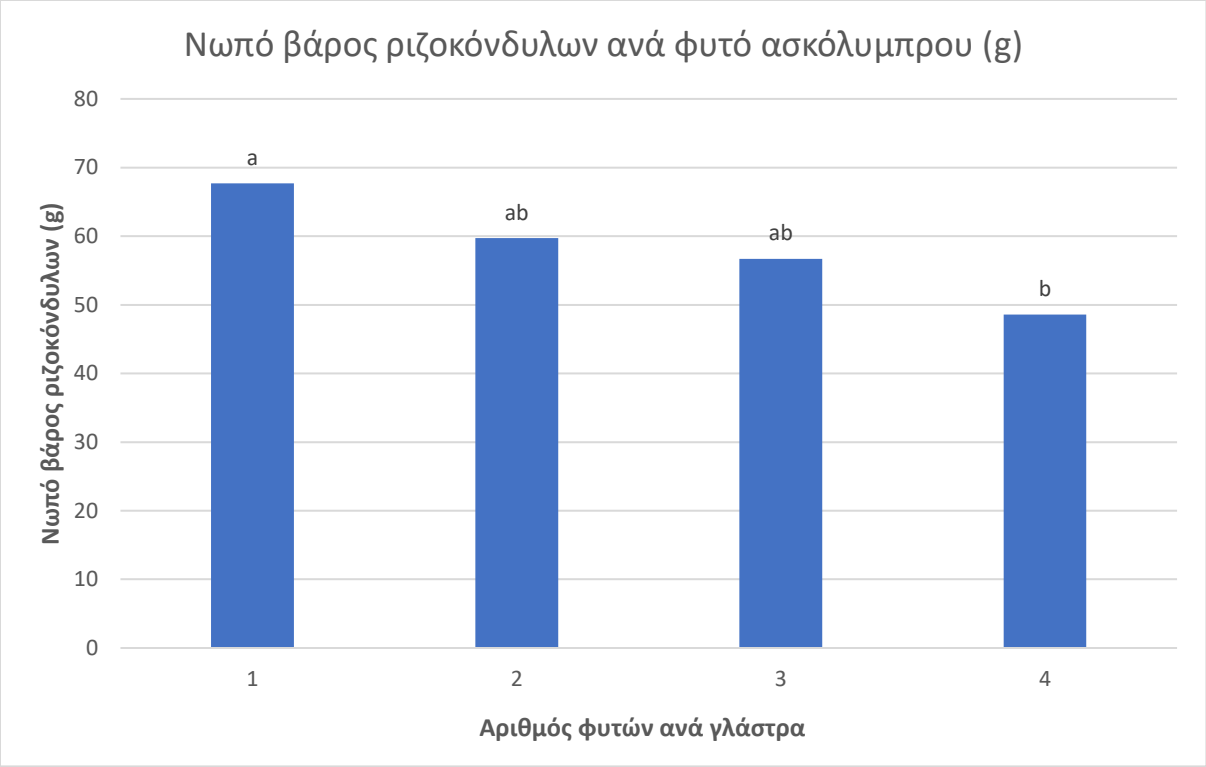
Στη συνέχεια ακολουθεί ο πίνακας 11 και τα γραφήματα 12 και 13, όπου φαίνεται ο αριθμός των φύλλων και το νωπό βάρος των ριζοκόνδυλων ανά φυτό ασκόλυμπρου σε κάθε πυκνότητα φύτευσης φυτών σε κάθε γλάστρα υποστρώματος 10 λίτρων. Γίνεται εμφανές ότι ανά φυτό ασκόλυμπρου παράχθηκαν περισσότερα φύλλα όταν υπήρχε 1 φυτό/ γλάστρα και μεγαλύτερο βάρος ριζών στην ίδια περίπτωση.

Πίνακας 11: *Επίδραση πυκνότητας φυτών στον αριθμό φύλλων και νωπό βάρος ριζοκόνδυλων ανά φυτό.*

Αριθμός φυτών ανά γλάστρα	***Αριθμός φύλλων ανά φυτό ασκόλυμπρου***	***Νωπό Βάρος ριζοκόνδυλων ανά φυτό ασκόλυμπρου (g)***
1	20 a	67,7 a
2	18,5 a	59,7 ab
3	11,6 b	56,7 ab
4	10,1 b	48,6 b



Γράφημα 122: *Επίδραση πυκνότητας φυτών στον αριθμό φύλλων ασκόλυμπρου ανά φυτό.*



Γράφημα 133: *Επίδραση πυκνότητας φυτών στο νωπό βάρος ριζοκόνδυλων ασκόλυμπρου ανά φυτό.*



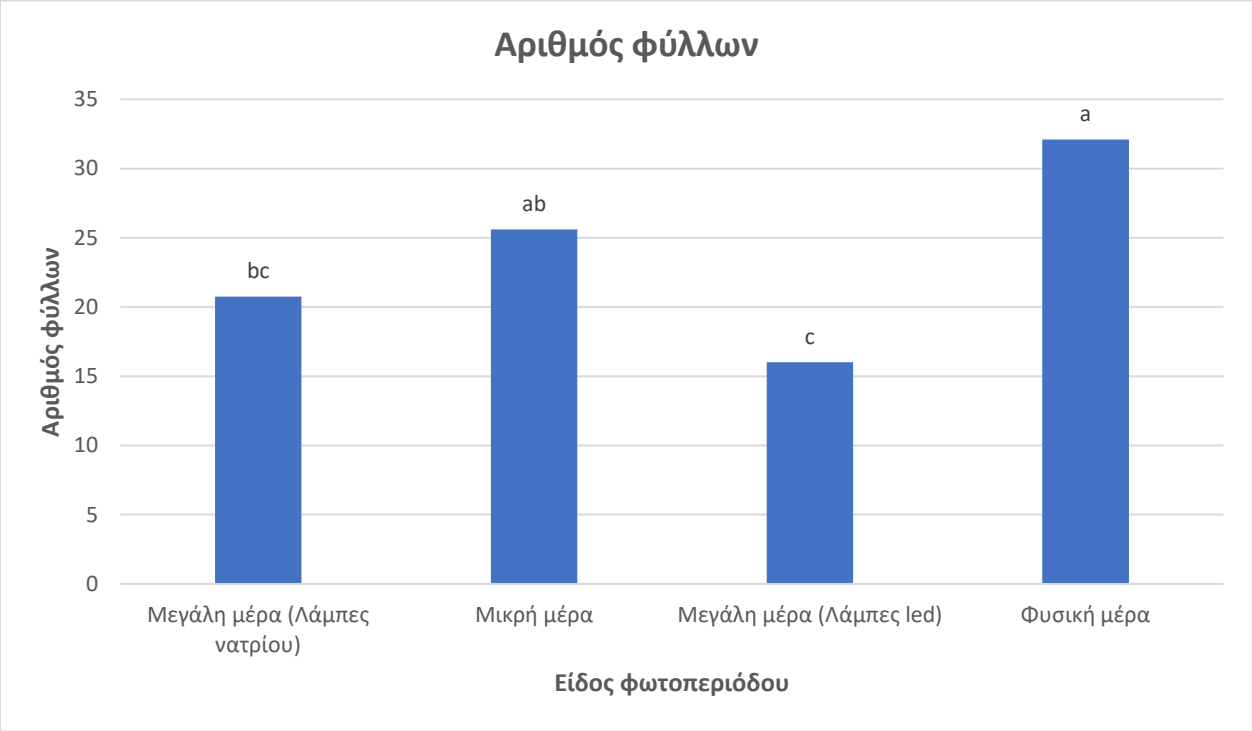
Εικόνα 28: *Γλάστρες με 1, 2, 3 ή 4 φυτά στο πείραμα μελέτης της πυκνότητας φύτευσης.*

4.3 Επίδραση της φωτοπεριόδου στην άνθηση του ασκόλυμπρου και στην επίδραση της στην παραγωγή

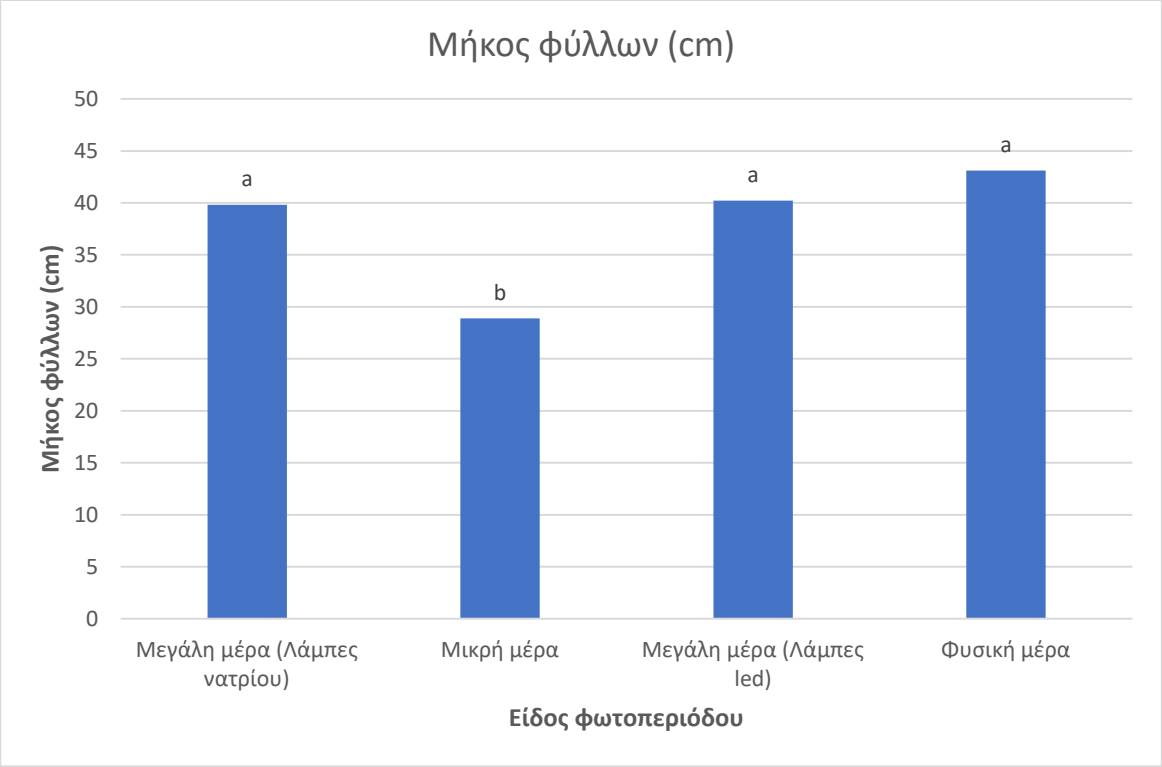
Στον πίνακα 12 και στα γραφήματα 14, 15, 16 που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων του αριθμού, του μήκους των φύλλων και της πυκνότητας της χλωροφύλλης των φύλλων σε κάθε φωτοπερίοδο. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων φαίνεται ότι περισσότερα φύλλα αναπτύχθηκαν στην φυσική μέρα ακολουθούμενα από τη μικρή μέρα, ενώ το μήκος των φύλλων ήταν μικρότερο στη μικρή μέρα από τις υπόλοιπες επεμβάσεις που δεν είχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Η συγκέντρωση (=πυκνότητα) της χλωροφύλλης των φύλλων δεν επηρεάστηκε σημαντικά από τις διαφορετικές επεμβάσεις.

Πίνακας 12: *Επίδραση διαφορετικών φωτοπεριόδων στον αριθμό φύλλων, μήκος φύλλων και πυκνότητα χλωροφύλλης.*

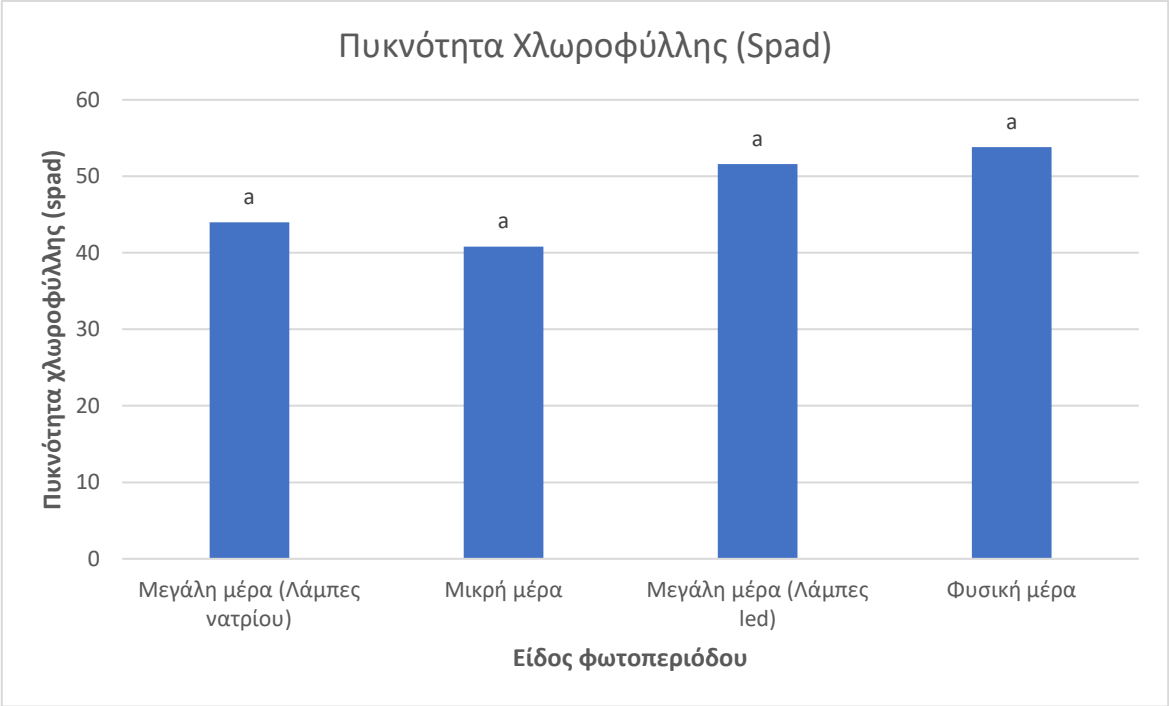
Είδος φωτοπεριόδου	***Αριθμός φύλλων***	***Μήκος φύλλων (cm)***	***Πυκνότητα Χλωροφύλλης (Spad)***
Μεγάλη μέρα (Λάμπες νατρίου)	20,75 bc	39,8 a	44 a
Μικρή μέρα	25,6 ab	28,9 b	40,8 a
Μεγάλη μέρα (Λάμπες led)	16 c	40,2 a	51,6 a
Φυσική μέρα	32,1 a	43,1 a	53,8 a



Γράφημα 14: *Επίδραση διαφορετικών φωτοπεριόδων στον αριθμό των φύλλων.*



Γράφημα 15: *Επίδραση διαφορετικών φωτοπεριόδων στο μήκος των φύλλων.*



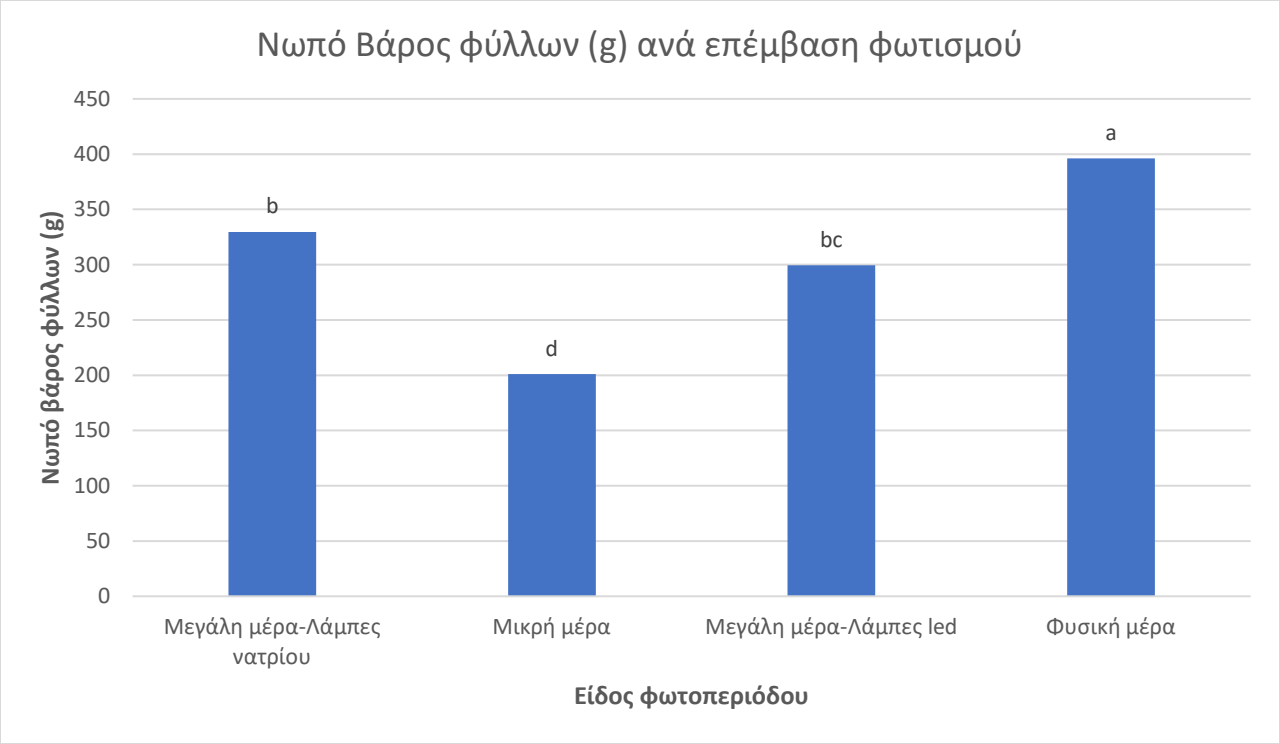
Γράφημα 16: *Επίδραση διαφορετικών φωτοπεριόδων στην πυκνότητα χλωροφύλλης των φύλλων.*

Μέτρηση του φωτισμού στις 12 το μεσημέρι στους διαφορετικούς θαλάμους φωτοπεριοδισμού με τις λάμπες αναμμένες βρέθηκε ένταση φωτισμού 3638,7 lux στο θάλαμο της μεγάλης μέρα με λάμπες νατρίου, 2791,2 Lux στο θάλαμο της μικρής μέρας με φυσικό φωτισμό, 2538,7 lux στο θάλαμο της μεγάλης μέρας με λάμπες led και 2956,2 lux στο θάλαμο με την φυσική φωτοπερίοδο μέρας με φυσικό φωτισμό.

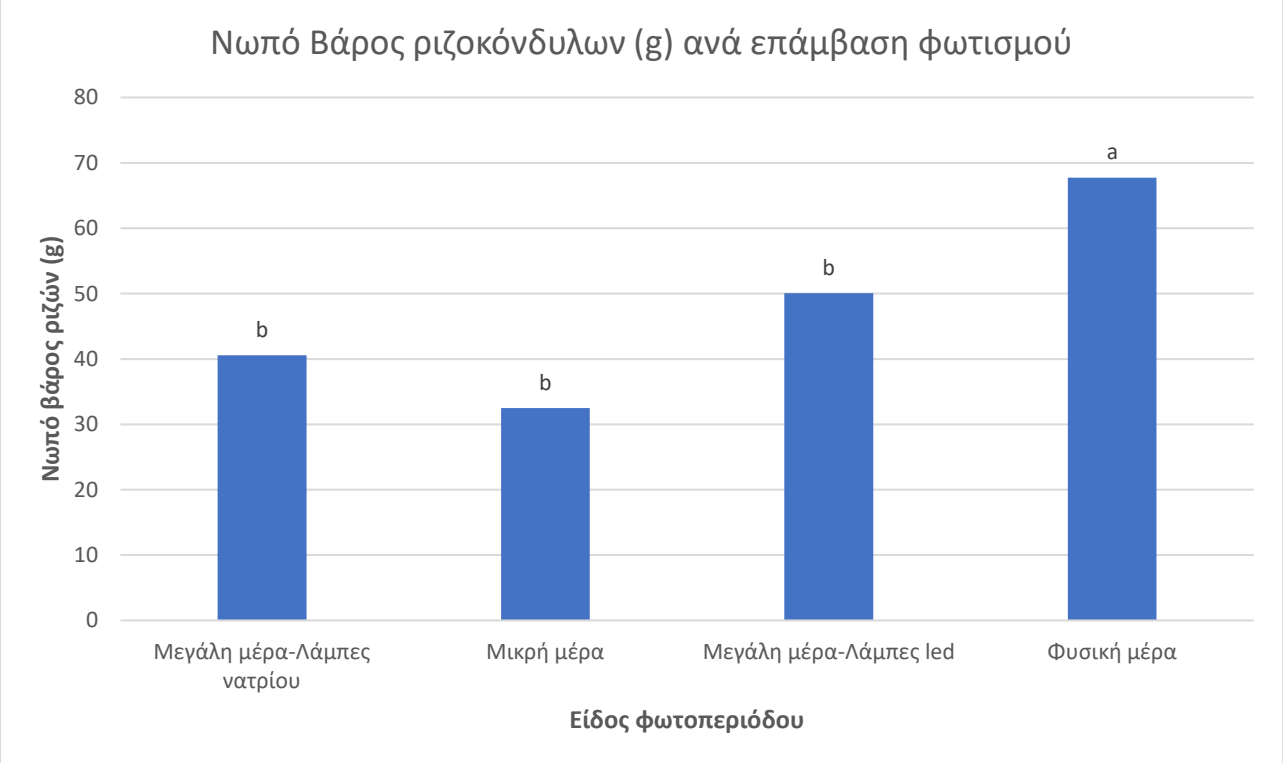
Από τον πίνακα 13 και τα γραφήματα 17 και 18 που ακολουθούν, φαίνεται ότι μεγαλύτερο νωπό βάρος φύλλων και ριζών βρέθηκε στην επέμβαση φυσικής μέρας, δηλαδή σε φωτοπερίοδο 11-13 ώρες, ενώ, μικρότερο νωπό βάρος φύλλων και ριζοκόνδυλων έδωσαν τα φυτά της μικρής μέρας.

Πίνακας 13: *Επίδραση διαφορετικών φωτοπεριόδων στο νωπό βάρος φύλλων και ριζοκόνδυλων.*

Είδος φωτοπεριόδου	***Νωπό βάρος φύλλων (g)***	***Νωπό βάρος ριζοκόνδυλων (g)***
Μεγάλη μέρα (Λάμπες νατρίου) (LD)	329,6 b	40,5 b
Μικρή μέρα (SD)	200,9 d	32,4 b
Μεγάλη μέρα (Λάμπες led) (LD)	299,3 bc	50 b
Φυσική μέρα (ND)	396 a	67,7 a



Γράφημα 17: *Επίδραση διαφορετικών φωτοπεριόδων στο νωπό βάρος φύλλων.*



Γράφημα 18: *Επίδραση διαφορετικών φωτοπεριόδων στο νωπό βάρος ριζοκονδύλων.*



Εικόνα 29: *Ριζοκόνδυλοι φυτών στις 4 επεμβάσεις του πειράματος φωτοπεριόδου.*

Στον πίνακα 14 που ακολουθεί φαίνεται ότι οι ασκόλυμπροι παρουσίασαν μεγαλύτερο ποσοστό και μεγαλύτερη πρωιμότητα άνθισης κατά την επέμβαση φωτοπεριόδου μεγάλης μέρας

16h με λάμπες νατρίου υψηλής έντασης με 91 % άνθηση σε 62 μέρες, ενώ, στη μικρή μέρα άνθισαν μόλις το 6 % των φυτών σε 90 μέρες, ενώ στις 62 μέρες η άνθιση ήταν μηδενική. Καλά αποτελέσματα στην άνθιση έδωσε και η επέμβαση μεγάλης μέρας 16h με λάμπες led χαμηλής έντασης με 83 % άνθιση σε 62 μέρες. Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι η άνθιση σε φυσική μέρα με 12-14h φωτοπερίοδο, που σε 62 μέρες ήταν μηδενική, ενώ σε 90 μέρες έφτασε το 66 %.

Πίνακας 14: *Επίδραση φωτοπεριόδου στο ποσοστό άνθισης και την πρωιμότητα των φυτών ασκόλυμπρου.*

Είδος φωτοπεριόδου	***Ποσοστό άνθισης %***	***Πρωιμότητα άνθισης (ημέρες από φύτευση)***
Long day(16 h) με λάμπα νατρίου υψηλής έντασης	91	62
Short day (8h)	6	70
Long day(16 h) με λάμπα led χαμηλής έντασης	83	62
Natural day (11-13 h)	66	90



Εικόνα 31: *Φυτά ασκόλυμπρου στο πείραμα της διαφορετικής φωτοπεριόδου στα αρχικά στάδια του πειράματος.*



Εικόνα 32: *Φυτά ασκόλυμπρου στο πείραμα της διαφορετικής φωτοπεριόδου σε προχωρημένο στάδιο του πειράματος (διακρίνεται το εκπτυγμένο ανθικό στέλεχος στις συνθήκες μακράς φωτοπεριοόδου).*



Εικόνα 33: *Φυτά ασκόλυμπρου στο τέλος του πειράματος (διακρίνεται το εκπτυγμένο ανθικό στέλεχος στις συνθήκες μακράς φωτοπεριοόδου καθώς και οι ριζοκόνδυλοι μετά την εξαγωγή τους από την γλάστρα).*

4.4 Επίδραση της μεθόδου άρδευση-υδρολίπανσης του ασκόλυμπρου σε καλλιέργεια εκτός εδάφους σε γλάστρες 10 λίτρων σε 4 υποστρώματα

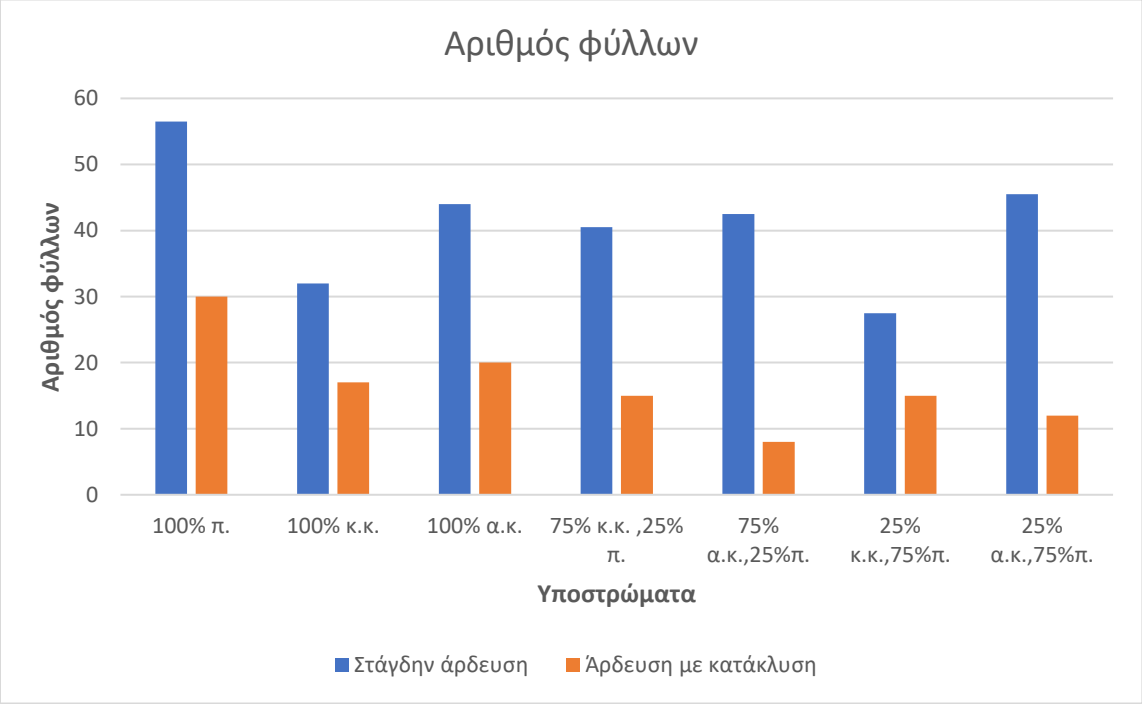
Στον πίνακα 15 και το γράφημα 19 που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων που έγιναν αναφορικά με τον αριθμό, το μήκος των φύλλων και την πυκνότητα χλωροφύλλης στα φύλλα των φυτών καλλιεργήθηκαν υδροπονικά σε γλάστρες 10 λίτρων σε διαφορετικά υποστρώματα. Τα φυτά υδρολιπαίνονταν με σύστημα άρδευσης είτε από την επιφάνεια του με μικροσωλήνες 2 λίτρων/ώρα είτε από την βάση με τριχοειδή αναρρόφηση του θρεπτικού διαλύματος με την μέθοδο ebb and flow.

Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι στο σύστημα άρδευσης στάγδην παράχθηκαν περισσότερα φύλλα στο υπόστρωμα 100 % περλίτη, ενώ μακρύτερα φύλλα σε υπόστρωμα 75 % κατεργασμένος κόκκος-25 % περλίτης, λιγότερα φύλλα στο υπόστρωμα 25 % κατεργασμένος κόκκος-75 % περλίτης και σχετικά κοντύτερα σε 100 % κατεργασμένο κόκκο, χωρίς να παρατηρούνται μεγάλες διαφορές μεταξύ τους. Όσον αφορά την πυκνότητα σε χλωροφύλλη, σε άρδευση στάγδην, περισσότερη βρέθηκε σε υπόστρωμα 100 % ακατέργαστος κόκκος. Στη μέθοδο άρδευσης με το σύστημα ebb and flow, περισσότερα φύλλα παρήχθηκαν σε υπόστρωμα με 100 % περλίτη, ενώ μακρύτερα φύλλα στο υπόστρωμα 75 % κατεργασμένος κόκκος-25 % περλίτης και 25 % ακατέργαστος κόκκος-75 % περλίτης. Επίσης λίγο μεγαλύτερη πυκνότητα χλωροφύλλης βρέθηκε στο υπόστρωμα και 100 % ακατέργαστος κόκκος αλλά δεν υπήρξαν αξιοσημείωτες διαφορές μεταξύ των υποστρωμάτων. Τέλος, όπως φαίνεται στον πίνακα 16 και στο γράφημα 22 οι ριζοκόνδυλοι είχαν σημαντικά μεγαλύτερο βάρος στο υπόστρωμα αμιγούς περλίτη και στους δύο τύπους άρδευσης.

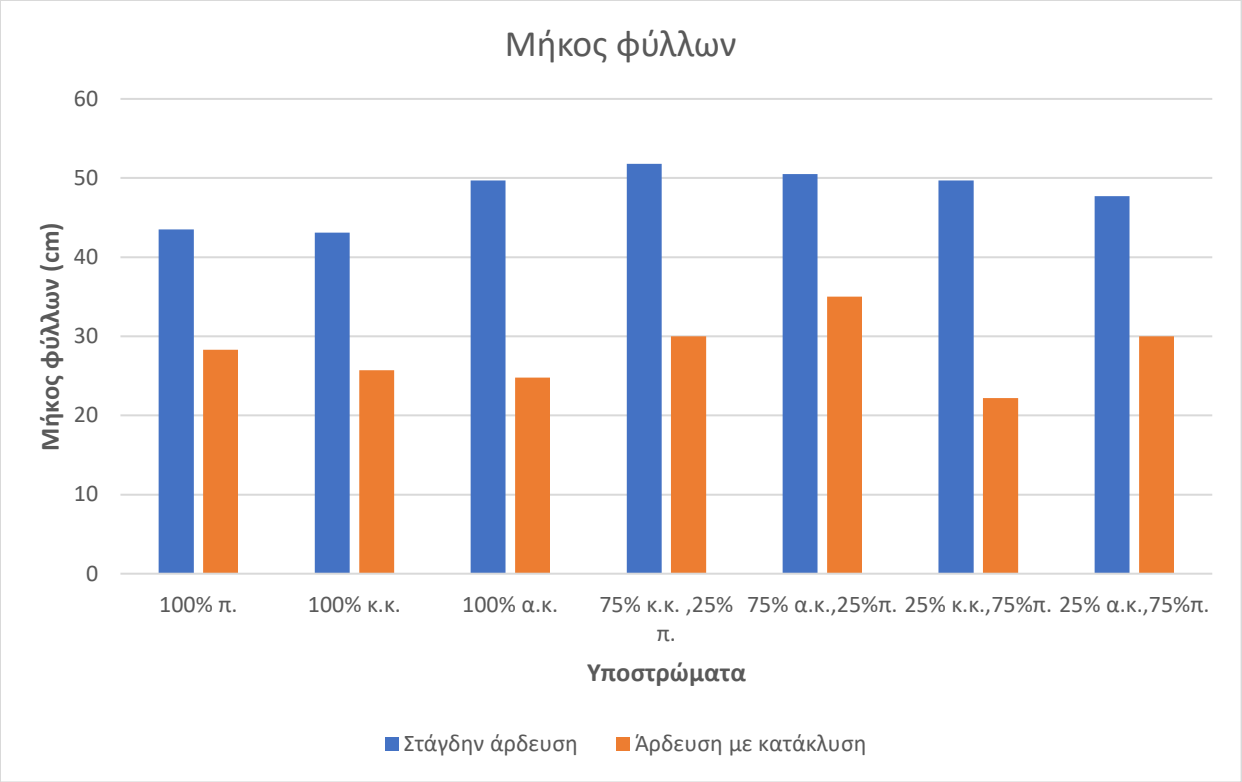
Μεταξύ των δύο τύπων άρδευσης φαίνεται να πλεονεκτεί σε όλες τις παραπάνω μετρήσεις ή άρδευση στάγδην με μικροσωλήνες από την επιφάνεια του υποστρώματος και ιδιαίτερα στο βάρος των ριζοκόνδυλων που είναι κα η πιο σημαντική μέτρηση διότι αφορά την παραγωγή εδώδιμης βιομάζας και μάλιστα αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι το βάρος των ριζοκόνδυλων ήταν περίπου διπλάσιο στη στάγδην άρδευση σε όλα τα υποστρώματα καλλιέργειας. Τα παραπάνω αποτελέσματα είναι ενδεικτικά και όχι απόλυτα αξιόπιστα διότι ο αριθμός των επαναλήψεων ήταν μικρός (δύο επαναλήψεις ανά επέμβαση άρδευσης και δεν έγινε στατιστική ανάλυση).

Πίνακας 15: *Επίδραση της στάγδην άρδευσης και της άρδευσης με κατάκλυση στον αριθμό φύλλων, μήκος φύλλων και πυκνότητα χλωροφύλλης.*

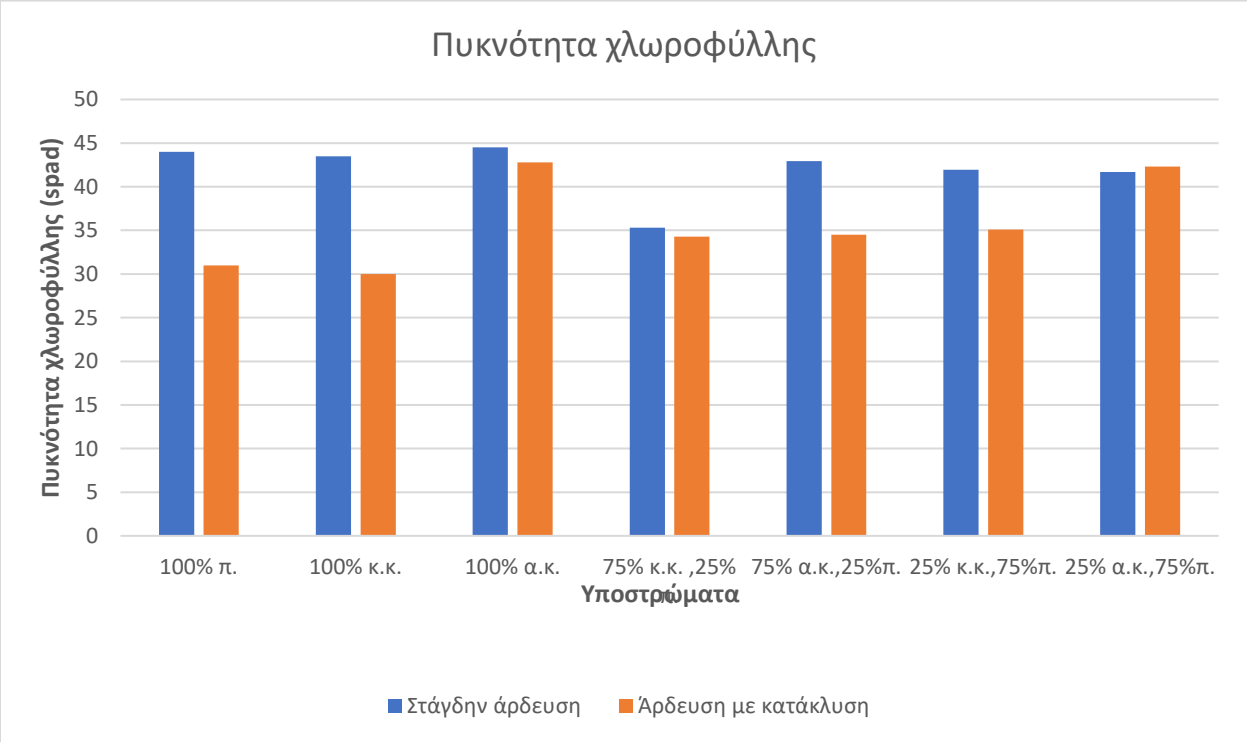
Υπόστρωμα	***Αριθμός φύλλων***		***Μήκος φύλλων (cm)***		***Πυκνότητα χλωροφύλλης στα φύλλα (spad)***	
	Στάγδην άρδευση	**Άρδευση με κατάκλυση**	**Στάγδην άρδευση**	**Άρδευση με κατάκλυση**	**Στάγδην άρδευση**	**Άρδευση με κατάκλυση**
100% π.	56,5	30	43,5	28,3	44	31
100% κ.κ.	32	17	43,1	25,7	43,5	30
100% α.κ.	44	20	49,7	24,8	44,5	42,80
75%κ.κ.,25% π.	40,5	15	51,8	30	35,3	34,30
75%α.κ.,25%π.	42,5	8	50,5	35	42,95	34,50
25%κ.κ.,75%π.	27,5	15	49,7	22,2	41,95	35,10
25%α.κ.,75%π.	45,5	12	47,7	30	41,7	42,30



Γράφημα 19: *Επίδραση της στάγδην άρδευσης στον αριθμό των φύλλων, ανά υπόστρωμα.*



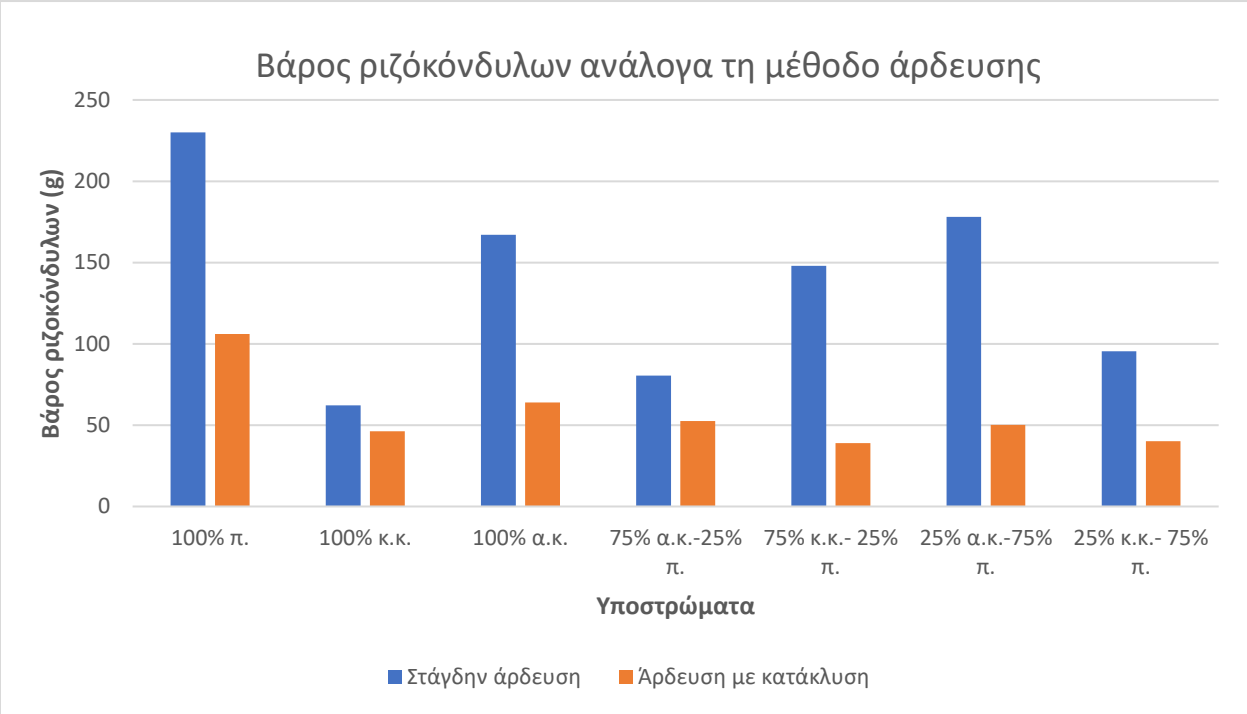
Γράφημα 20: *Επίδραση της στάγδην άρδευσης στο μήκος των φύλλων , ανά υπόστρωμα.*



Γράφημα 21: *Επίδραση της στάγδην άρδευσης στην πυκνότητα χλωροφύλλης των φύλλων, ανά υπόστρωμα.*

Πίνακας 16: *Επίδραση μεθόδου άρδευσης στο βάρος ριζοκόνδυλων.*

	Στάγδην άρδευση	***Άρδευση με κατάκλυση***
Υποστρώματα	**Βάρος ριζόκονδυλων(g)**	**Βάρος ριζοκόνδυλων (g)**
100% π.	230	106
100% κ.κ	162,2	46,2
100% α.κ.	167	64
75% α.κ.-25% π.	80,5	52,5
75% κ.κ.- 25% π.	148	39
25% α.κ.-75% π.	178	50,2
25% κ.κ.- 75% π.	95,5	40,1



Γράφημα 22: *Επίδραση μεθόδου άρδευσης στο βάρος των ριζοκόνδυλων.*



Εικόνα 33: *Φυτά από το πείραμα διαφορετικής άρδευσης, στα αριστερά από πείραμα με στάγδην άρδευση και δεξιά από πείραμα με άρδευση με κατάκλυση.*

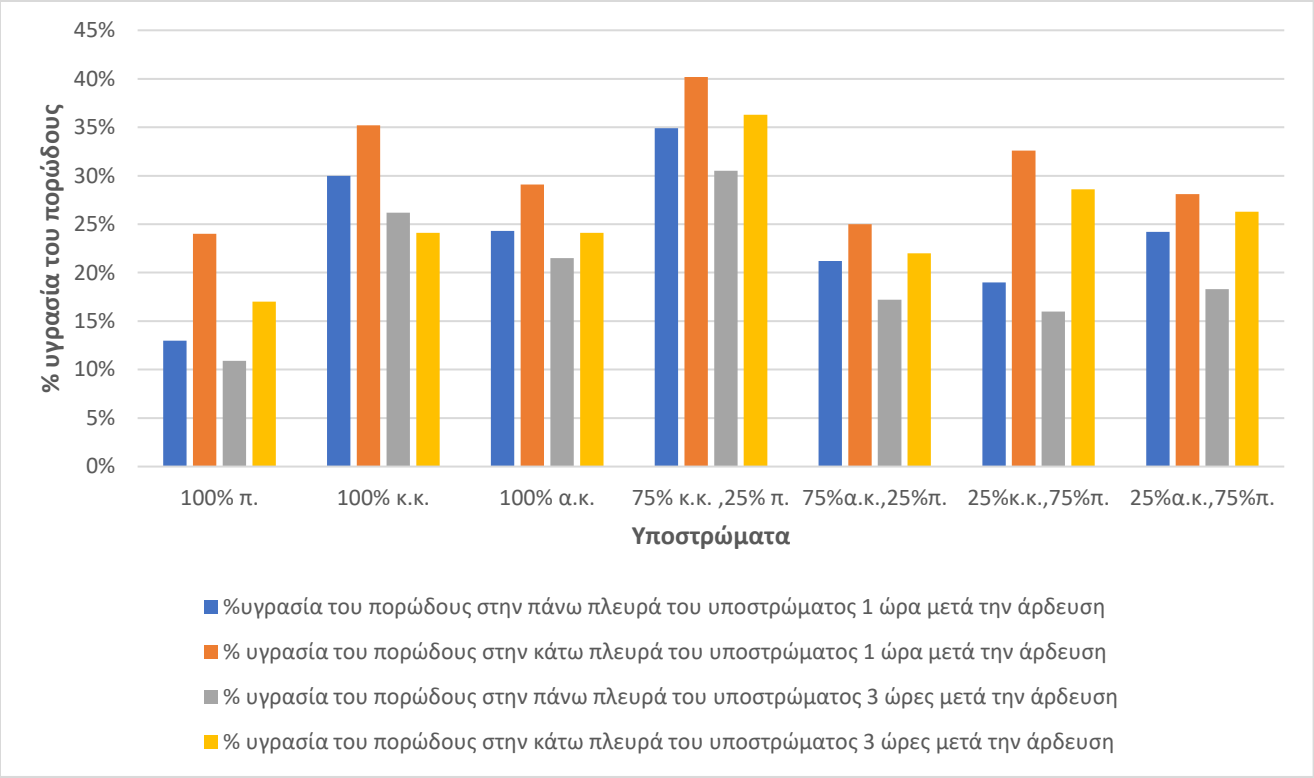


Εικόνα 34: *Γενική άποψη του πειράματος διαφορετικής μεθόδου άρδευσης-υδρολίπανσης, στο θάλαμο άρδευσης με κατάκλυση.*

Ακολουθεί ο πίνακας 17 και το γράφημα 23, όπου γίνεται σύγκριση μεταξύ των δύο μεθόδων άρδευσης όσον αφορά την υγρασία % του πορώδους σε κάθε υπόστρωμα στην πάνω και κάτω πλευρά μια ώρα μετά την άρδευση. Φαίνεται ότι μία ώρα μετά την άρδευση συγκρατήθηκε περισσότερη υγρασία στην πάνω πλευρά του υποστρώματος στην άρδευση με κατάκλιση και υπόστρωμα 75% κατεργασμένο κόκκο-25% περλίτη με διαφορά σε σχέση με την στάγδην άρδευση στο ίδιο υπόστρωμα 11,5 μονάδες. Αναφορικά με το κάτω μέρος του υποστρώματος, συγκρατήθηκε περισσότερη υγρασία στην άρδευση με σταγόνες και στο υπόστρωμα 100% κατεργασμένος κόκκος, ενώ στο αντίστοιχο υπόστρωμα στην άρδευση με κατάκλιση η υγρασία που συγκρατήθηκε είναι κατά σχεδόν 7 μονάδες λιγότερη.

Πίνακας 17: *% υγρασία του πορώδους 1 και 3 ώρες μετά την άρδευση στα πάνω 5cm και κάτω 5cm του υποστρώματος, σε σύστημα άρδευσης με κατάκλιση.*

Υπόστρωμα	*% υγρασία του πορώδους στα πάνω 5cm του υποστρώματος 1 ώρα μετά την άρδευση*	*% υγρασία του πορώδους στα κάτω 5cm του υποστρώματος 1 ώρα μετά την άρδευση*	*% υγρασίας του πορώδους στα πάνω 5cm του υποστρώματος 3 ώρες μετά την άρδευση*	*% υγρασία του πορώδους στα κάτω 5cm του υποστρώματος 3 ώρες μετά την άρδευση*
100% π.	13	24	10,9	17
100% κ.κ.	30	35,2	26,2	24,1
100% α.κ.	24,30	29,1	21,5	24,1
75% κ.κ.,25% π.	34,90	40,2	30,5	36,3
75%α.κ.,25%π.	21,2	25	17,2	22
25%κ.κ.,75%π.	19	32,6	16	28,6
25%α.κ.,75%π.	24,2	28,1	18,3	26,3



Γράφημα 23:*% υγρασία του πορώδους στα πάνω 5cm και κάτω 5cm του κάθε υποστρώματος 1 και 3 ώρες μετά την άρδευση, σε σύστημα άρδευσης με κατάκλιση.*

5. Συζήτηση- Συμπεράσματα

Αναφορικά με το πείραμα της επίδρασης του υποστρώματος και του υποδοχέα υποστρώματος τα αποτελέσματα των μετρήσεων της υγρασίας του υποστρώματος % του πορώδους του έδειξαν ότι μετά από κάθε άρδευση περισσότερη υγρασία παραμένει στα κάτω 5 εκατοστά του σάκου ή της γλάστρας διότι η υγρασία στα 5cm από την κορυφή των υποστρωμάτων ήταν μικρότερη κατά 40-50% στις γλάστρες και 20-30% στους σάκους από ότι κοντά στη βάση τους. Το ίδιο παρατηρείται και 3 ώρες μετά την άρδευση.

Επίσης φάνηκε ότι στα ανώτερα 5 cm των υποστρωμάτων διατηρείται περισσότερη υγρασία στους σάκους σε σχέση με τις γλάστρες κι αυτό οφείλεται προφανώς στο μικρότερο ύψος του υποστρώματος στο σάκο (13 cm έναντι 18 cm στη γλάστρα) και στο ότι οι γλάστρες είναι ανοικτές επάνω και υπάρχει εξάτμιση του νερού από την ελεύθερη άνω επιφάνεια του υποστρώματος. Η συγκράτηση υγρασίας ήταν μεγαλύτερη στα υποστρώματα που περιείχαν μεγαλύτερο ποσοστό κόκκου και αυτό οφείλεται στο μεγαλύτερο μικροπορώδες του κόκκου σε σχέση με τον περλίτη. Αυτό σημαίνει ότι το υπόστρωμα αμιγούς περλίτη θα πρέπει να αρδεύεται συχνότερα και με μικρότερο ποσό άρδευσης τη φορά. Τα αποτελέσματα συμφωνούν με τα ευρήματα σχετικής εργασίας, σχετικής με την επίδραση της κοκομετρίας ενός αδρανούς υποστρώματος, όπως η ελαφρόπετρα και ο περλίτης, και της συγκράτησης υγρασίας σε αυτό μετά από κάθε άρδευση και της επίδρασης αυτής της κοκομετρίας στην ανάπτυξη και την παραγωγή των υδροπονικών θερμοκηπιακών καλλιεργειών (Gizas and Savvas, 2007).

Περισσότερα φύλλα παρήγαγε ο ασκόλυμπρος σε σάκους με εξαίρεση το υπόστρωμα 100% περλίτη που σε γλάστρα είχε μεγαλύτερη απόδοση. Όπου χρησιμοποιήθηκε ως υποδοχέας ο σάκος, η σύσταση υποστρώματος δεν φάνηκε να επηρεάζει τον αριθμό των φύλλων. Όσον αφορά το μήκος των φύλλων ήταν μεγαλύτερο σε σάκους από ότι σε γλάστρες, χωρίς να υπήρχαν διαφορές μεταξύ των υποστρωμάτων και το ίδιο συμβαίνει με την πυκνότητα της χλωροφύλλης των φύλλων. Το βάρος των φύλλων ήταν μεγαλύτερο σε υποστρώματα με αμιγή περλίτη ή κατεργασμένο κόκκο, χωρίς να επηρεάζει το είδος του υποδοχέα ενώ, οι ριζοκόνδυλοι είχαν μεγαλύτερο βάρος σε αμιγή περλίτη, χωρίς ο υποδοχέας να παίζει σημαντικό ρόλο. Επίσης υπόστρωμα 75 % κατεργασμένο κόκκο-25 % περλίτη λειτούργησε καλύτερα σε σάκο από ότι σε γλάστρα. Τα παραπάνω αποτελέσματα δεν συμφωνούν σε μεγάλο βαθμό σε αντίστοιχη εργασία

σε υδροπονοκή καλλιέργεια φράουλας όπου καλύτερα αποτελέσματα στο βάρος των φύλλων και των στελεχών καθώς και των καρπών έδωσε υπόστρωμα κόκκου από ότι ο περλίτης (Marinou, et al., 2013). Στη δική μας περίπτωση ο περλίτης ως πλέον ελαφρύ και στραγγερό υπόστρωμα ευνόησε το μέγεθος της κονδυλόριζας του ασκόλυμπρου.

Στο πείραμα με διαφορετικές πυκνότητες φύτευσης, βρέθηκε ότι περισσότερα φύλλα και μεγαλύτερο βάρος ριζοκόνδυλων παράχθηκαν σε πυκνότητα φύτευσης 3 και 4 φυτά ανά γλάστρα, ενώ μακρύτερα φύλλα σε πυκνότητα 2, 3 και 4 φυτά ανά γλάστρα. Ωστόσο, η πυκνότητα φύτευσης δεν επηρέασε την περιεκτικότητα της χλωροφύλλης των φύλλων των φυτών. Αν και όλα τα μεγέθη ήταν καλύτερα ανά φυτό όταν η πυκνότητα ήταν ένα φυτό ανά γλάστρα τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ή αύξηση της πυκνότητας αν γλάστρα κρίνεται πιο οικονομική δεδομένου ότι με την χρήση του ιδίου όγκου υποστρώματος, νερού και λιπάσματος παράγεται μεγαλύτερη εδώδιμη βιομάζα.

Σχετικά με το πείραμα της επίδρασης της φωτοπεριόδου βρέθηκε ότι περισσότερα φύλλα παράχθηκαν στη φυσική μέρα σε σχέση ιδιαίτερα με τη μικρή μέρα. Επίσης ενώ οι άλλες επεμβάσεις δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους, έδωσαν μακρύτερα φύλλα από τη μικρή μέρα. Η χλωροφύλλη δεν επηρεάστηκε από το μήκος ημέρας, σε αντίθεση με το βάρος των ριζοκόνδυλων που ήταν μεγαλύτερο στη φυσική μέρα. Η μεγάλη φωτοπερίοδος επιτάχυνε την άνθηση των φυτών, η μικρή φωτοπερίοδος απαγόρευσε την άνθιση αλλά τα καλύτερα αποτελέσματα στο βάρος της εδώδιμης βιομάζας φύλλων και ριζοκόνδυλων έδωσε η φυσική φωτοπερίοδος της εποχής καλλιέργειας 12-14 ωρών (Μάρτιο -Μάιο) ακολουθούμενη από την μεγάλη μέρα.

Κατά την σύγκριση των μεθόδων άρδευσης βρέθηκε ότι τα περισσότερα φύλλα ασκόλυμπρου παράχθηκαν σε στάγδην άρδευση σε σχέση με την άρδευση με κατάκλιση. Το ίδιο φάνηκε και για το μήκος των φύλλων και την πυκνότητα χλωροφύλλης. Επίσης το βάρος των ριζοκόνδυλων ήταν πολύ μεγαλύτερο σε υπόστρωμα με 100 % περλίτη με στάγδην άρδευση. Γενικά η άρδευση με μικροσωλήνες παροχής 2 L/ώρα από το άνω μέρος του υποστρώματος έδωσε καλύτερα αποτελέσματα από την άρδευση με κατάκλιση μιας ώρας από την βάση των γλαστρών και τριχοειδή αναρρόφηση του νερού και το γεγονός αυτό μάλλον οφείλεται στο ότι δεν λειτούργησε καλά το τριχοειδές φαινόμενο λόγω του μικρού μικροπορώδους και μεγάλου μακροπορώδους του περλίτη.

Συμπερασματικά, καλύτερα αποτελέσματα είχε η υδροπονική καλλιέργεια ασκόλυμπρου με άρδευση στάγδην με μικροσωλήνες σε φυσική μέρα 11-13 ωρών, χρησιμοποιώντας ως υπόστρωμα αμιγή περλίτη, σε σάκους 30 L με πυκνότητα 3 φυτά / σάκο ή 1 φυτό ανά γλάστρα 10 L. οπού στην περίπτωση της γλάστρα θα ήταν καλύτερα η χρήση μείγματος περλίτη με κόκκο.

Βιβλιογραφία

Aboukhalaf, A. και συν., 2020. Screening of the antimicrobial activity of some extracts of edible wild plants in Morocco. *Functional Foods In Health And Disease*, pp. 242-253.

Ahmad, B., 2017. *EXTRACTION OF PHYTOCHEMICALS FROM Scolymus hispanicus AND DETERMINATION OF POTENTIAL HEALTH EFFECTS.* Izmir: Izmir Institute of Technology.

Ali, M., 2011. "Coconut fibre: a versatile material and its applications in engineering". *Journal of Civil Engineering and Construction Technology*, pp. 189-197.

Al-Tawaha, A. και συν., 2018. Effect of water fl ow rate on quantity and quality of lettuce (Lactuca sativa L.) in nutrient fi lm technique (NFT) under hydroponics conditions. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* , pp. 793-800.

Altiner, D. D. & Sahan, Y., 2016. A Functional Food Additive: Scolymus Hispanicus L. Flour. *International Journal of Food Engineering*, pp. 124-127.

Awad, Y. και συν., 2017. "Biochar, a potential hydroponic growth substrate, enhances the nutritional status and growth of leafy vegetables". *Journal of Cleaner Production*, pp. 581-588.

Barão, M. & Soveral, A., 2004. The traditional use of edible thistles in the Évora region of Alentejo (Southeastern Portugal). Στο: *Ninth International Congress of Ethnobiology: Ethnobiology, Social Change and Displacement.* Canterbury: Canterbury university.

Bar-Yosef, B., 2008. Fertigation management and crops response to solution recycling in semi-closed greehouses. Στο: *Soilless culture: Theory and practice.* Amsterdam: Elsevier, pp. 341-424.

Başer, K., 1993. 60 year-old a Turkish plant made medicine: Lityazol Cemil. *Bulletin Anadolu University*, pp. 13-18.

Bunt, A., 1988. *Media and mixes for containe-grown plants.* London: Unwin Hayman.

C.Sikawa, D. & Yakupitiyage, A., 2010. The hydroponic production of lettuce (Lactuca sativa L) by using hybrid catfish (Clarias macrocephalus × C. gariepinus) pond water: Potentials and constraints. *Agricultural Water Management*, pp. 1317-1325.

Calatayud, A., 2008. Effect of two nutrient solution temperatures on nitrate uptake, nitrate reductase activity, NH4+ concentration and chlorophyll a fluorescence in rose plants. *Environmental and Experimental Botany*, pp. 65-74.

Childs, E., 1940. The use of soil moisture characteristics in soil studies. *Soil Sci.*, pp. 239-252.

Christie, E. C., 2014. *Water and Nutrient Reuse within Closed Hydroponic Systems.* Georgia: Electronic Theses and Dissertations.

Couplan, F., 1989. Le regal vegetal. Plantes sauvages comestibles. *Encyclopedie des plantes comestibles de l'Europe*.

Dannehl, D., Suhl, J., Ulrichs, C. & Schmidt1, U., 2014. Evaluation of substitutes for rock wool as growing substrate for hydroponic tomato production. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, pp. 68-77.

Dannehl, D., Suhl, J., Ulrichs, C. & Schmidt, U., 2015. "Evaluation of substitutes for rock wool as growing substrate for hydroponic tomato production". *Journal of Applied Botany and Food Quality*, pp. 68-77.

Despommier, D., 2010. *The Vertical Farm: Feeding the world in 21st century.* New York: Martins Press.

Dewir, Y. και συν., 2005. "Effects of hydroponic solution EC, substrates, PPF and nutrient scheduling on growth and photosynthetic competence during acclimatization of micropropagated Spathiphyllum plantlets". *Plant Growth Regulation*, pp. 241-251.

Domeño, I., Irigoyen, I. & Muro, J., 2011. Comparison of traditional and improved methods for estimating the stability of organic growing media. *Scientia Horticulturae*, pp. 335-340.

Dunn, D. & Cole, J., 2000. Expanded polystyrene as a substitute for perlitevin rooting media. *International Plant Propagators' Society*, pp. 532-537.

Ertug, F., 2004. Wild edible plants of the Bodrum Area (Mugla, Turkey). *Turkish Journal of Botany* , p. 161–174.

Falah, M. και συν., 2010. Responses of root uptake to high temperature of tomato plants (Lycopersicon esculentum Mill.) in soil-less culture. *Journal of Agricultural Technology*, pp. 543-558.

Finck, A., 1989. Dunger and Dunging. Στο: *Grundlagen und Anleitung zur Dungung der Kulturpflanzen.* Germany: VCH Weinheim.

Finkel, D. I., 1989. The hanging Gardens of Babylon. Στο: *The seven wonders of the ancient world.* New York: Routledge.

Gaetano, L., 2009. Microevolution of Scolymus hispanicus L. (Compositae) in South Italy: from gathering of wild plants to some attempts of cultivation. *Journal of Agriculture and Rural development in the Tropics and Subtropics*, pp. 119-132.

García-Herrera, P. και συν., 2014. Nutrient composition of six wild edible Mediterranean Asteraceae plants of dietary interest. *Journal of Food Composition and Analysis*, pp. 163-170.

Gericke, W., 1940. *The complete guide to soilless gardening.* New York: Prentice Hall.

Gizas, G. & Savvas, D., 2007. Particle size and hydraulic properties of pumice affect growth and yield of greenhouse crops in soilless culture. *Hortscience*, pp. 1274-1280.

Göhler, F. & Drews, M., 1989. *Hydroponische Verfahren bei der Gemüseproduktion in Gewächshäusern..* Berlin: Landwirtschaftsverlag.

Gul, A., Eroul, D. & Ongun, A., 2005. Comparison of the use of zeolite and perliteas substrate for crisp-head lettuce. *Sci Hort.*, pp. 464-471.

Gunnlaugsson, B. & Adalsteinsson, S., 1995. Pumice as environment-friendly substrate-A comparison with rockwool. *Acta Hort.*, pp. 131-136.

Haghighi, M., Barzegar, M. & Silva, J. d., 2016. "The effect of municipal solid waste compost, peat, perlite and vermicompost on tomato (Lycopersicum esculentum L.) growth and yield in a hydroponic system". *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, pp. 231-242.

Hanan, J., 1998. Water in Greenhouses. Advanced Technology for Protected Horticulture. *CRC Press LLC,* pp. 271-385.

Hardgrave, M., 1995. An evaluation of polyurethane foam as a reusable substrate for hydroponic cucumber production. *Acta Hort.*, pp. 201-208.

Hershey, D. R., 1994. Solution Culture Hydroponics: History & Inexpensive Equipment. *The American Biology Teacher*, pp. 111-118.

Hewitt, E. J., 1966. *Sand and Water Culture Methods Used in the Study of Plant Nutrition.* Bucks: Technical Communication No. 22.

Hoang, N., Kitaya, Y., Shibuya, T. & Endo, R., 2019. "Development of an in vitro hydroponic culture system for wasabi nursery plant production – effects of nutrient concentration and supporting material on plantlet growth". *Scientia Horticulturae*, pp. 237-243.

Hosseinzadeh, S., Verheust, Y., Bonarrigo, G. & Hulle, S. V., 2017. Closed hydroponic systems: operational parameters, root exudates, occurence and related water treatment. *Reviews in Environmental Science and Bio technology*, pp. 59-79.

Incrocci, L., Malorgio, F., Bartola, A. D. & Pardossi, A., 2006. The influence of drip irrigation or sub-irrigation on tomato grown in closed-loop substrate culture with saline water. *Sci. Hort.*, pp. 365-372.

J. Benton Jones, J., 2004. *Hydroponics A Practical Guide for the Soilless Grower.* s.l.:CRC Press.

Jensen, M., 1997. Hydroponics. *HortScience 32*, pp. 1018-1021.

Jensen, M. & Collins, W., 1985. Hydroponic vegetable production. *Hort.*, pp. 483-558.

Jia, Z., Yi, J., Su, Y. & Shen, H., 2011. Autotoxic substances in the root exudates from continuous tobacco cropping. *Allelopathy J*, pp. 87-96.

Jones Jr., J., 2005. *Hydroponics: A Practical Guide for the Soilless Grower.* 2nd επιμ. s.l.: CRC Press.

Jones, J., 1982. Hydroponics: its history and use in plant nutrition studies. *Journal of Plant Nutrition*, pp. 1003-1030.

Kaiser, C. & Ernst, M., 2016. *Hydroponic Lettuce.* [Ηλεκτρονικό]
Available at: https://www.uky.edu/ccd/sites/www.uky.edu.ccd/files/hydrolettuce.pdf
[Πρόσβαση 14 March 2020].

Kapiszewska, M. και συν., 2005. The protective ability of the Mediterranean plant extracts against the oxidative DNA damage. The role of the radical oxygen species and the polyphenol content. *Journal of Physiology and Pharmacology*, pp. 183-197.

Kaur, H., Bedi, S., Sethi, V. & Dhatt, A., 2018. Effects of substrate hydroponic systems and different N and K ratios on yield and quality of tomato fruit. *Journal of Plant Nutrition*, pp. 1547-1554.

Kirimer, N., Tunalier, Z., Başer, K. C. & Cingi, I., 1997. Antispasmodic and spasmogenic effects of Scolymus hispanicus and taraxasteryl acetate on isolated ileum preparation. *Planta Med*, pp. 556-558.

Klados, E. & N.Tzortzakis, 2014. Effects of substrate and salinity in hydroponically grown Cichorium spinosum. *Journal of soil science and plant nutrition*.

Lieten, F., 2004. Recent situation of strawberry substrate culture in Europe. *Acta Horticulturae*, pp. 193-196.

Lieth, J., 1996. Irrigation systems. Στο: *Water, media and nutrition for greenhouse crops.* USA: Ball Publishing, pp. 1-29.

Lieth, J. & Oki, L., 2008. Irrigation in soilless production. Στο: *Soilless culture: Theory and Practice.* Amsterdam: Elsevier, pp. 117-156.

Llorach-Massana, P., Rieradevall, J., Montero, J. & Peña, J., 2016. "LCA & LCCA of a PCM application to control root zone temperatures of hydroponic crops in comparison with conventional root zone heating systems". *Renewable Energy*.

Maloupa, E., 2002. Hydroponic systems. Στο: *Hydroponic production of Vegetables and Ornamentals.* Athens: Embryo Publications, pp. 143-178.

Marinou, E., Chrysargyris, A. & N. T., 2013. Use of sawdust, coco soil and pumice in hydroponically grown strawberry. *Plant Soil Environ*, p. 452–459.

Marmouzia, I. και συν., 2017. Phytochemical and pharmacological variability in Golden Thistle functional parts: comparative study of roots, stems, leaves and flowers. *Natural Product Research*, p. 2669–2674.

Montesano, F., Parente, A. & Santamaria, P., 2010. Closed cycle subirrigation with low concentration nutrient solution can be used for soilless tomato production in saline conditions. *Sci. Hort.*, pp. 338-344.

Morales, P. και συν., 2014. Mediterranean non-cultivated vegetables as dietary sources of compounds with antioxidant and biological activity. *LWT-Food Sci Techno*, pp. 389-396.

Nassif, F. & Tanji, A., 2013. Gathered food plants in Morocco: the long forgotten speices in ethnobotanical research. *Life Sci Leaf*, pp. 17-54.

Nederhoff, E. & Stanghellini, C., 2010. Water Use Efficiency of Tomatoes in Greenhouses and Hydroponics. *Practical Hydroponics and Greenhouses*, pp. 52-59.

Nxawe, S., Laubscher, C. P. & Ndakidemi, P., 2009. Effect of regulated irrigation water temperature on hydroponics production of Spinach (Spinacia oleracea L). *African Journal of Agricultural Research*.

Olle, M., Ngouajio, M. & Siomos, A., 2012. "Vegetable quality and productivity as influenced by growing medium: a review". *Žemdirbystė (Agriculture)*, pp. 399-408.

Paasikallio, A., 1998. Effects of biotite, zeolite, heavy clay, bentonite and apatite on the uptake of radiocaesium by grass from peat soil. *Plant Soil*, pp. 213-222.

Pang, K., Kotek, R. & Tonelli, A., 2006. Review of conventional and novel polymerization processes for polyesters. *Progress in Polymer Science*, pp. 1009-1037.

Papadimitriou, D. και συν., 2020. Effect of N:K Ratio and Electrical Conductivity of Nutrient Solution on Growth and Yield of Hydroponically Grown Golden Thistle(Scolymus hispanicus L.) †. *Proceedings*, p. Issue 1.

Papadopoulos, A. και συν., 2008. Inorganic and synthetic organic components of soilless culture and potting mixes. Στο: *Soilless culture: Theory and Practice.* Amsterdam: Elsevier, pp. 505-543.

PDA, 2011. Soil analysis: Key to Nutrient Managmenet Planning. *Potash Development Association*, Νοέμβριος, p. Leaflet 24.

Picchi, G. & Pieroni, A., 2005. *Atlante dei prodotti tipici: le erbe.* Roma: Agra, RAI-ERI.

Pieroni, A. και συν., 2002. In vitro antioxidant activity of noncultivated vegetables of ethnic Albanians in southern Italy. *Phytother Res*, pp. 467-473.

Polo, S. και συν., 2009. Knowledge, use and ecology of golden thistle (Scolymus hispanicus L.) in Central Spain. *J Ethnobiol Ethnomed*, p. 42.

Poole, R., Conover, C. & Joiner, J., 1981. Soils and potting mixtures. Στο: *Foliage Plant Production.* USA: Prentice- Hall inc., pp. 179-202.

Psaroudaki, A., Nikoloudakis, N., Skaracis, G. & Katsiotis, A., 2015. Genetic structure and population diversity of eleven edible herbs of Eastern Crete. *Journal of Biological Research- Thessaloniki*.

Raviv, M., Silber, S. & Medina, S., 1998. The effect of medium disinfection on cut rose production and on some chemical properties of tuff. *Sci. Hort*, pp. 285-293.

Raviv, M., Wallach, R., Silber, A. & Bar-Tal, A., 2002. Substrates and their analysis. Στο: *Hydroponnic production of vegetables and ornamentals.* Athens: Embryo publications, pp. 25-101.

Resh, H. M., 1990. *Hydroponic Home Food Gardens.* s.l.: Woodbridge Press Publishing Company.

Roberto, K., 2003. *How to Hydroponics.* New York: Future Garden Inc .

Rodríguez-Delfín, A., 2012. "Advances of hydroponics in Latin America". *Acta Horticulturae*, pp. 23-32.

Rouphael, Y. & Colla, G., 2005. Growth, yield, fruit quality and nutrient uptake of hydroponically cultivated zucchini squash as affected by irrigation systems and growing seasons. *Sci. Hort.*, pp. 177-195.

Santamaria, P., Campanile, G., Parente, A. & Elia, A., 2003. Subirrigation vs. drip-irrigation: effects on yield and quality of soilless grown cherry tomato. *Jurnal Hort. Sci. Biotech.*, pp. 290-296.

Sari, A. & Tutar, M., 2010. Effects of Light, Cold Storage, and Temperature on Seed Germination of Golden Thistle (Scolymus hispanicus L.). *Journal of herbs, spices & medicinal plants*, pp. 318-325.

Savvas, D., 2009. Modern developments in the use of inorganic media in greenhouse vegetable and flower production. *Acta Hort.*, pp. 73-86.

Savvas, D. & Manos, G., 1998. Automated composition control of nutrient solution in solilless culture systems. *Journal Agric. Engin. Res.*, pp. 29-33.

Savvas, D. και συν., 2004. Yield and nutrient status in the root environment of tomatoes grown on chemically active and inactive inorganic substrates. *Acta Hort.*, pp. 377-383.

Schroder, F. & Forester, R., 2000. Polyester fleece as a substrate for soilless culture. *Acta Hort.*, pp. 67-73.

Schroeder, F. & Lieth, J. H., 2002. Irrigation Control in Hydroponics. Στο: *Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals.* s.l.:Embryo Publications.

Schwarz, D. & Kuchenbuch, R., 1998. WATER UPTAKE BY TOMATO PLANTS GROWN IN CLOSED HYDROPONIC SYSTEMS DEPENDENT ON THE EC-LEVEL. *Acta Horticulturae*.

Schwarz, M. & Vaadia, Y., 1969. Limestone gravel as growth medium in hydroponics. *Plant soil*, pp. 122-128.

Sheikh, B., 2006. Hydroponics: key to sustain agriculture in water stressed and urban environment. *Pak J Agric Agril Eng Vet Sci*, pp. 53-57.

Shrestha, A. & Dunn, B., 2010. Hydroponics. *Division of Agricultural Sciences and Natural Resources*.

Silber, A. & Raviv, M., 1996. Effects on chemical surface properties of tuff by growing rose plants. *Plant Soil*, pp. 353-360.

Silber, A., Yosef-Bar, B., Singer, A. & Chen, Y., 1994. Mineralogical and chemical composition of three tuffs from northern Israel. *Geoderma*, pp. 123-144.

Siomos, A. και συν., 2001. Aerial biomass, root biomass and quality of four lettuce cultivars grown hydroponically in perlite and pumice. *Acta Hort.*, pp. 437-443.

Son, J. E., Kim, H. J. & Ahn, T. I., 2020. Hydroponic systems. Στο: *Plant factory.* s.l.:Academic Press, pp. 273-283.

Stamatakis, M. και συν., 2001. The zeolites from Evros region, northern Greece: a potential use as cultivation substrate in hydroponics. *Acta Hort.*, pp. 93-103.

Suhandy, D., 2014. The Effect of EC Levels of Nutrient Solution on the Growth, Yield, and Quality of Tomatoes (Solanum Lycopersicum) under the Hydroponic System. *Journal of Agricultural Engineering and Biotechnology(JAEB)*, pp. 7-12.

Tardío, J. & Pardo-de-Santayana, M., 2016. Ethnobotanical analysis of wild fruits and vegetables traditionally consumed in Spain. Στο: *Mediterranean Wild Edible Plants: Ethnobotany and Food Composition.* New York: Springer.

Trejo-Tellez, L., Gomez-Marino, F. & Alcantar, G., 2007. Elementos Beneficos. Στο: *Nutricion de Cultivos.* Mexico: Mundi-Prensa, pp. 50-91.

Trejo-Tellez, L. & Gommez-Merino, F., 2012. Nutrient Solutions For Hydroponic Systems. Στο: T. Smiljianic, επιμ. *Hydroponics: a standard methodology for Plant Biological Researches.* Croatia: InTech.

Tunalier, και συν., 2006. Demise of a 60 year old Turkish herbal medicine: Lityazol Cemil. *International Congress of Ethnobotany*, pp. 213-216.

Tyson, R., Treadwel, D. & Simonne, E., 2011. "Opportunities and challenges to sustainability in aquaponic systems". *HortTechnology*, pp. 1-13.

Uva, W., Weiler, T. & Milligan, R., 1998. A survey on the planning and adoption of zero runoff subirrigation systems in greenhouse operations. *Hortscience*, pp. 193-196.

Van Os, E., 1995. Engineering and environmental aspects of soilless growing systems. *Acta Hort*, pp. 25-32.

Van.Os, Gieling, T. & Rujis, M., 2002. Eqipment for hydroponic installations. Στο: *Hydroponic production of vegetables and ornamentals.* Athens: Embryo publications, pp. 102-141.

Vazquez, F., 2000. THE GENUS SCOLYMUS TOURN. EX L. (ASTERACEAE): TAXONOMY AND DISTRIBUTION. *Anales Jará. Bot. Madrid*, pp. 83-100.

Verdonck, O. & Gabriels, R., 1992. Reference method for the determination of physical and chemical properties of plant substrates. *Acta Hort.*, pp. 169-179.

Verdonck, O. και συν., 1984. Agrex an expanded clay used as a substrate in hydroponics. Στο: *Proc. 6th Intern. Cong. Soilless culture.* Netherlands: ISOSC, pp. 705-711.

Victoria, S. o. V. (., 2020. *Agriculture Victoria.* [Ηλεκτρονικό]
Available at:
http://vro.agriculture.vic.gov.au/dpi/vro/vrosite.nsf/pages/weeds_herbs_biennial_golden_thistle
[Πρόσβαση 11 3 2021].

Vinci, G. & Rapa, M., 2019. Hydroponic cultivation: life cycle assessment of substrate choice. *British Food Journal*, pp. 1801-1812.

Yu, J. & Matsui , Y., 1994. Phytotoxic substances in root exudates of cucumber. *J Chem Ecol*, pp. 21-31.

Yu, J. & Matsui, . Y., 1993. Extraction and identification of phytotoxic substances accumulated in nutrient solution for the hydroponic culture of tomato. *Soil Sci Plant Nutr*, pp. 691-700.

Zhang, P., Senge, P. & Dai, Y., 2016. Effects of salinity stress on growth, yield, fruit quality and water use efficiency of tomato under hydroponics system. *Reviews in Agricultural Science* , pp. 46-55.

Zorpas, A. & Loizidou, M., 2008. Sawdust and natural zeolite as a bulkinh agent for improving quality of composting product from anaerobically stabilized sewage sludge. *Bioresource Technol.*, pp. 7545-7552.

Ζαφειρόπουλος, Κ., 2012. *Βοηθητικές σημειώσεις για spss- Πανεπιστήμιο Μακεδονίας.* [Ηλεκτρονικό]
Available at: http://opencourses.uom.gr/assets/site/content/courses/72/Notes-SPSS.pdf
[Πρόσβαση 29 Ιανουάριος 2021].

Σάββας, Δ., 2011. Υποστρώματα καλλιεργειών εκτός εδάφους. Στο: *Καλλιέργειες εκτός εδάφους.* Αθήνα: Αγροτύπος, pp. 27-127.