



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ
ΑΠΟΔΟΣΗ ΔΥΟ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΕΚΤΟΣ
ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΜΑΡΓΑΡΙΤΗ ΔΑΦΝΗ
ΤΑΣΙ ΙΖΜΙΡ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

ΦΛΩΡΙΝΑ, 2023

Δήλωση περί μη λογοκλοπής

Δηλώνουμε ότι είμαστε οι συγγραφείς της παρούσας εργασίας με τίτλο Επίδραση διαφορετικών υποστρωμάτων στην ανάπτυξη και απόδοση δύο ποικιλιών μαρουλιού σε καλλιέργεια εκτός εδάφους στο θερμοκήπιο που συντάχθηκε στα πλαίσια της πτυχιακής μας εργασίας και παραδόθηκε το μήνα Φεβρουάριο του 2023. Η αναφερόμενη εργασία δεν αποτελεί αντιγραφή ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν αναφέρονται σαφώς στη βιβλιογραφία και στο κείμενο ενώ κάθε εξωτερική βοήθεια, αν υπήρξε, αναγνωρίζεται ρητά

Όνομα (κεφαλαία)

ΜΑΡΓΑΡΙΤΗ ΔΑΦΝΗ

ΤΑΣΙ ΙΖΜΙΡ

ΑΜ

FG30430

FG30573

Υπογραφή:

Ημερομηνία:

13/2/2023

Πίνακας περιεχομένων

Πίνακας περιεχομένων	3
Κατάλογος πινάκων	4
Πίνακας σχεδιαγραμμάτων	5
Περίληψη	6
Abstract	7
Εισαγωγή	8
1. Γενικά για την υδροπονία	10
1.1 Εννοιολογική προσέγγιση του όρου	10
1.2 Ιστορική αναδρομή	11
1.3 Η υδροπονία στη σύγχρονη εποχή	13
1.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της υδροπονίας	17
1.5 Η σημασία της υδροπονίας	20
2. Υδροπονικά συστήματα και υποστρώματα	22
2.1 Κυρίαρχα υδροπονικά συστήματα	22
2.2 Κριτήρια επιλογής υποστρώματος	26
2.3 Εξοπλισμός υδροπονικών μονάδων	28
2.4 Θρεπτικό διάλυμα υδροπονικών καλλιεργειών	30
3. Το μαρούλι και η καλλιέργειά του	35
3.1 Γενικά για το μαρούλι	35
3.2 Μορφολογικά χαρακτηριστικά	36
3.3 Βασικοί τύποι που καλλιεργούνται	37
3.4 Παρουσίαση ποικιλιών μαρουλιού	38
3.5 Η σημασία της καλλιέργειας του μαρουλιού	44
3.6 Θρεπτική αξία του μαρουλιού	45
3.7 Απαιτήσεις της καλλιέργειας μαρουλιού	46
3.8 Εχθροί και ασθένειες	49
4. Πειραματικό μέρος	52
4.1 Μεθοδολογία έρευνας και εργαλεία	52
4.2 Μετρήσεις απόδοσης και ανάπτυξης υπό διαφορετικές συνθήκες	54
4.3 Αποτελέσματα έρευνας	55
5. Συζήτηση-Συμπεράσματα	62
Βιβλιογραφία	64

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1 Στοιχεία σύνθεσης θρεπτικού διαλύματος	31
Πίνακας 2 Είδη λιπασμάτων που αξιοποιούνται για την δημιουργία θρεπτικών διαλυμάτων	32
Πίνακας 3 Κριτήρια αξιολόγησης ποιότητας νερού ως προς την ηλεκτρική αγωγιμότητα και την ολική συγκέντρωση αλάτων	34
Πίνακας 4 Περιεκτικότητα βασικών τύπων μαρουλιού σε θρεπτικά στοιχεία	46
Πίνακας 5 Εφαρμοζόμενες ποσότητες λιπασμάτων για καλλιέργεια αποδόσεων 5 περίπου τόνων	49
Πίνακας 6 Αποτελέσματα μέτρησης φύλλων και βάρους για τις ποικιλίες μαρουλιού White Boston και Empire όσον αφορά την εκλαμβανόμενη ποσότητα νερού-υγρασίας	56
Πίνακας 7 Αποτελέσματα μέτρησης πραγματικών φύλλων πριν και μετά τον κλίβανο για τις ποικιλίες μαρουλιού White Boston και Empire	59

Πίνακας σχεδιαγραμμάτων

Σχεδιάγραμμα 1 Μέγεθος αγοράς υδροπονίας κατά περιοχή, 2017	15
Σχεδιάγραμμα 2 Προβλεπόμενη αγοραία αξία της υδροπονίας παγκοσμίως από το 2016 έως το 2025 (σε εκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ)	16
Σχεδιάγραμμα 3 ΗΠΑ: Υδροπονική αγορά	17
Σχεδιάγραμμα 4 Απεικόνιση ανοικτού υδροπονικού συστήματος	23
Σχεδιάγραμμα 5 Απεικόνιση κλειστού υδροπονικού συστήματος	23
Σχεδιάγραμμα 6 Η καλλιέργεια του μαρουλιού στην Ελλάδα, 1961-202	44
Σχεδιάγραμμα 7 Απεικόνιση αποτελεσμάτων μέτρησης φύλλων και βάρους για τις ποικιλίες White Boston και Empire όσον αφορά την εκλαμβανόμενη ποσότητα νερού-υγρασίας	57
Σχεδιάγραμμα 8 Βάρος μαρουλιού ποικιλίας WHITE BOSTON πριν και μετά τον κλίβανο	60
Σχεδιάγραμμα 9 Σχεδιάγραμμα 10 Βάρος μαρουλιού ποικιλίας EMPIRE πριν και μετά τον κλίβανο	60
Σχεδιάγραμμα 12 Συγκριτική παρουσίαση βάρους ποικιλιών WHITE BOSTON και EMPIRE πριν τον κλίβανο	61
Σχεδιάγραμμα 13 Συγκριτική παρουσίαση βάρους ποικιλιών WHITE BOSTON και EMPIRE μετά τον κλίβανο	61

Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια η υδροπονία κατέχει μία ιδιαίτερη θέση στον πρωτογενή τομέα παραγωγής καθώς παρατηρείται να εφαρμόζονται συστήματα που διαφέρουν από παραδοσιακές πρακτικές. Σήμερα, εφαρμόζονται δυο κυρίως συστήματα υδροπονίας και καθένα από αυτά έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του. Στην παρούσα εργασία εξετάστηκε η εφαρμογή ανοικτού υδροπονικού συστήματος εκτός εδάφους σε θερμοκήπιο. Σκοπός της εργασίας ήταν να μελετηθούν δύο ποικιλίες μαρουλιού, η ποικιλία White Boston και η ποικιλία Empire και να διερευνηθεί η επίδραση διαφορετικών υποστρωμάτων στην ανάπτυξη και απόδοση των ποικιλιών αυτών. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν έδειξαν ότι η χρήση διαφορετικών υποστρωμάτων μπορεί να έχει διαφορετική επίδραση στις δύο ποικιλίες μαρουλιού. Οι διαφορές αυτές έχουν να κάνουν τόσο με τον αριθμό των φύλλων όσο και το βάρος. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε ότι οι δύο ποικιλίες μαρουλιού αναπτύσσονται και αποδίδουν καλύτερα σε υπόστρωμα το οποίο αποτελείται κατά 100% από κοκοφοίνικα. Από τις δύο ποικιλίες, η ποικιλία White Boston αποδίδει σε μεγαλύτερο βαθμό. Για την ποικιλία αυτή τα φύλλα που μετρήθηκαν ήταν 45 ενώ για την ποικιλία Empire τα φύλλα ήταν 37. Το βάρος των φύλλων για την ποικιλία White Boston πριν τη διαδικασία της ξήρανσής τους ανήλθε σε 201,8g ενώ για την ποικιλία Empire το βάρος ανήλθε σε 136,4g. Ωστόσο, παρατηρήθηκε ότι μετά τη διαδικασία της ξήρανσης η ποικιλία White Boston εμφάνισε μεγαλύτερη απώλεια βάρους σε σχέση με την ποικιλία Empire. Τα ευρήματα έδειξαν ότι οι δύο ποικιλίες που εξετάστηκαν μπορούν να προσαρμοστούν αποτελεσματικότερα σε υπόστρωμα από κοκοφοίνικα.

Λέξεις Κλειδιά: *Υδροπονία, Ανοικτό υδροπονικό σύστημα, Μαρούλι, Υποστρώματα*

Abstract

In recent years, hydroponics occupies a special place in the primary production sector as it is observed that systems that differ from traditional practices are applied. Today, two main hydroponic systems are used and each of them has its advantages and disadvantages. In this work, the application of an open hydroponic system outside the soil in a greenhouse was examined. The purpose of the work was to study two lettuce varieties, the White Boston variety and the Empire variety, and to investigate the effect of different substrates on the growth and yield of these varieties. The results obtained showed that the use of different substrates can have a different effect on the two lettuce varieties. These differences have to do with both the number of leaves and the weight. More specifically, it was observed that the two varieties of lettuce grow and perform better in a substrate that consists of 100% coconut. Of the two varieties, the White Boston variety yields to a higher degree. For this variety the leaves measured were 45 while for the Empire variety the leaves were 37. The weight of the leaves for the White Boston variety before the drying process was 201.8 g while for the Empire variety the weight was 136.4 g. However, it was observed that after the drying process the White Boston variety showed a greater weight loss than the Empire variety. The findings showed that the two cultivars tested can adapt more effectively to coconut substrate.

Keywords: Hydroponics, Open hydroponic system, Lettuce, Substrates

Εισαγωγή

Δε μπορεί να φέρει κανείς αντίρρηση στο γεγονός ότι η τεχνολογία εξελίσσεται ραγδαία και οι ανάγκες των καταναλωτών μεταβάλλονται μέρα με τη μέρα. Υπό το πρίσμα της εξέλιξης της τεχνολογίας και των μέσων που αυτή αναδύει στην επιφάνεια διαμορφώνεται διαρκώς το κατάλληλο υπόστρωμα για την αξιοποίηση μέσων και εργαλείων μέσα από τα οποία η ζωή μπορεί να γίνει περισσότερο εύκολη και ποιοτική. Κάτι τέτοιο ισχύει σε όλους τους τομείς παραγωγής και από τον κανόνα αυτό δεν εξαιρείται ο πρωτογενής τομέας. Στα πλαίσια λειτουργίας αυτού δίνεται διαρκώς έμφαση στην παραγωγή προϊόντων υψηλής ποιότητας λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη τη διασφάλιση του περιβάλλοντος. Μελετώντας τις σύγχρονες τάσεις που επικρατούν στον πρωτογενή τομέα εντοπίζει εύκολα κανείς μέσα και συστήματα τα οποία διαφοροποιούν τις διαδικασίες παραγωγής σε σημαντικό βαθμό. Αρκετά από τα μέσα αυτά υπάγονται στα πλαίσια της υδροπονίας η οποία συνιστά μία νέα μέθοδος καλλιέργειας φυτών και λαχανικών εκτός εδάφους.

Η υδροπονία αναπτύχθηκε τα τελευταία χρόνια ως εναλλακτική μέθοδος καλλιέργειας που αποκλίνει σε σημαντικό βαθμό από τις παραδοσιακές μεθόδους, ως αυτές είναι γνωστές έως και σήμερα. Στη σημερινή εποχή η εφαρμογή υδροπονικών μεθόδων εντοπίζεται στο μεγαλύτερο βαθμό σε καλλιέργειες που αναπτύσσονται σε θερμοκηπιακές μονάδες χωρίς αυτό να σημαίνει ότι σε κάποιο βαθμό δε μπορούν να εντοπιστούν σε υπαίθριες καλλιέργειες. Μέσα από την αξιοποίηση της υδροπονίας παρέχονται πολλά οφέλη καθώς δίνεται η δυνατότητα να βελτιστοποιηθούν οι διαδικασίες ελέγχου που αφορούν τις συνθήκες ανάπτυξης των φυτών, όποιων κι αν είναι αυτών. Στην παρούσα εργασία δίνεται έμφαση στην υδροπονία και σε μεθόδους καλλιέργειας μαρουλιού εκτός εδάφους σε θερμοκηπιακή μονάδα. Σκοπός είναι να μελετηθούν δύο γνωστές ποικιλίες μαρουλιού, η ποικιλία White Boston και η ποικιλία Empire και να παρατηρηθεί η επίδραση διαφορετικών υποστρωμάτων στην ανάπτυξη και απόδοση των ποικιλιών αυτών.

Η εργασία δομείται σε δύο βασικά μέρη, το μέρος της βιβλιογραφικής επισκόπησης και το πειραματικό μέρος. Η βιβλιογραφική επισκόπηση αφορά στα τρία πρώτα κεφάλαια και το τέταρτο αφορά το πειραματικό μέρος. Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται γενικά στοιχεία για την υδροπονία, γίνεται εννοιολογική προσέγγιση

του όρου, εξετάζεται η ιστορία της υδροπονίας, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που έχει όπως και η σημασία της. Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται τα υδροπονικά συστήματα και τα υποστρώματα που χρησιμοποιούνται. Γίνεται αναφορά στα κριτήρια επιλογής υποστρωμάτων, στα κυρίαρχα υδροπονικά συστήματα, στον εξοπλισμό που αξιοποιείται και στο θρεπτικό διάλυμα των υδροπονικών καλλιεργειών. Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στο μαρούλι και την καλλιέργεια του. Παρουσιάζονται γενικά στοιχεία για το μαρούλι, τα μορφολογικά του χαρακτηριστικά και τους βασικούς τύπους που καλλιεργούνται. Παράλληλα μελετάται η σημασία της καλλιέργειας του μαρουλιού, η θρεπτική αξία του, οι απαιτήσεις της καλλιέργειας και τέλος οι εχθροί και οι ασθένειες από τους οποίους απειλείται. Στο τέταρτο κεφάλαιο (πειραματικό μέρος) παρουσιάζεται η μεθοδολογία της έρευνας και τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν όπως και τα αποτελέσματα που προέκυψαν. Στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο συνοψίζονται τα κυριότερα συμπεράσματα που προέκυψαν από την εργασία στο τέλος παρουσιάζεται η λίστα με τη βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε.

1. Γενικά για την υδροπονία

1.1 Εννοιολογική προσέγγιση του όρου

Αποτελεί παραδοχή ότι για να καλλιεργηθούν φυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφοροι τρόποι και διάφορα συστήματα. Ένα από τα συστήματα αυτά τα οποία σχετίζεται μάλιστα με την καλλιέργεια εκτός εδάφους έχει να κάνει με την υδροπονία. Η λέξη αυτή είναι σύνθετη και προέρχεται από δύο επιμέρους λέξεις εκ των οποίων η πρώτη είναι η λέξη ύδωρ και η δεύτερη είναι η λέξη πόνος η οποία παραπέμπει στην έννοια της εργασίας. Σύμφωνα με αυτό το σύστημα καλλιέργειας χορηγούνται ανόργανα θρεπτικά διαλύματα τα οποία είναι τεχνητά παρασκευασμένα και τα οποία αποσκοπούν στο να καλύψουν τις ανάγκες που έχουν τα φυτά σε υδατικά και διατροφικά πλαίσια. Πρόκειται για ένα σύστημα ή διαφορετικά ένα είδος θρέψης των φυτών κατά το οποίο δύναται να χρησιμοποιηθεί ή και να μη χρησιμοποιηθεί κάποιο στερεό υπόστρωμα προκειμένου να ευνοηθεί η ανάπτυξη των φυτών. Κάνοντας λόγο για την υδροπονία, η προσοχή εστιάζεται στο είδος εκείνο καλλιέργειας το οποίο παραπέμπει στην τεχνική καλλιέργεια αλλά και στην ανέδαφος γεωργία (spoilless). Αξίζει να σημειωθεί ότι ο όρος αυτός (ανέδαφος γεωργία) εντοπίζεται αρκετά συχνά όταν κατά την καλλιέργεια φυτών γίνεται χρήση υποστρωμάτων τα οποία είναι οργανικά η αφορούν σε άλλα υποστρώματα τα οποία είναι μη αδρανή. Ο όρος της υδροπονίας (hydroponics) χρησιμοποιείται ευρύτατα στην διεθνή κοινότητα και είναι σε μεγάλο βαθμό διαδεδομένος (Dos Santos et al., 2013).

Εκτός από την ορολογία αυτή, είναι σημαντικά πιθανόν να εντοπίσει κανείς κι άλλους παρεμφερείς όρους όπως είναι για παράδειγμα ο όρος *spoilless culture* ο οποίος στα ελληνικά παραπέμπει στην καλλιέργεια η οποία πραγματοποιείται εκτός εδάφους. Κατά καιρούς έχουν διατυπωθεί διάφορες θεωρίες τόσο για την έννοια της υδροπονίας όσο και τις καλλιέργειες εκτός εδάφους. Η έννοια της υδροπονίας παραπέμπει στις μεθόδους εκείνες κατά τις οποίες καλλιεργούνται φυτά εκτός εδάφους και όχι μόνο αυτό αλλά απουσιάζουν στερεά υποστρώματα και το ριζικό σύστημα αναπτύσσεται σε ένα θρεπτικό διάλυμα όπως χαρακτηριστικά μπορεί να είναι το σύστημα NFT. Σε έρευνα της Τσιουντσιούρα (2020) αναφέρεται ότι η υδροπονία δεν διαφέρει καθόλου από τα συστήματα καλλιέργειας εκτός εδάφους. Σύμφωνα με όλα τα ανωτέρω, η υδροπονία έχει δεχθεί διάφορες απόψεις πολλές από τις οποίες ήταν σύμφωνες και

άλλες οι οποίες είχαν αποκλίσεις μεταξύ τους. Όπως και να 'χει, πρόκειται για ένα σύστημα καλλιέργειας στα πλαίσια του οποίου εφαρμόζονται διάφορες τεχνικές και το οποίο διαφέρει σημαντικά από τις συμβατικές καλλιέργειες.

1.2 Ιστορική αναδρομή

Η υδροπονία δεν αποτελεί ένα σημερινό σύστημα καλλιέργειας καθώς υπάρχουν αναφορές ότι από τα αρχαία ακόμη χρόνια οι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν μεθόδους οι οποίες είχαν πολλά κοινά στοιχεία με την υδροπονία. Χαρακτηριστικά, πριν 4.000 χρόνια στην Αίγυπτο οι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν γλάστρες στις οποίες υπήρχε κάποια μορφή υποστρώματος το οποίο χρησιμοποιούνταν για να μεταφέρονται δέντρα (Ravin & Leith, 2008). Ακόμη, στην περιοχή της Βαβυλώνας και πιο συγκεκριμένα στους Κρεμαστούς Κήπους αξιοποιούνταν μέθοδοι όπως συμβαίνει στη σύγχρονη εποχή με την περίπτωση της υδροπονικής καλλιέργειας. Χαρακτηριστικά, στους Κρεμαστούς Κήπους οι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν αναβαθμίδες τις οποίες γέμιζαν με άμμο και χώμα και τις οποίες χρησιμοποιούσαν για την ανάπτυξη των φυτών (Benton, 2005).

Για την περίοδο 327-287 π.Χ. υπάρχουν αναφορές για ιστορικά πρόσωπα όπως είναι ο Θεόφραστος τα οποία πειραματίστηκαν με την καλλιέργεια φυτών με διαφορετικούς τρόπους δίνοντας έμφαση στα θρεπτικά συστατικά και στον τρόπο απορρόφησης αυτών από τα φυτά. Η έννοια της υδροπονίας εξαφανίστηκε για μεγάλο χρονικό διάστημα που ξεπερνά τα 1.000 χρόνια αλλά παρόλα αυτά έκανε πάλι την εμφάνισή της περίπου το 1100 μ.Χ. όταν τοποθετήθηκε ως έννοια περισσότερο εκτενώς λόγω του ότι ξεκίνησαν συζητήσεις που αφορούσαν την εμπορική της χρήση. Την περίοδο 1275-1292 μ.Χ. υπάρχουν πλέον αναφορές από ιστορικές προσωπικότητες όπως είναι ο Μάρκο Πόλο ο οποίος, στα ταξίδια που πραγματοποίησε, κάνει αναφορά για κήπους που επιπλέον. Άλλες προσωπικότητες όπως ο Λεονάρντο ντα Βίντσι ισχυρίστηκε ότι τα φυτά είναι σε θέση να απορροφήσουν θρεπτικά συστατικά γεγονός που συνέβαλε στην πραγματοποίηση πειραματισμών και ερευνών σχετικών με την καλλιέργεια φυτών εκτός εδάφους. Μετά το 1620 μ.Χ. τέτοιου είδους πειραματισμοί άρχισαν να πραγματοποιούνται και να δίνεται μεγαλύτερη βαρύτητα σε τρόπους καλλιέργειας αλλά και σε τρόπους απόκτησης των θρεπτικών ουσιών από τα φυτά.

Στα πλαίσια της πραγματοποίησης πειραμάτων και εξέλιξης των ερευνών παρατηρήθηκαν προς το τέλος του 17^{ου} αιώνα οι πρώτες συγκροτημένες προσπάθειες

για την κατασκευή ειδικών χώρων οι οποίοι είχαν πολλά κοινά στοιχεία με τα σημερινά θερμοκήπια και βασικός σκοπός των οποίων ήταν η διατήρηση των φυτών σε περιοχές οι οποίες είχαν ψυχρό κλίμα. Έκτοτε, η καλλιέργεια και παραγωγή των φυτών άρχισε να αυξάνεται σταδιακά και σε αυτό επέδρασαν δύο βασικοί λόγοι όπως χαρακτηριστικά αναφέρονται από τους Ravin και Leith (2008). Ο πρώτος από αυτούς είχε να κάνει με το γεγονός ότι σε ολοένα και μεγαλύτερο βαθμό γινόταν αντιληπτές οι απαιτήσεις που έχουν τα φυτά ως προς το ζήτημα της διατροφής. Σε αυτό συνέβαλε το ότι έγινε σαφές πως με τη βοήθεια θρεπτικών διαλυμάτων τα φυτά μπορούσαν να γίνουν πιο αποδοτικά. Ο δεύτερος λόγος είχε να κάνει με το ότι περιορίστηκαν οι ασθένειες στα φυτά και απλοποιήθηκαν οι εργασίες που έπρεπε να γίνονται ως προς το ζήτημα της απολύμανσης, σε σχέση με περιπτώσεις άλλων καλλιεργειών. Αξίζει να σημειωθεί ότι λίγο πριν το ξεκίνημα του 17^{ου} αιώνα είχαν ήδη καταβληθεί οι πρώτες προσπάθειες για να καλλιεργηθούν φυτά σε υποστρώματα τα οποία είχαν δημιουργηθεί από άμμο, πριονίδι, τύρφη και άλλες οργανικές ουσίες.

Η πρώτη συγκροτημένη προσπάθεια για να καλλιεργηθούν φυτά σε υδροπονικά συστήματα έγιναν την περίοδο 1856-1865 μ.Χ. και πρωτοπόροι σε αυτή την προσπάθεια ήταν οι Γερμανοί Julius von Sachs και Wilhen Knor. Πιο συγκεκριμένα, το 1860 τροποποιήθηκε μία φόρμα αξιοποιώντας θρεπτικά διαλύματα μέσω της οποίας κατέστη δυνατόν να καλλιεργηθούν φυτά με τη χρήση μόνο νερού χωρίς να υπάρχουν κάποια μέσα που να συγκρατούν τις ρίζες. Η προσπάθεια αυτή βελτιοποιήθηκε ακόμη περισσότερο στο ξεκίνημα του 20^{ου} αιώνα καθώς τα χρόνια εκείνα καταστεί εφικτό να προσδιοριστούν τα βασικά μακροστοιχεία και μικροστοιχεία. Αξιοπρόσεκτες είναι οι προσπάθειες που καταβλήθηκαν την περίοδο του Β' Παγκοσμίου Πολέμου από την μεριά της Ιαπωνίας αλλά και των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής. Σύμφωνα με τις οποίες καλλιεργούνταν φυτά σε διάφορα υποστρώματα από χαλίκι και άμμο προκειμένου να παραχθούν διάφορα λαχανικά για τις ανάγκες θρέψης των στρατιωτών.

Τα χρόνια που ακολούθησαν εξελίχθηκαν ακόμη περισσότερο οι έρευνες και καταβλήθηκαν ακόμη περισσότερες προσπάθειες για να εμπλουτιστεί η θεωρία της υδροπονίας και να διερευνηθεί η σχέση των θρεπτικών διαλυμάτων και η απορρόφηση αυτών από τα φυτά με μη συμβατικό τρόπο. Στο ξεκίνημα της δεκαετίας του '70 η θεωρία της υδροπονίας βρήκε εφαρμογή κυρίως σε θερμοκήπια στα πλαίσια άσκησης επιχειρηματικών δραστηριοτήτων, κάτι που εντοπίστηκε κυρίως σε χώρες όπως η Αγγλία και η Ολλανδία οι οποίες ήταν πρωτοπόρες στην υιοθέτηση καινοτόμων

συστημάτων. Χαρακτηριστικά, η Ολλανδία ήταν η χώρα η οποία ανακάλυψε τα χαρακτηριστικά του πετροβάμβακα και τις ιδιότητες που έχει στην αντιμετώπιση των εδαφογενών ασθενειών. Όλες οι ανακαλύψεις των περασμένων χρόνων συνθέτουν την κληρονομιά που υπάρχει σήμερα αλλά και το γνωστικό υπόβαθρο που διατίθεται σε υποψήφιους καλλιεργητές που θέλουν να ασχοληθούν με την υδροπονία. Στη σημερινή εποχή η αξιοποίηση της γνώσης η οποία κατακτήθηκε σταδιακά ευνοεί την αποτελεσματική αξιοποίηση της τεχνολογίας και δίνει τη δυνατότητα σε κάποιον να καλλιεργήσει φυτά με ορθολογικό και αποτελεσματικό τρόπο (Αρλαπάνος, 2016).

1.3 Η υδροπονία στη σύγχρονη εποχή

Τις τελευταίες δεκαετίες η καλλιέργεια φυτών με υδροπονικά συστήματα παρουσιάζει αυξητική τάση σε σχέση με το παρελθόν καθώς οι μονάδες παραγωγής που δημιουργούνται είναι περισσότερο προσεγμένες. Σε αυτό συνέβαλε σε μεγάλο βαθμό η τεχνολογική εξέλιξη η οποία έδωσε τη δυνατότητα στους καλλιεργητές να καταβάλουν στοχευμένες προσπάθειες αξιοποιώντας σε παράλληλο φόντο την υφιστάμενη γνώση. Η υδροπονική καλλιέργεια εξελίχθηκε σε μεγάλο βαθμό προς τα τέλη της δεκαετίας του '90 και σε αυτό συνέβαλαν σε μεγάλο βαθμό χώρες ανά τον κόσμο όπως η Ολλανδία οι οποίες ήταν και συνεχίζουν να είναι καινοτόμες και προηγμένες. Έτσι, τη σημερινή εποχή, πολλά προϊόντα, ανθοκομικά και λαχανοκομικά καλλιεργούνται ολοένα και περισσότερο σε μονάδες υδροπονίας. Πριν γίνει παρουσίαση της κατάστασης ως αυτή έχει σήμερα, όσον αφορά το ζήτημα της υδροπονίας, κρίνεται σκόπιμο να γίνει μία σύντομη αναφορά στους λόγους που επέδρασαν στην επιλογή τέτοιων ειδών καλλιέργειας. Μεταξύ αυτών των λόγων συγκαταλέγονται πρώτον, η μεγάλη επικινδυνότητα από εδαφογενείς ασθένειες, δεύτερον, τα προβλήματα που υπήρχαν από την χρήση βρωμιούχου μεθυλίου το οποίο χρησιμοποιούνταν για την απολύμανση του εδάφους και τρίτον, η αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση των συνθηκών καλλιέργειας τόσο σε περιπτώσεις εποχικών καλλιεργειών όσο και σε καλλιεργειών εκτός εποχής (Carruthers, 2002).

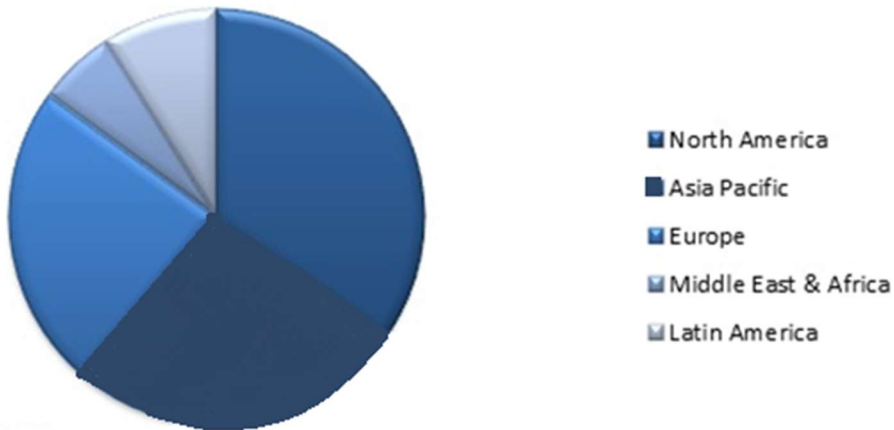
Μέχρι το 2001 υπήρχαν εκτιμήσεις ότι οι υδροπονικές καλλιέργειες σε παγκόσμιο επίπεδο ανέρχονταν στα 250.000 στρέμματα και οι περισσότερες από αυτές γινόταν σε υποστρώματα στα οποία περιλαμβάνονταν πετροβάμβακας, περλίτης και άμμος. Μερικά χρόνια πριν και πιο συγκεκριμένα προς τα τέλη του 19ου αιώνα (1980) οι εκτάσεις σε παγκόσμια κλίμακα όσον αφορά την υδροπονική καλλιέργεια δεν

ξεπερνούσαν τα 60.000 στρέμματα. Αυτό σημαίνει ότι μέσα σε μόλις 20 περίπου χρόνια οι εκτάσεις σχεδόν τετραπλασιάστηκαν. Οι εκτάσεις αυτές αυξήθηκαν ακόμη περισσότερο τα χρόνια που ακολούθησαν και μέχρι το 2011 ανέρχονταν περίπου στα 350.000 στρέμματα (Carruthers, 2002). Πρακτικά, αυτό δείχνει ότι μέσα σε μόλις λίγα χρόνια οι υδροπονικές καλλιέργειες πολλαπλασιάστηκαν σε μεγάλο βαθμό.

Όπως αναφέρθηκε ήδη πιο πάνω, η υδροπονία υιοθετήθηκε σταδιακά από πολλές χώρες ανά τον κόσμο και πιο συγκεκριμένα από χώρες οι οποίες είχαν καλή οικονομία και υποδομές για να εξελιχθούν. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, τέτοιες χώρες ήταν και συνεχίζουν να είναι η Ολλανδία, η Ισπανία και η Γαλλία. Πρόκειται για χώρες οι οποίες είναι κορυφαίες στην υιοθέτηση πρακτικών υδροπονίας και αξιοποιούν διαρκώς ευκαιρίες ανάπτυξης οι οποίες είναι κερδοφόρες και δίνουν τη δυνατότητα εξέλιξης. Εκτός όμως από τις χώρες αυτές παρατηρείται γενικότερα μία τάση διαρκούς υιοθέτησης τεχνικών υδροπονίας που οδηγεί την ίδια σε άνοδο. Στις ανωτέρω χώρες παρατηρείται να υπάρχει ευαισθητοποίηση όσον αφορά την καλλιέργεια φυτών σε θερμοκήπια και αυτό συμβάλλει στην αύξηση της ζήτησης για υδροπονικές μεθόδους και ταυτόχρονα στην ραγδαία αύξηση της αγοράς. Κάτι αντίστοιχο παρατηρείται και σε χώρες της Ασίας όπως είναι η Κίνα και η Ινδία. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ένας βασικός λόγος ο οποίος συμβάλλει στην αύξηση της υδροπονίας είναι η ταχύτατη αστικοποίηση αλλά και οι διαρκείς επενδύσεις που πραγματοποιούνται στον τομέα της γεωργίας από τις αντίστοιχες κυβερνήσεις των χωρών οι οποίες αποσκοπούν στο να βελτιώσουν την παραγωγή και να δώσουν λύσεις στο επισιτιστικό ζήτημα. Η παγκόσμια αγορά υδροπονίας ταξινομείται περαιτέρω με βάση την περιοχή ως εξής (Transparency Market Research, 2022):

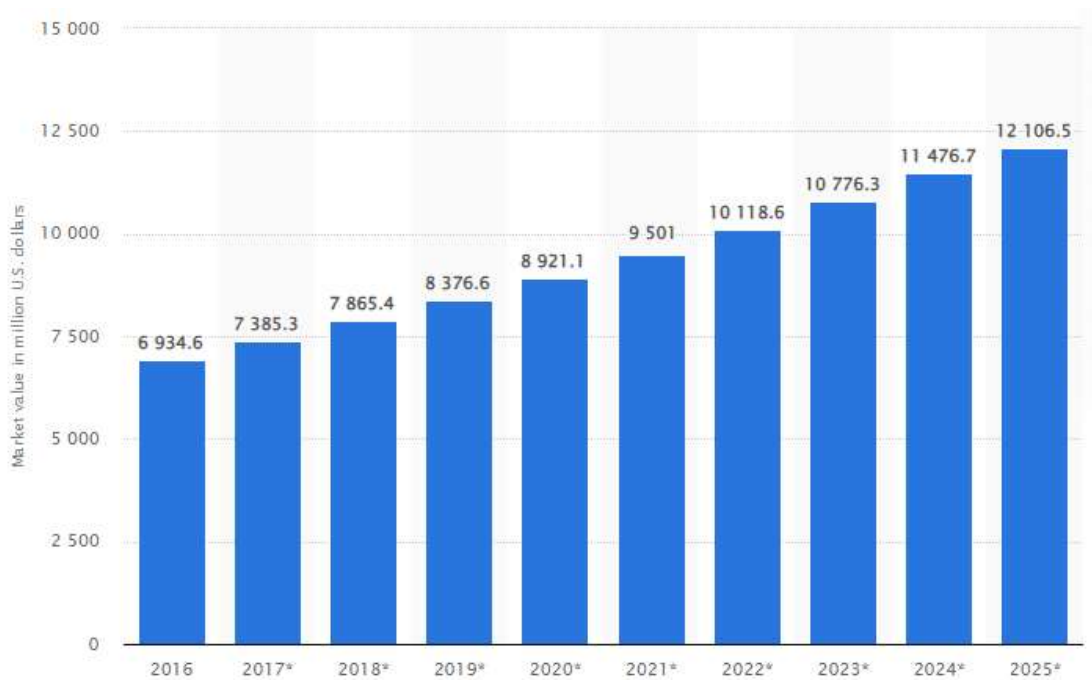
- Βόρεια Αμερική (Ηνωμένες Πολιτείες, Καναδάς)
- Λατινική Αμερική (Βραζιλία, Μεξικό, Αργεντινή, Υπόλοιπο LATAM)
- Ευρώπη (Ηνωμένο Βασίλειο, Γερμανία, Γαλλία, Ιταλία, Ισπανία, Ουγγαρία, BENELUX (Βέλγιο, Ολλανδία, Λουξεμβούργο), NORDIC (Νορβηγία, Δανία, Σουηδία, Φινλανδία), Πολωνία, Ρωσία, Υπόλοιπη Ευρώπη)
- Ασία-Ειρηνικός (Κίνα, Ινδία, Ιαπωνία, Νότια Κορέα, Μαλαισία, Ινδονησία, Ταϊβάν, Χονγκ Κονγκ, Αυστραλία, Νέα Ζηλανδία, Υπόλοιπη Ασία-Ειρηνικός)

- Μέση Ανατολή και Αφρική (Ισραήλ, ΣΣΚ (Σαουδική Αραβία, Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα, Μπαχρέιν, Κουβέιτ, Κατάρ, Ομάν), Βόρεια Αφρική, Νότια Αφρική, Υπόλοιπη Μέση Ανατολή και Αφρική)



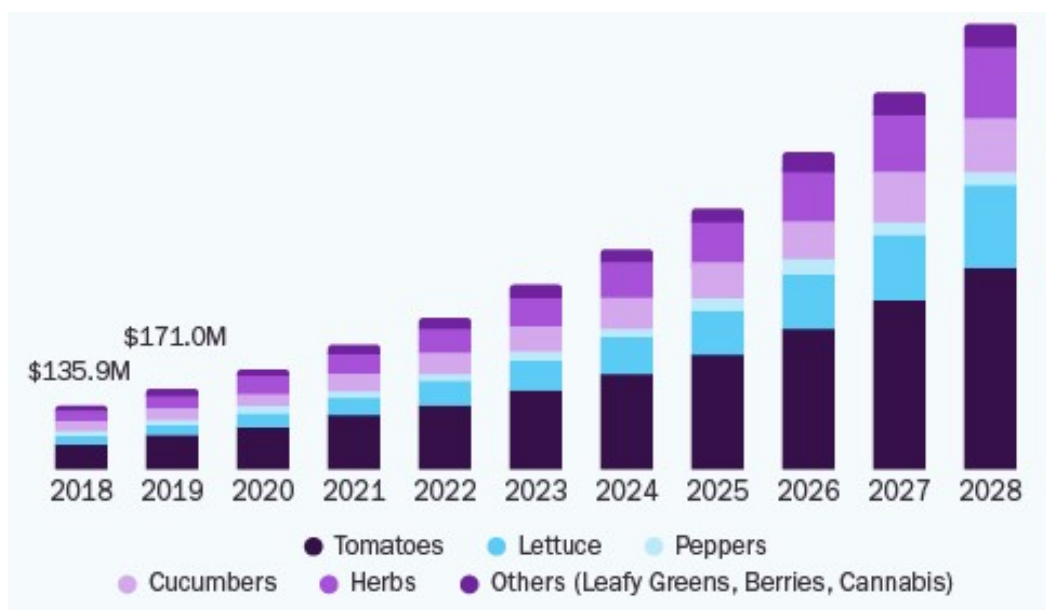
Σχεδιάγραμμα 1 Μέγεθος αγοράς υδροπονίας κατά περιοχή, 2017 (Researchnester, 2022)

Από όλες τις ανωτέρω περιοχές, παρατηρείται ότι η υδροπονία εμφανίζεται να έχει εξελιχθεί στο μεγαλύτερο βαθμό στην Βόρεια Αμερική και στη συνέχεια ακολουθούν η Ασία-Ειρηνικός, η Ευρώπη, η Λατινική Αμερική και η μέση Ανατολή και Αφρική. Στο παρακάτω σχήμα επιβεβαιώνονται όλα τα ανωτέρω στοιχεία που παρουσιάστηκαν καθώς γίνεται αισθητή η εξέλιξη της αγοραίας αξίας της υδροπονίας (σε εκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ) σε παγκόσμιο επίπεδο από το 2016 μέχρι το 2025. Παρατηρείται ότι το 2016 η παγκόσμια αγορά υδροπονίας αποτιμήθηκε σε περίπου 7 δισεκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ και το 2021 η αξία αυτή αυξήθηκε σημαντικά και ανήλθε σε περίπου 9,5 δισεκατομμύρια δολάρια. Οι προβλέψεις που υπάρχουν για τα επόμενα χρόνια και πιο συγκεκριμένα για το 2025 δείχνουν την παγκόσμια αγορά να έχει σημαντικές τάσεις αύξησης και να ξεπερνά τα 12 δισεκατομμύρια δολάρια (Shahbandeh, 2021).



Σχεδιάγραμμα 2 Προβλεπόμενη αγοραία αξία της υδροπονίας παγκοσμίως από το 2016 έως το 2025 (σε εκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ) (Shahbandeh, 2021)

Κάνοντας λόγο για τις καλλιέργειες υδροπονίας, δίνονται στη συνέχεια στοιχεία για την Αμερική καθώς αυτή κατέχει το μεγαλύτερο μερίδιο της αγοράς. Όπως φαίνεται στο σχεδιάγραμμα που ακολουθεί από το 2018 μέχρι το 2028 η αγορά της υδροπονίας εμφανίζεται αυξημένη σε πολύ μεγάλο βαθμό. Όσον αφορά το είδος της καλλιέργειας στο οποίο δόθηκε μεγαλύτερη έμφαση αυτό έχει να κάνει με την ντομάτα η οποία κυριάρχησε σε ποσοστό πάνω από 40% (εκ του συνολικού μεριδίου αγοράς (έτος αναφοράς 2020)). Σε παγκόσμιο επίπεδο οι υδροπονικές καλλιέργειες αφορούν στο μεγαλύτερο βαθμό τις καλλιέργειες τομάτας και αυτό δικαιολογείται από το γεγονός ότι ως καλλιέργεια απαιτεί λιγότερες ποσότητες νερού σε σχέση με τις συμβατικές καλλιέργειες τομάτας. Στα ίδια πλαίσια που περιγράφονται είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι στις περισσότερες υδροπονικές καλλιέργειες ντομάτας έχουν χρησιμοποιηθεί υποστρώματα πετροβάμβακα, περλίτη ή κοκοφοίνικα καρύδας. Ακόμη, εκτιμάται ότι μέχρι το 2028 οι περιοχές που θα καλλιεργούν ντομάτα με υδροπονικά συστήματα θα είναι κυρίως η περιοχή της Ευρώπης, της Ασίας και του Ειρηνικού. Τέλος, όσον αφορά αλλά προϊόντα όπως είναι το λάχανο, το μαρούλι, η ρόκα, η πιπεριά, το αγγούρι κ.α. φαίνεται ότι, παρότι, αντικειμενικά, το μερίδιο αγοράς που κατέχουν είναι μικρό, ενισχύεται η δημοτικότητα τους ολοένα και περισσότερο (Grand View Research, 2021).



Σχεδιάγραμμα 3 ΗΠΑ: Υδροπονική αγορά (Grand View Research, 2021)

1.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της υδροπονίας

Η υδροπονία διαφέρει σημαντικά από άλλα συστήματα καλλιέργειας τα οποία είναι περισσότερο συμβατά. Όπως κάθε σύστημα καλλιέργειας έτσι και στην περίπτωση της υδροπονίας αναδύονται ορισμένα χαρακτηριστικά τα οποία είναι αφενός θετικά και αφετέρου αρνητικά. Αυτό σημαίνει ότι η υδροπονική καλλιέργεια παρουσιάζει ορισμένα πλεονεκτήματα αλλά και κάποια μειονεκτήματα όπως περιγράφονται ακολούθως.

Πλεονεκτήματα

Πρώτα από όλα, η υδροπονική καλλιέργεια δίνει τη δυνατότητα σε κάποιον να καλλιεργήσει φυτά σε γεωγραφικές περιοχές οι οποίες δεν ενδείκνυνται για καλλιέργεια επειδή δεν το επιτρέπει το έδαφος (πχ κακή ποιότητα, αλατούχο έδαφος κλπ), ή γιατί το έδαφος είναι μολυσμένο και υπάρχουν ασθένειες οι οποίες είναι δύσκολες στην αντιμετώπιση. Επιπλέον, μέσα από την υδροπονική καλλιέργεια περιορίζονται σε πολύ μεγάλο βαθμό οι πιθανότητες να εμφανιστούν ασθένειες στα φυτά και αυτό σημαίνει ότι ο καλλιεργητής απαλλάσσεται από την φροντίδα της απολύμανσης. Το γεγονός ότι δεν υπάρχει κίνδυνος και απειλή από διάφορες ασθένειες, συνεπάγεται την εξοικονόμηση οικονομικών πόρων. Στα ίδια πλαίσια, δεν υπάρχει η ανάγκη να καταπολεμηθούν ζιζάνια και διάφορα άλλα παράσιτα γεγονός το

οποίο συμβάλλει στην εξοικονόμηση οικονομικών πόρων και άρα στον περιορισμό του κόστους που απαιτείται για την καλλιέργεια. Ένα άλλο βασικό πλεονέκτημα της υδροπονικής καλλιέργειας είναι ότι μέσω αυτής οι εργασίες που απαιτούνται περιορίζονται και απλοποιούνται. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η άρδευση όπου λόγω της μείωσης των εργασιών περιορίζονται σημαντικά οι εργατοώρες που απαιτούνται κι αυτό σημαίνει αυτόματα ότι ο καλλιεργητής έχει περισσότερο χρόνο στη διάθεσή του (Σάββας, 2011).

Η υδροπονική καλλιέργεια βοηθάει ακόμη σε μεγάλο βαθμό στο να σημειωθούν μεγαλύτερες αποδόσεις και να βελτιωθεί σημαντικά η ποιότητα των προϊόντων που παράγονται. Ένα άλλο πλεονέκτημα της καλλιέργειας που περιγράφεται έχει να κάνει με το γεγονός ότι τα φυτά παράγονται σε ένα περιβάλλον το οποίο είναι ελεγχόμενο. Ο καλλιεργητής έχει την δυνατότητα να παρακολουθεί την ανάπτυξη των φυτών, να ελέγχει τις ενέργειες που πραγματοποιεί, τον χρόνο που διαθέτει και γενικότερα να ρυθμίζει την ένταση αλλά και τη συχνότητα της εργασίας που παράγει. Κάτι τέτοιο μπορεί να συμβεί σε ακόμα μεγαλύτερο βαθμό όταν γίνεται λόγος για καλλιέργειες οι οποίες βρίσκονται σε θερμοκήπια καθώς ο καλλιεργητής μπορεί να ελέγξει επιμέρους ζητήματα όπως είναι για παράδειγμα ο φωτισμός, ο αερισμός κ.ά. Λόγω του γεγονότος ότι παρέχεται αυτή η δυνατότητα, εκτός από την εξοικονόμηση οικονομικών πόρων, επιτρέπεται να διασφαλιστούν οι υδάτινοι και ενεργειακοί πόροι καθώς γίνεται καλύτερος έλεγχος του νερού, της θερμοκρασίας κλπ.

Ακόμη, ένα βασικό πλεονέκτημα έχει να κάνει με το ότι περιορίζονται οι πιθανότητες μόλυνσης των υπόγειων υδροφόρων οριζόντων. Μέσω της υδροπονικής καλλιέργειας και της αποτελεσματικής διαχείρισης του νερού αλλά και των ιχνοστοιχείων που παρέχονται στα φυτά (λιπάσματα) υπάρχει ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης το οποίο προστατεύει το φυσικό περιβάλλον. Αυτό ισχύει σε μεγαλύτερο βαθμό στην περίπτωση των κλειστών συστημάτων υδροπονίας. Τέλος, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι τα φυτά τρέφονται σωστά και αποτελεσματικά. Αυτό σημαίνει ότι μία καλλιέργεια γίνεται με τον επιθυμητό τρόπο γεγονός που εξασφαλίζει εισόδημα για τον καλλιεργητή και περιορίζει τις πιθανότητες ύπαρξης ζημιών. Σε γενικές γραμμές η υδροπονική καλλιέργεια προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα κι αυτό σημαίνει ότι ως μέθοδος μπορεί να συμβάλλει σε μεγάλο βαθμό στην βελτίωση της ποιότητας και της απόδοσης μιας καλλιέργειας χωρίς βέβαια αυτό να υπονομεύει απόλυτα άλλα συστήματα (Μαυρογιαννόπουλος, 2006).

Μειονεκτήματα

Εκτός από τα πλεονεκτήματα που περιγράφηκαν πιο πάνω, η υδροπονική καλλιέργεια έχει ορισμένα μειονεκτήματα. Ένα πρώτο μειονέκτημα σχετίζεται με το γεγονός ότι η καλλιέργεια αυτή απαιτεί υψηλά κεφαλαία. Ένας αγρότης ο οποίος θέλει να καλλιεργήσει ένα φυτό αξιοποιώντας τις μεθόδους της υδροπονίας θα πρέπει να διαθέτει οικονομικούς πόρους. Εκτός από το γεγονός ότι απαιτείται η δαπάνη μεγάλων κεφαλαίων για την εγκατάσταση, υπάρχουν σημαντικές απαιτήσεις για την λειτουργία της εγκατάστασης. Ο καλλιεργητής θα πρέπει να είναι γνώστης αρκετών ζητημάτων και να φέρει τεχνικές ικανότητες ώστε να μπορεί να λειτουργεί μία μονάδα καλλιέργειας αποτελεσματικά. Η προϋπόθεση αυτή υπάρχει διότι η υδροπονική καλλιέργεια σχετίζεται με την αξιοποίηση τεχνολογίας και πιο συγκεκριμένα εξειδικευμένης τεχνολογίας. Άρα, δεν μπορεί να ασχοληθεί με την υδροπονία ο οποιοσδήποτε (Μαυρογιαννόπουλος, 2006).

Ένα άλλο βασικό μειονέκτημα της υδροπονικής καλλιέργειας έχει να κάνει με το γεγονός ότι σε περίπτωση εμφάνισης κάποιας ασθένειας υπάρχει η δυνατότητα ταχύτερης μετάδοσης αυτής. Αυτό συμβαίνει διότι μία ασθένεια μέσω του συστήματος άρδευσης μπορεί να μεταδοθεί εύκολα στα υπόλοιπα φυτά. Έτσι, εάν ο καλλιεργητής δεν αντιληφθεί έγκαιρα την προσβολή ενός φυτού από κάποια ασθένεια μπορεί να οδηγηθεί σε σημαντικές απώλειες αλλά και σε οικονομικό πλήγμα. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η μετάδοση της ασθένειας γίνεται γρηγορότερα στα κλειστά συστήματα. Πρακτικά, αυτό επιβεβαιώνει το γεγονός ότι τα συστήματα υδροπονίας είναι ευάλωτα και ευαίσθητα και ο καλλιεργητής δεν έχει την ευελιξία να αστοχήσει ως προς τις ενέργειες που κάνει. Εκτός από τα παραπάνω, η υδροπονική καλλιέργεια σχετίζεται με ορισμένες απαιτήσεις. Χαρακτηριστικά κάποια φυτά προϋποθέτουν ενδελεχή έρευνα και αναζήτηση προκειμένου να καταστεί εφικτή η προσαρμογή τους στις συνθήκες καλλιέργειας ενός τέτοιου συστήματος. Τέλος, η υδροπονική καλλιέργεια δεσμεύει κατά κάποιο τρόπο τον καλλιεργητή καθώς ο ίδιος θα πρέπει να ενεργεί στοχευμένα, προσεγμένα και με συνέπεια. Για παράδειγμα, ο καλλιεργητής θα πρέπει να δίνει μεγάλη βαρύτητα στο ζήτημα της θρέψης των φυτών καθώς ενδέχεται να υπάρξουν διακυμάνσεις οι οποίες μπορεί να επηρεάσουν τις συνολικές αποδόσεις (Τζώρτζος, 2011).

1.5 Η σημασία της υδροπονίας

Η καλλιέργεια φυτών με υδροπονικά συστήματα είναι σημαντική για πολλούς και διάφορους λόγους. Αρχικά, θα πρέπει να υπογραμμιστεί το γεγονός ότι πρόκειται για έναν είδος καλλιέργειας το οποίο έχει πολλά και σημαντικά πλεονεκτήματα όπως αυτά περιγράφηκαν σε προηγούμενες ενότητες. Όλα αυτά τα πλεονεκτήματα κάνουν την υδροπονική καλλιέργεια να ξεχωρίζει από άλλες καλλιέργειες, συμβατικές και μη και να επιλέγεται από καλλιεργητές ανά τον κόσμο. Η υδροπονική καλλιέργεια ανταποκρίνεται αποτελεσματικά στις απαιτήσεις που υπάρχουν για τρόφιμα αλλά και στις τάσεις που υπάρχουν σχετικά με την πληθυσμιακή αύξηση. Προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες που υπάρχουν οι οποίες σχετίζονται με την ραγδαία αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού, παρατηρείται να δίνεται έμφαση στην παραγωγή των τροφίμων με τρόπους κατά τους οποίους εξασφαλίζονται οικονομικοί πόροι αλλά και την ίδια στιγμή λύνεται ένα βασικό πρόβλημα που δεν είναι άλλο από το επισιτιστικό. Οι ανησυχίες που υπάρχουν για τα τρόφιμα, την επάρκεια αυτών αλλά και την ασφάλεια αυξάνονται διαρκώς, γεγονός που συμβαίνει σε μεγαλύτερο βαθμό μετά την εμφάνισή της πανδημίας Covid-19. Οι επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στην γεωργική βιομηχανία τείνουν να υιοθετούν σε ολοένα και μεγαλύτερο βαθμό πρακτικές και να αξιοποιούν τεχνολογικά εργαλεία με σκοπό να καλύψουν τις απαιτήσεις που υπάρχουν (Κωσταρέλου, 2014).

Πιο συγκεκριμένα, ο παγκόσμιος πληθυσμός έχει ξεπεράσει κατά πολύ τα 7 δισεκατομμύρια και το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες όπως είναι η αστικοποίηση, ο καθημερινός βίος και ο τρόπος ζωής επιδρούν στην παραγωγή των τροφίμων και συμβάλλουν στην αύξηση αυτών. Δεδομένου ότι η γεωργία συνιστά έναν αναπτυσσόμενο τομέα, δίνεται έμφαση στην χρήση πρακτικών και στην εφαρμογή μεθοδολογιών μέσω των οποίων η παραγωγή τροφίμων μπορεί να γίνει αποτελεσματικά και με ακρίβεια. Αυτό γίνεται κυρίως από χώρες οι οποίες είναι προηγμένες και έχουν τη δυνατότητα να επενδύσουν σε υλικοτεχνικό εξοπλισμό αλλά και σε ανθρώπινο δυναμικό. Στα πλαίσια των υδροπονικών καλλιεργειών εγκολπώνεται η πεποίθηση ότι μπορεί να λυθεί το επισιτιστικό ζήτημα που ταλανίζει τη σύγχρονη εποχή και να αντιμετωπιστούν οι προκλήσεις οι οποίες απασχολούν τις αναπτυσσόμενες οικονομίες. Δεν είναι τυχαίο ακόμη ότι πολλές χώρες ανά τον κόσμο δίνουν έμφαση σε ειδικούς που εμπλέκονται με τον γεωργικό τομέα προκειμένου να συμβάλλουν στην βελτίωση των αποδόσεων των καλλιεργειών.

Μέσα από όλα τα ανωτέρω γίνεται αντιληπτό ότι η έμφαση που δίνεται στις υδροπονικές καλλιέργειες συμβάλλει στην ανάδειξη της εικόνας του γεωργικού τομέα και τη βελτίωση της θέσης των αγροτών αλλά και των γεωργικών εταιρειών οι οποίες ασχολούνται με την παραγωγή προϊόντων. Στα ίδια πλαίσια αξιοποιούνται οι υφιστάμενες ευκαιρίες που υπάρχουν και ενισχύεται η γεωργική επιχειρηματικότητα με αποτέλεσμα να βελτιώνεται η συνολική εικόνα της κάθε χώρας. Οι υδροπονικές καλλιέργειες έχουν οικονομικό αντίκτυπο, συνεπώς η σημασία τους είναι και οικονομική. Μία χώρα η οποία προωθεί την υδροπονία μέσα από διάφορους τρόπους όπως είναι για παράδειγμα οι επενδύσεις και οι επιδοτήσεις συμβάλλει άμεσα στην ενίσχυση του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος και ευνοεί την ανάπτυξη της παγκόσμιας αγοράς. Σε παράλληλο φόντο, η αύξηση του κύκλου εργασιών συνεπάγεται με την αξιοποίηση εργατικού δυναμικού και αυτό με τη σειρά του συμβάλλει στην μείωση της ανεργίας. Τέλος, η υδροπονία μπορεί να συμβάλλει στην ανάδειξη του αγροτικού τομέα και στην βελτίωση του εισοδήματος των αγροτών. Τις τέσσερις τελευταίες δεκαετίες το αγροτικό εισόδημα δεν μεταβλήθηκε σημαντικά αλλά μέσω της εφαρμογής καινοτόμων συστημάτων καλλιέργειας όπως το υδροπονικό εκτιμάται ότι θα δοθεί λύση και σε τέτοιας φύσεως ζητήματα (Κωσταρέλου, 2014).

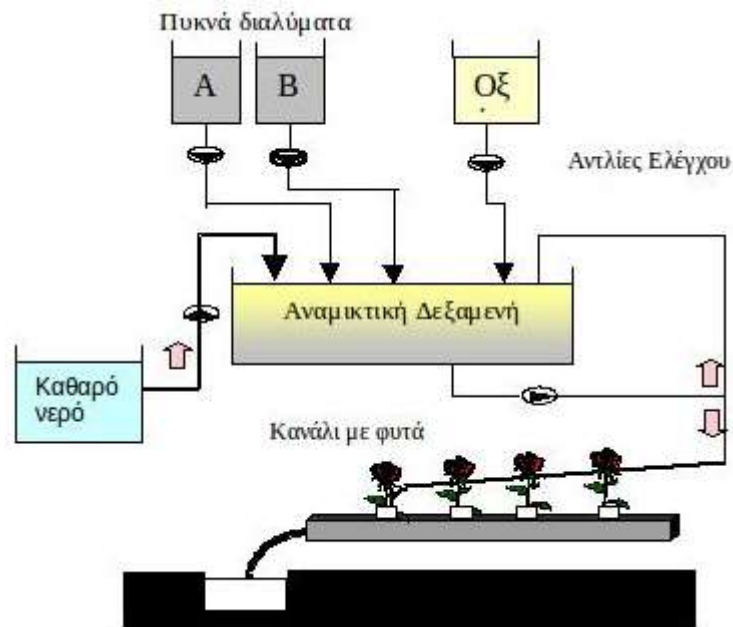
2. Υδροπονικά συστήματα και υποστρώματα

2.1 Κυρίαρχα υδροπονικά συστήματα

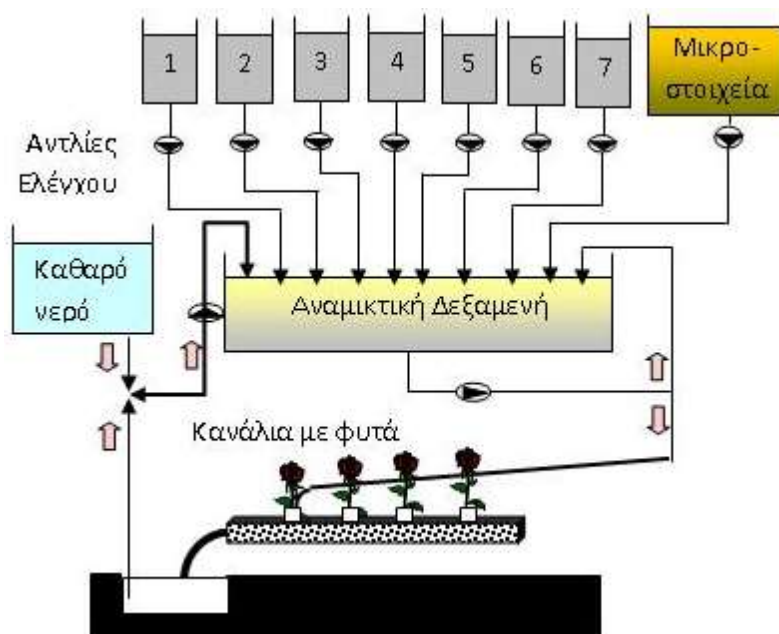
Στη βιβλιογραφία εντοπίζονται διάφορα είδη υδροπονίας και τα βασικότερα από αυτά ταξινομούνται σύμφωνα με τρία κριτήρια. Το πρώτο κριτήριο έχει να κάνει με τις απορροές και την διαχείριση αυτών, το δεύτερο κριτήριο έχει να κάνει με το ριζικό σύστημα και τον τρόπο που αυτό αναπτύσσεται και το τρίτο κριτήριο έχει να κάνει με τα υλικά δόμησης αλλά και τα χαρακτηριστικά αυτών. Μία βασική ταξινόμηση των ειδών υδροπονίας εμπίπτει στο πρώτο κριτήριο και σύμφωνα με αυτό εντοπίζονται τα ανοιχτά και τα κλειστά συστήματα υδροπονίας τα οποία περιγράφονται στη συνέχεια (Κώτσιρας, 2006):

- **Ανοιχτά συστήματα:** τα ανοιχτά συστήματα είναι από τα πρώτα στα οποία δόθηκε έμφαση και αυτό που τα χαρακτηρίζει είναι η απλότητα τους. Τα συστήματα αυτά δεν έχουν πολλές απαιτήσεις αλλά εμφανίζουν κάποια μειονεκτήματα. Το πρώτο μειονέκτημα έχει να κάνει με το γεγονός ότι σπαταλούνται υδάτινοι πόροι και λιπάσματα. Το δεύτερο βασικό μειονέκτημα έχει να κάνει με το γεγονός ότι μολύνεται ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας. Αυτοί είναι και οι βασικοί λόγοι για τους οποίους αναπτύχθηκαν τα κλειστά συστήματα. Τέλος, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι στην περίπτωση που εξετάζεται το σύστημα άρδευσης καθορίζει την απορροή του θρεπτικού διαλύματος και εξίσου σημαντική επιρροή διαδραματίζει το υπόστρωμα αλλά και ο καλύτερος έλεγχος που ασκείται.
- **Κλειστά συστήματα:** τα συστήματα αυτά έχουν ένα βασικό πλεονέκτημα το οποίο έχει να κάνει με το γεγονός ότι τα θρεπτικά διαλύματα ανακυκλώνονται και δεν καταλήγουν στο έδαφος. Αυτό σημαίνει ότι ο καλλιεργητής εξασφαλίζει την διαφύλαξη των υδάτινων πόρων αλλά και τον έλεγχο των θρεπτικών διαλυμάτων και του λιπάσματος. Ταυτόχρονα, περιορίζονται οι πιθανότητες ρύπανσης του εδάφους. Βασικό μειονέκτημα των κλειστών συστημάτων είναι ότι ευνοείται η μετάδοση ασθενειών μεταξύ των φυτών. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο ένας καλλιεργητής θα πρέπει να ελέγχει τον τρόπο λειτουργίας του συστήματος και να παρακολουθεί διαρκώς την

καλλιέργεια. Ένα άλλο βασικό μειονέκτημα των κλειστών συστημάτων έχει να κάνει με το ενδεχόμενο να συσσωρευτούν κάποια ανεπιθύμητα ιόντα λόγω της ανακύκλωσης που γίνεται. Κάτι τέτοιο μπορεί να είναι έντονο σε περιπτώσεις όπου το αρδευόμενο νερό δεν είναι καλής ποιότητας.



Σχεδιάγραμμα 4 Απεικόνιση ανοικτού υδροπονικού συστήματος (AlagroBlog, 2014)



Σχεδιάγραμμα 5 Απεικόνιση κλειστού υδροπονικού συστήματος (AlagroBlog, 2014)

Σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση των υδροπονικών συστημάτων με βάση το ριζικό σύστημα και τα μέσα που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη του, εντοπίζονται τα δύο παρακάτω είδη καλλιέργειας(Κώτσιρας, 2006):

- **Σε στατικό θρεπτικό διάλυμα:** στην περίπτωση αυτή η ανάπτυξη των φυτών γίνεται σε δοχεία στα οποία περιέχεται θρεπτικό διάλυμα. Χαρακτηριστικές περιπτώσεις χρήσης μέσων συνιστούν διάφορες δεξαμενές, ζαρντινιέρες ή πλαστικοί κουβάδες. Ο αερισμός του διαλείμματος μπορεί να γίνεται σε ένα μικρό βαθμό αλλά κάτι τέτοιο μπορεί να εκλείπει εντελώς. Στην περίπτωση παντελούς έλλειψης του αέρα, το διάλειμμα πρέπει να βρίσκεται ακριβώς κάτω από το ριζικό σύστημα ώστε να υπάρχει επιθυμητή πρόσβαση σε οξυγόνο. Για την διασφάλιση του οξυγόνου είναι εφικτό να δημιουργηθούν τρύπες στα μέσα που χρησιμοποιούνται σύμφωνα φυσικά με το είδος της καλλιέργειας. Τα μέσα που θα χρησιμοποιηθούν και στα οποία θα τοποθετηθούν τα φυτά διαφέρουν ως προς το μέγεθος. Συνεπώς, οι ενέργειες που θα πραγματοποιηθούν σχετικά με την οξυγόνωση των φυτών ποικίλουν. Στην περίπτωση αυτού του είδους καλλιέργειας δίνεται ιδιαίτερη βαρύτητα στο επίπεδο του διαλείμματος αλλά και στην κάλυψη των δοχείων όταν αυτά είναι διαφανή ώστε να περιορίζεται η φωτεινή δραστηριότητα. Έτσι, ο καλλιεργητής οφείλει να καλύπτει τα μέσα που χρησιμοποιούνται με διάφορα υλικά για να προστατεύει τα φυτά και να συμπληρώνει στο διάλειμμα νερό ή νέο θρεπτικό διάλυμα ώστε αυτό να παραμείνει στα επιθυμητά επίπεδα.
- **Με συνεχή ροή διαλύματος:** στην περίπτωση αυτής της καλλιέργειας παρατηρείται συνεχής ροή του θρεπτικού διαλύματος στο ριζικό σύστημα. Ακόμη, παρέχονται ευκολίες καθώς πρόκειται για μία διαδικασία η οποία είναι αυτοματοποιημένη αφού το θρεπτικό διάλυμα είναι εφικτό να συγκεντρώνεται σε ένα μεγάλο χώρο και να εξυπηρετεί πολλά φυτά. Ένα ιδιαίτερα γνωστό σύστημα καλλιέργειας με συνεχή ροή διαλύματος είναι το σύστημα NFT (Nutrient Film Technique = Τεχνική λεπτής θρεπτικής στοιβάδας). Πρόκειται για ένα σύστημα κατά το οποίο η ανάπτυξη των φυτών γίνεται σε ειδικά κανάλια και χρησιμοποιούνται ειδικά μέσα (αντλία) προκειμένου να τροφοδοτηθεί η καλλιέργεια με θρεπτικό διάλυμα αλλά και να ανακυκλωθεί το θρεπτικό διάλυμα (σωλήνας αποστράγγισης). Η καλλιέργεια με συνεχή ροή διαλύματος μπορεί να σχετίζεται με κάποια μειονεκτήματα όπως είναι το

γεγονός ότι περιορίζει τις πιθανότητες εύκολης επέμβασης στο σύστημα, αλλά θεωρείται αποτελεσματική γιατί αξιοποιούνται συστήματα και μέθοδοι που ευνοούν την παραγωγή.

Εκτός από τις παραπάνω δύο κατηγοριοποιήσεις που δέχονται τα υδροπονικά συστήματα υπάρχει και μία τρίτη η οποία έχει να κάνει με τα υλικά δόμησης και τα χαρακτηριστικά που αυτά φέρουν. Άμεση αναφορά γίνεται στο υπόστρωμα βασικός ρόλος του οποίου είναι να υποστηρίξει το ριζικό σύστημα, να βοηθά το φυτό να στέκεται σε όρθια θέση, να διατηρεί τα επίπεδα υγρασίας αλλά και οξυγόνου τα οποία έχουν ανάγκη οι ρίζες των φυτών. Πριν γίνει ευρύτερη αναφορά στα υποστρώματα που χρησιμοποιούνται στις υδροπονικές καλλιέργειες κρίνεται σκόπιμο να σημειωθεί ότι ως υπόστρωμα λαμβάνεται υπόψη το υλικό εκείνο το οποίο αξιοποιείται ως μέσο και εργαλείο ταυτόχρονα για την ανάπτυξη των φυτών αλλά δεν συνιστά φυσικό έδαφος. Με βάση το κριτήριο αυτό που περιγράφεται, υπάρχει η δυνατότητα καλλιέργειας σε αδρανή υποστρώματα και σε ενεργά υποστρώματα, ως αναλύονται ακολούθως (Μανιός, 1993; Μαλούπα, 1995):

- **Αδρανή υποστρώματα:** στην περίπτωση αυτή η καλλιέργεια των φυτών γίνεται σε υλικά όπως είναι ο περλίτης, ο πετροβάμβακας και η ελαφρόπετρα. Στην περίπτωση του περλίτη η καλλιέργεια γίνεται σε ένα είδος πετρώματος το οποίο χαρακτηρίζεται για την μοριακή του δομή η οποία είναι κλειστή. Ο περλίτης είναι ένα υλικό το οποίο έχει φυσικές και χημικές ιδιότητες. Η αγωγιμότητα του είναι χαμηλή και το pH του είναι ουδέτερο. Πρόκειται, τέλος, για ένα υλικό το οποίο ευνοεί σημαντικά την ανάπτυξη των φυτών διότι απομακρύνει το νερό και βοηθά στη στράγγιση του θρεπτικού διαλύματος. Ο πετροβάμβακας είναι ένα υλικό το οποίο παράγεται με τεχνητό τρόπο. Ως υλικό είναι άκαυστο και έχει ποικίλες μονωτικές ιδιότητες και παρουσιάζει αντοχή σε θερμοκρασίες οι οποίες είναι υψηλές. Ο πετροβάμβακας επιτρέπει την υγρασία να εισχωρήσει μέσα του και έχει την ιδιότητα ότι δεν επιτρέπει την ανάπτυξη μικροβίων. Στην αγορά μπορεί να εντοπιστεί σε διάφορες μορφές σύμφωνα με τη χρήση που προσδοκάται να γίνει. Τέλος, η ελαφρόπετρα παρουσιάζει υψηλή περιεκτικότητα σε αέρια και ουσίες οι οποίες είναι πτητικές. Πρόκειται για ένα υλικό που μπορεί εύλογα να συγκριθεί με τον πετροβάμβακα όσον αφορά τις ιδιότητες που έχει σε σχέση με την υγρασία. Η ελαφρόπετρα είναι ένα υλικό το

οποίο προέρχεται κυρίως από μέταλλα και ανθρακικό άλας και οι ρυθμιστικές ικανότητες που έχει είναι πολύ περιορισμένες.

- **Ενεργά υποστρώματα:** η καλλιέργεια αυτή γίνεται κυρίως σε υποστρώματα που δημιουργούνται από υλικά όπως είναι ο ζεόλιθος, οι ίνες καρύδας και ο βερμικουλίτης. Ο ζεόλιθος είναι ουσιαστικά μία μορφή ορυκτού το οποίο συμβάλλει σε πολύ μεγάλο βαθμό στην προσέλκυση των θρεπτικών στοιχείων των διαλυμάτων που χρησιμοποιούνται και βοηθάει τα φυτά να απορροφούν αυτά τα στοιχεία με όμοιο τρόπο. Η χρήση του ζεόλιθου ενδείκνυται για την υδροπονική καλλιέργεια καθώς τα αποτελέσματα που έχουν προκύψει μέχρι στιγμής είναι θετικά γεγονός που αποδεικνύεται από τις αποδόσεις των φυτών. Οι ίνες καρύδας βρίσκουν εφαρμογή σε περιπτώσεις γλαστρικών φυτών και δενδρυλλίων και μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο μεμονωμένα όσο και συνδυαστικά με άλλα υλικά. Ως υλικό είναι πλούσιο σε φώσφορο και κάλιο και αυτό σημαίνει ότι ο καλλιεργητής θα πρέπει να δίνει ιδιαίτερη βαρύτητα στα προγράμματα θρέψης που εφαρμόζει. Τέλος, ο βερμικουλίτης συνιστά ένα μείγμα τριών άλλων υλικών (σίδηρος, μαγνήσιο και αλουμίνιο). Το υλικό αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί μεμονωμένα ή συνδυαστικά με άλλα υλικά. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί μεμονωμένα θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι υπάρχει δυνατότητα καταστροφής του με αποτέλεσμα να χαθεί η αποστραγγιστική του ικανότητα. Αυτός είναι και ο βασικός λόγος για τον οποίο επιλέγεται, συνηθέστερα, να χρησιμοποιείται συνδυαστικά με άλλα υλικά όπως για παράδειγμα είναι ο περλίτης .

2.2 Κριτήρια επιλογής υποστρώματος

Ένας καλλιεργητής ο οποίος ασχολείται με υδροπονικά συστήματα θα πρέπει να δίνει ιδιαίτερη έμφαση στα υποστρώματα καθώς κάθε υπόστρωμα μπορεί να αποτελείται από διαφορετικό υλικό το οποίο έχει διαφορετικές ιδιότητες και χρησιμότητα. Είναι γνωστό ότι τα υποστρώματα μπορεί να είναι φυσικά αλλά και τεχνητά όταν αυτά δημιουργούνται από υλικά τα οποία έχουν υποστεί κάποια επεξεργασία. Κατά την επιλογή του υποστρώματος ένα βασικό κριτήριο το οποίο θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη είναι το είδος των φυτών που καλλιεργούνται. Η κατανόηση των αναγκών των φυτών και η επιλογή του αντίστοιχου υποστρώματος έχει μεγάλη σημασία διότι

καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό η ανάπτυξη των φυτών αλλά και η συνολική εικόνα που παρουσιάζει μία υδροπονική μονάδα. Ένα άλλο βασικό κριτήριο επιλογής του υποστρώματος έχει να κάνει με την διαθεσιμότητα του υλικού. Ο καλλιεργητής θα πρέπει να αξιολογεί τις ανάγκες της καλλιέργειας και να διερευνά εάν το υλικό που προτίθεται να χρησιμοποιήσει υπάρχει στην αγορά. Μία άστοχη εκτίμηση των αναγκών μπορεί να καθυστερήσει την καλλιέργεια ή να υπονομεύσει την ανάπτυξη των φυτών εάν το υλικό από το οποίο θα δημιουργηθεί το υπόστρωμα βρίσκεται σε έλλειψη (Τσιουντσιούρα, 2020).

Εκτός από τα ανωτέρω, το υπόστρωμα που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για μία καλλιέργεια θα πρέπει να αξιολογείται όσον αφορά τις επιδράσεις που μπορεί να έχει σε τοξικό επίπεδο. Το κριτήριο αυτό σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με το πρώτο κριτήριο που αναφέρθηκε το οποίο έχει να κάνει με το είδος της καλλιέργειας. Εάν για παράδειγμα επιλέγει ένα υπόστρωμα το οποίο δεν συνάδει με τα καλλιεργούμενα φυτά, ενδέχεται να παρουσιαστούν τοξικές επιδράσεις και να επηρεαστεί ανεπανόρθωτα η καλλιέργεια. Ένα σημαντικό κριτήριο χρήσης υποστρωμάτων είναι το κόστος. Κατά την δημιουργία μιας υδροπονικής μονάδας αλλά και γενικότερα σε οποιαδήποτε άλλη μορφή επενδύσεων, δίνεται βαρύτητα στην πραγματοποίηση ενεργειών που σχετίζονται με την εξοικονόμηση κόστους. Η επιλογή του κατάλληλου υλικού είναι σε κάθε περίπτωση αντιπροσωπευτική της καλλιέργειας και όταν το κόστος αυτού είναι χαμηλό, τότε επιτυγχάνεται η εξασφάλιση πόρων. Στα ίδια πλαίσια που μελετούνται, ένας καλλιεργητής θα πρέπει να προτιμά υλικά τα οποία μπορεί να χρησιμοποιήσει εύκολα και δεν εμποδίζουν τις καλλιεργητικές δραστηριότητες (Τσιουντσιούρα, 2020).

Συν τοις άλλοις, εκτός από την ευκολία χρήσης, η επιλογή του υλικού καθορίζεται σημαντικά από το εάν αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο μέλλον σε μία άλλη καλλιέργεια. Ακόμη, για την επιλογή του υλικού δίνεται έμφαση στην ανθρώπινη υγεία. Πιο συγκεκριμένα, η οργάνωση της παραγωγής αξιολογείται και πραγματοποιείται σύμφωνα με το αν το υλικό του υποστρώματος είναι επιβλαβές ή όχι για τον άνθρωπο. Τέλος, δίνεται έμφαση στις ιδιότητες του υλικού οι οποίες σχετίζονται άμεσα με το ισοζύγιο θρέψης του φυτού. Για παράδειγμα, σε μία καλλιέργεια η οποία σχετίζεται με υψηλές απαιτήσεις σε νερό δεν είναι ενδεικτικό να χρησιμοποιηθούν υποστρώματα τα οποία υστερούν στο ζήτημα της αποστράγγισης. Εκτός από τα ανωτέρω, η επιλογή ενός υποστρώματος θα πρέπει να γίνεται

λαμβάνοντας υπόψη επιμέρους παράγοντες. Πιο συγκεκριμένα, ένα υπόστρωμα θα πρέπει να επιτρέπει στο θρεπτικό διάλυμα να κυκλοφορήσει όμοια στα κανάλια διανομής, θα πρέπει να προστατεύει το ριζικό σύστημα των φυτών, να ευνοεί την ανάπτυξη των φυτών και να διασφαλίζει ότι αυτά είναι απαλλαγμένα από ασθένειες και μικροοργανισμούς και τέλος θα πρέπει να εξασφαλίζεται η σταθερότητα της τιμής του pH(Τσιουντσιούρα, 2020).

2.3 Εξοπλισμός υδροπονικών μονάδων

Μια υδροπονική μονάδα απαιτεί τη χρήση διαφόρων μέσων, εργαλείων και συστημάτων για να λειτουργεί σωστά κι αποτελεσματικά. Άμεση αναφορά γίνεται στα ακόλουθα (Κώτσιρας, 2009):

1. Σύστημα μέσω του οποίου παράγεται το θρεπτικό διάλυμα
2. Σύστημα μέσω του οποίου παρέχεται το θρεπτικό διάλυμα στα καλλιεργούμενα φυτά
3. Υποδοχείς υποστρωμάτων
4. Υπόστρωμα καλλιέργειας
5. Δεξαμενές στις οποίες αποθηκεύεται το θρεπτικό διάλυμα

Η παραγωγή του θρεπτικού διαλύματος συνιστά την βασικότερη λειτουργία μιας υδροπονικής μονάδας και απαιτεί ειδικό εξοπλισμό που περιγράφεται στη συνέχεια. Αρχικά, είναι σημαντικό να υπάρχει μία εγκατάσταση μέσω της οποίας θα παρέχεται το νερό στα καλλιεργούμενα φυτά. Κατά δεύτερον, είναι σημαντικό να υπάρχουν ειδικά φίλτρα τοποθετημένα ο ρόλος των οποίων είναι να καθαρίζουν το νερό. Εν συνεχεία, είναι αναγκαίο το σύστημα που περιγράφεται να περιλαμβάνει δοχεία πυκνών διαλυμάτων αλλά και μία μονάδα ο ρόλος της οποίας είναι να αραιώνει αυτά τα διαλείμματα. Τέλος, απαιτείται η ύπαρξη ενός συστήματος μέσω του οποίου θα ελέγχεται η διαδικασία παρασκευής του θρεπτικού διαλύματος. Για την παροχή του νερού είναι σημαντικό να χρησιμοποιείται ένα ειδικό δίκτυο το οποίο είναι κατασκευασμένο από υλικά τα οποία απαγορεύουν την απελευθέρωση επιβλαβών ιόντων στο νερό. Η κατασκευή του δικτύου θα πρέπει να γίνεται σωστά και να προτιμούνται υλικά (πχ πλαστικοί σωλήνες) τα οποία συμβάλλουν στην προστασία της

καλλιέργειας. Για τον καθαρισμό του νερού χρησιμοποιούνται φίλτρα σίτας, φίλτρα άμμου-χαλικίου και υδροκυκλώνες. Τα φίλτρα βοηθούν στην απομάκρυνση στερεών σωματιδίων από το νερό τα οποία μπορούν να προκαλέσουν εμφράξεις στο δίκτυο άρδευσης και να εμποδίσουν την όμοια κατανομή των θρεπτικών διαλυμάτων στα φυτά. Για την επιλογή ενός φίλτρου καθαρισμού νερού λαμβάνονται υπόψη διάφορα κριτήρια όπως είναι το κόστος, η παροχή του νερού, η προσδοκώμενη καθαριότητα του νερού κ.ά. Για να παραχθεί το θρεπτικό διάλυμα είναι σημαντικό να χρησιμοποιηθούν κάποια δοχεία στα οποία τοποθετούνται λιπάσματα σε διάφορες συγκεντρώσεις. Στην περίπτωση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα σύστημα τριών δοχείων. Τα δύο από αυτά χρησιμοποιούνται για να διαχωριστούν τα λιπάσματα από το χηλικό σίδηρο και το νιτρικό ασβέστιο (Savvas, 2003).

Ο διαχωρισμός αυτός είναι αναγκαίος προκειμένου να αποφευχθεί η αντίδραση από τα διαφορετικά μεταξύ τους λιπάσματα. Το τρίτο δοχείο χρησιμοποιείται ρυθμιστικά καθώς το διάλειμμα που περιλαμβάνει αξιοποιείται για να ρυθμιστεί το pH του θρεπτικού διαλύματος. Βέβαια, υπάρχει το ενδεχόμενο να χρησιμοποιηθούν περισσότερα δοχεία όταν τα καλλιεργούμενα φυτά είναι πολλά και όχι μόνο αυτό αλλά είναι διαφορετικά μεταξύ τους και υπάρχουν διαφορετικές απαιτήσεις στη θρέψη και σε θρεπτικά διαλύματα. Στην περίπτωση αυτή δύναται να χρησιμοποιηθούν τόσα δοχεία όσα είναι απαραίτητα για την αποτελεσματική διαχείριση των θρεπτικών στοιχείων. Όταν χρησιμοποιούνται διαφορετικά δοχεία και άρα διαφορετικές συνταγές θρέψης το κόστος της καλλιέργειας ανεβαίνει. Δεν είναι τυχαίο ότι η αξιοποίηση συστήματος δοχείων μεμονωμένων θρεπτικών στοιχείων αξιοποιείται σε μεγάλες καλλιέργειες όπου υπάρχουν φυτά, το στάδιο ανάπτυξης των οποίων είναι διαφορετικό (Savvas, 2003).

Όσον αφορά την αραίωση των πυκνών διαλυμάτων αυτή μπορεί να γίνει με δύο διαφορετικούς τρόπους. Ο πρώτος από αυτούς περιλαμβάνει την χρήση αναμεικτικής δεξαμενής και η δεύτερη αφορά την αξιοποίηση του συστήματος της απευθείας παροχής. Στην πρώτη περίπτωση το θρεπτικό διάλυμα μαζί με το νερό τοποθετούνται σε μία δεξαμενή όπου αναμειγνύονται και στη συνέχεια γίνεται η άρδευση. Στη δεύτερη περίπτωση το θρεπτικό διάλυμα και το νερό παρέχονται κατευθείαν στο δίκτυο διανομής ώστε να τροφοδοτηθούν τα φυτά. Τέλος, είναι σημαντικό να υπάρχει ένα σύστημα αυτόματου ελέγχου το οποίο θα πρέπει να φέρει ορισμένες προδιαγραφές. Πιο αναλυτικά, σύμφωνα με τον Κώτσιρα (2006), το σύστημα θα πρέπει:

- Να δέχεται μεγάλο αριθμό προγραμμάτων άρδευσης ημερησίως
- Να επεκτείνεται εύκολα μέχρι τα 6 δοχεία πυκνών διαλυμάτων
- Να δέχεται τουλάχιστον 10 προγράμματα υδροπονίας τα οποία μπορεί να αλλάζει εύκολα ο χρήστης
- Να διαχειρίζεται την άρδευση και με τους τρεις παραπάνω τρόπους και να διαθέτει όρια ασφαλείας ελάχιστης και μέγιστης συχνότητας άρδευσης
- Να διαθέτει πλεόνασμα παροχής για πιθανές μελλοντικές προεκτάσεις της καλλιέργειας καθώς και επεκτασιμότητα σε γραμμές άρδευσης
- Να δέχεται το διάλυμα ανακύκλωσης
- Να ευνοεί την άρδευση αφού επιτύχει την τελική σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος με απόκλιση μικρότερη του 10% και να διατηρεί καλή σταθερότητα κατά τη διάρκεια της άρδευσης
- Να διαθέτει διπλούς αισθητήρες EC και pH τα οποία να έχουν ακρίβεια της τάξης του 3%
- Να καταγραφεί συμβάντα, κατά την επιλογή του χρήστη, στη μνήμη του ηλεκτρονικού υπολογιστή και να τα επιδεικνύει με εύκολο τρόπο
- Να παρέχεται η ευχέρεια απλών ποτισμάτων από διακόπτες
- Να παρέχονται εχέγγυα άμεσης επισκευής του συστήματος σε περίπτωση βλάβης
- Να δέχεται αισθητήρες κλίματος και να μπορεί να συνδέει αυτόματα τις επιθυμητές παραμέτρους (EC, pH) των προγραμμάτων υδροπονίας με το κλίμα
- Να διαθέτει ενδείξεις και στην κεφαλή και στον ηλεκτρονικό υπολογιστή του γραφείου
- Να διαθέτει δυνατότητα απόπλυσης των σωληνώσεων με καθαρό νερό
- Να υπάρχει η δυνατότητα εξ αποστάσεως διαχείρισης του συστήματος

2.4 Θρεπτικό διάλυμα υδροπονικών καλλιεργειών

Η θρέψη των φυτών στην περίπτωση των υδροπονικών συστημάτων καλλιέργειας γίνεται μέσω της παροχής θρεπτικού διαλύματος το οποίο παράγεται με τη χορήγηση λιπάσματος. Το θρεπτικό διάλυμα για να παρασχεθεί πρέπει πρώτα να δημιουργηθεί

αφού ληφθούν υπόψη οι ανάγκες της καλλιέργειας και άλλοι παράμετροι όπως είναι η εποχικότητα, το κλίμα που επικρατεί αλλά και η ποιότητα των υδάτινων πόρων. Η θρέψη των φυτών είναι μία από τις βασικότερες φροντίδες του καλλιεργητή προκειμένου τα φυτά να αναπτυχθούν αποτελεσματικά και να αποδώσουν σε ποιότητα και ποσότητα. Αυτό που χαρακτηρίζει τη διαδικασία της θρέψης των φυτών έχει να κάνει με τη λεπτότητα του ζητήματος όσον αφορά τα θρεπτικά στοιχεία που πρέπει να χρησιμοποιηθούν. Με άλλα λόγια, πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην ποσότητα που χορηγείται για να δημιουργηθεί το κατάλληλο θρεπτικό διάλυμα. Αποτελεί παραδοχή ότι τα φυτά έχουν ανάγκη από μακροστοιχεία αλλά και ιχνοστοιχεία προκειμένου να αναπτυχθούν. Στην πρώτη περίπτωση υπάρχουν μεγάλες απαιτήσεις ενώ στη δεύτερη περίπτωση, αυτή των ιχνοστοιχείων, οι απαιτήσεις σε ποσότητες είναι μικρότερες (Adams, 2002).

Πίνακας 1 Στοιχεία σύνθεσης θρεπτικού διαλύματος

Θρεπτικά στοιχεία	Χημική μορφή
Μακροστοιχεία	
Άζωτο (N)	NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺
Φώσφορος (P)	H ₂ PO ₄ ⁻
Κάλιο (K)	K ⁺
Ασβέστιο (Ca)	Ca ²⁺
Μαγνήσιο (Mg)	Mg ²⁺
Θείο (S)	SO ₄ ²⁻
Μικροστοιχεία	
Βόριο (B)	H ₃ BO ₃
Σίδηρος (Fe)	Fe ²⁺
Μαγγάνιο (Mn)	Mn ²⁺
Ψευδάργυρος (Zn)	Zn ²⁺
Μολυβδαίνιο (Mo)	MoO ₄ ²⁻
Χαλκός (Cu)	Cu ²⁺
Χλώριο (Cl)	Cl ⁻

Πηγή: Adams (2002)

Στη συνέχεια παρουσιάζεται λίστα με τα βασικότερα είδη λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται στις υδροπονικές καλλιέργειες.

Πίνακας 2 Είδη λιπασμάτων που αξιοποιούνται για την δημιουργία θρεπτικών διαλυμάτων

Λίπασμα	Χημικός τύπος	Θρεπτικά στοιχεία %	Μοριακό βάρος	Χημικό ισοδύναμο	Διαλυτότητα (kg/l)
Νιτρική αμμωνία	NH ₄ NO ₃	N:34,5	80.0	80.0	1.18
Νιτρικό ασβέστιο	5[Ca(NO ₃) ₂ ·2H ₂ O]]NH ₄ NO ₃	N:15.5 Ca:19	1080.5	108.05	1.02
Νιτρικό κάλιο	KNO ₃	N:13, K:38	101.1	101.1	0.13
Νιτρικό μαγνήσιο	Mg(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	Mg:9, N:11	256.3	128.1	-
Νιτρικό οξύ	HNO ₃	N:22	63.0	63.0	-
Φωσφορικό μονοκάλιο	KH ₂ PO ₄	P:23, K:28	136.1	136.1	1.67
Φωσφορικό οξύ	H ₃ PO ₄	P:32	98.0	98.0	-
Θεικό κάλιο	K ₂ SO ₄	K:45, S:18	174.3	87.1	0.12
Θεικό μαγνήσιο	MgSO ₄ ·7H ₂ O	Mg:9.7 S:13	246.3	123.1	0.26
Χηλικός σίδηρος	Fe-EDDHA	Fe:5	1118	-	-
Χηλικός σίδηρος	Fe-EDTA	Fe:13	430	-	-
Χηλικός σίδηρος	Fe-DTPA	Fe:6	932	-	-
Θεικό μαγγάνιο	MnSO ₄ ·H ₂ O	Mn:32	169.0	-	1.05
Θεικός ψευδάργυρος	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	Zn:23	287.5	-	0.62
Θεικός χαλκός	CuSO ₄ ·5H ₂ O	Cu:25	249.5	-	0.32
Βορικό οξύ	H ₃ BO ₃	B:17.5	61.8	-	0.050
Βόρακας	Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O	B:11.0	381.2	-	0.016
Οκταβορικό νάτριο	Na ₂ B ₈ O ₁₃ ·4H ₂ O	B:20.5	412.4	-	0.045
Επταμολυβδαινικό αμμώνιο	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄	Mo:58	1163.3	-	0.43
Μολυβδαινικό νάτριο	Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	Mo:40	241.9	-	0.56

Πηγή: Sonneveld (2002)

Τα λιπάσματα που παρουσιάστηκαν στον προηγούμενο πίνακα συμβάλλουν σε ιδιαίτερα μεγάλο βαθμό στη δημιουργία του θρεπτικού διαλύματος. Η επιλογή των

λιπασμάτων αλλά και των ποσοτήτων που θα χρησιμοποιηθούν συνιστά ένα ζήτημα υψίστης σημασίας καθώς στο ενδεχόμενο άστοχου συνδυασμού ή εκτιμήσεων ενδέχεται να υπάρξουν προβλήματα. Για παράδειγμα, στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι θα πρέπει να μην χρησιμοποιούνται λιπάσματα στα οποία μόνο το ένα ιόν συνιστά θρεπτικό στοιχείο. Κάθε λίπασμα το οποίο λαμβάνεται υπόψη ως πηγή μακροστοιχείου απαρτίζεται από δύο ιόντα θρεπτικών στοιχείων, δηλαδή ένα ανιόν και ένα κατιόν. Εάν στα λιπάσματα που επιλέγονται δεν αποτελούν και τα δύο ιόντα θρεπτικά στοιχεία, τότε καθίσταται ανέφικτη η αποτελεσματική θρέψη των φυτών. Στην περίπτωση που τα λιπάσματα δεν είναι σύνθετα και χρησιμοποιούνται ως πηγή ιχνοστοιχείων το ανωτέρω δεν αποτελεί πρόβλημα (Κώτσιρας, 2009).

Εκτός όμως από την επιλογή λιπασμάτων με ορθό τρόπο θα πρέπει να δίνεται έμφαση και στην ποιότητα του νερού. Το νερό θα πρέπει να επιλέγεται με κριτήρια ποιότητας όταν ακόμη αποφασίζεται να δημιουργηθεί μία εγκατάσταση θερμοκηπίου. Εάν ο χώρος δεν ενδείκνυται λόγω κακής ποιότητας νερού τότε θα πρέπει να ληφθεί υπόψη το ενδεχόμενο εγκατάστασης σε μία άλλη περιοχή. Όταν το νερό που πρόκειται να αναμιχθεί με το λίπασμα είναι κακής ποιότητας είναι αναμενόμενο να επηρεαστεί η ποιότητα του θρεπτικού διαλύματος. Λαμβάνοντας υπόψη ότι το νερό που δεν είναι καλό ποιοτικά δεν μπορεί να έχει τις αποδόσεις του νερού το οποίο είναι υψηλής ποιότητας, ο καλλιεργητής θα πρέπει να πραγματοποιεί έλεγχο προβαίνοντας σε σχετικές αναλύσεις ώστε να αποκτήσει εικόνα για το αν περιλαμβάνονται στο νερό τα ανόργανα στοιχεία που είναι απαραίτητα, τα ιόντα, η αλκαλικότητα και το pH (Κώτσιρας, 2009).

Ένας καλλιεργητής που δεν έχει εικόνα για τα ανωτέρω στοιχεία δεν μπορεί να είναι σίγουρος για την ποιότητα του θρεπτικού διαλύματος που θα δημιουργηθεί. Στον παρακάτω πίνακα γίνεται προσπάθεια να παρουσιαστούν ορισμένα στοιχεία που σχετίζονται με την ποιότητα του νερού και τα οποία θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όταν αποφασίζεται να δημιουργηθεί μια υδροπονική μονάδα σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Πιο συγκεκριμένα, δίνονται στοιχεία για την ηλεκτρική αγωγιμότητα και την ολική συγκέντρωση αλάτων με βάση τα οποία αξιολογείται το νερό σε καλό και κακό αλλά και σε γλυκό ή αλμυρό. Όπως φαίνεται, όταν η τιμή της αγωγιμότητας είναι <250 το νερό είναι άριστο για χρήση ενώ όταν η τιμή αυτή είναι >3000 το νερό θεωρείται ακατάλληλο. Τιμές μεταξύ 1100-1600 χαρακτηρίζουν την ως μέτρια την ποιότητα του νερού. Αντίστοιχα, τιμή κάτω <700 σημαίνει ότι το νερό είναι γλυκό ενώ μια τιμή

>2000 αποτελεί ένδειξη ότι το νερό είναι αλμυρό. Τέλος, οι τιμές αυτές δεν είναι απόλυτες καθώς πολλές φορές διαφέρουν από τα όρια που έχουν τεθεί (είναι υψηλότερες) χωρίς να προκαλούνται σημαντικά καλλιεργητικά προβλήματα (Κώτσιρας, 2009).

Πίνακας 3 Κριτήρια αξιολόγησης ποιότητας νερού ως προς την ηλεκτρική αγωγιμότητα και την ολική συγκέντρωση αλάτων

Ποιότητα νερού	
Ηλεκτρική αγωγιμότητα	
Άριστο	<250
Πολύ καλό	250-700
Καλό	700-1100
Μέτριο	1100-1600
Κακό	1600-2200
Πολύ κακό	2200-3000
Ακατάλληλο	>3000
Ολική συγκέντρωση αλάτων (TDS)	
Γλυκό νερό	0-700
Υφάλμυρο νερό	700-2000
Αλμυρό νερό	>2000

Πηγή: Κώτσιρας (2009)

3. Το μαρούλι και η καλλιέργειά του

3.1 Γενικά για το μαρούλι

Ένα πολύ συνηθισμένο είδος λαχανικού που καλλιεργείται σε μεγάλο βαθμό στις μέρες μας αφορά στο μαρούλι το οποίο εντοπίζεται σε πολλές περιοχές του κόσμου. Το μαρούλι ανήκει στο γένος *Lactuca* στο οποίο υπάγονται περισσότερα από 100 είδη φυτών. Πρακτικά, αυτό σημαίνει ότι το μαρούλι συγκαταλέγεται μεταξύ άλλων φυτών σε μία μεγάλη οικογένεια φυτών. Αυτό που χαρακτηρίζει το μαρούλι είναι το σχήμα των βλαστών και των φύλων όπως και τα ανθίδια τα οποία μοιάζουν σαν «λουρί». Βασικό γνώρισμα των βλαστών και των φύλλων είναι ο χυμός ο οποίος είναι γαλακτώδης. Το μαρούλι συγγενεύει σε μεγάλο βαθμό με άλλα είδη όπως είναι το ραδίκι αλλά και το αντίδι. Περιοχή προέλευσης αυτού του φυτού θεωρείται η Ανατολική Μεσόγειος, η Μικρά Ασία, ο Καύκασος και η Περσία. Σε ελληνικό έδαφος εντοπίζονται εννέα διαφορετικά είδη μαρουλιών τα οποία υπάγονται στο γένος *Lactuca*. Σε γενικές γραμμές, πρόκειται για ένα είδος φυλλώδους λαχανικού το οποίο εντοπίζεται σε διαφορετικές μορφές ανά γεωγραφικές περιοχές του κόσμου. Στην Ελλάδα είναι αρκετά διαδεδομένο και η καλλιέργεια του γίνεται τόσο σε θερμοκήπια όσο και στην ύπαιθρο (Σταθακόπουλος, 2013).

Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να καλλιεργηθεί τους φθινοπωρινούς και χειμερινούς μήνες σε ειδικές εγκαταστάσεις (θερμοκήπια) ενώ τους καλοκαιρινούς μήνες προτιμούνται σε μεγάλο βαθμό οι υπαίθριες καλλιέργειες. Στην Ελλάδα η υπαίθρια καλλιέργεια μαρουλιού ανέρχεται κατά μέσο όρο στα 2300 κιλά ανά στρέμμα ενώ η απόδοση αυτή στην περίπτωση των καλλιεργειών θερμοκηπίου είναι μεγαλύτερη και ανέρχεται στα 3500 κιλά περίπου. Το μαρούλι είναι ένα λαχανικό το οποίο καλλιεργείται υπαίθρια ενώ σε μικρότερο ποσοστό καλλιεργείται σε συνθήκες κάλυψης. Στα ίδια πλαίσια μπορεί να ειπωθεί ότι υπάρχει σημαντικό ενδιαφέρον για την καλλιέργεια αυτού μέσω υδροπονικών συστημάτων. Ως λαχανικό δεν είναι πλούσιο σε μεγάλο βαθμό σε βιταμίνες και ανόργανα άλατα. Παρόλα αυτά είναι εκτιμητέο από τον σημερινό καταναλωτή και προτιμάται σε μεγάλο βαθμό για την διατροφική αξία που έχει. Στα πλαίσια της γενικής παρουσίας του μαρουλιού που γίνεται μέσα από την παρούσα υποενότητα, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής κατέχουν την πρώτη θέση όσον αφορά την κατανάλωση αυτού του λαχανικού με την

Ευρώπη να έρχεται σε δεύτερη θέση και να ξεχωρίζουν χώρες όπως είναι η Ιταλία, η Γαλλία, η Ολλανδία, το Βέλγιο κ.ά. (Σταθακόπουλος, 2013).

3.2 Μορφολογικά χαρακτηριστικά

Το μαρούλι έχει την ιδιότητα να αναπτύσσει πολύ γρήγορα το ριζικό του σύστημα και αυτό είναι ίσως το βασικότερο γνώρισμα που το χαρακτηρίζει. Στο ξεκίνημα της ανάπτυξης του ριζικού συστήματος οι πρώτες ρίζες που δημιουργούνται ακολουθούν οριζόντια κατεύθυνση και εντοπίζονται να βρίσκονται κοντά στο έδαφος. Πιο συγκεκριμένα, εκτείνονται σε μήκος 15-45 εκατοστών πριν οδηγηθούν σε μεγαλύτερο βάθος. Οι ρίζες αυτές όπως και άλλες ενδέχεται να εκτείνονται σε βάθος το οποίο είναι μεγάλο όταν το φυτό κοντεύει να ωριμάσει. Κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου όπου το φυτό βρίσκεται σε στάδιο ανάπτυξης το μεγαλύτερο μέρος των ριζών εντοπίζονται στο πάνω μέρος του εδάφους και πιο συγκεκριμένα σε βάθος 30 εκατοστών. Κάποιος που εξετάζει το μαρούλι θα πρέπει να γνωρίζει ότι πρόκειται για ένα είδος το οποίο μπορεί να χαρακτηριστεί ως πολυμορφικό. Η πολυμορφία του αυτή οφείλεται αφενός στο φυλλώδες μέρος του αλλά και στο γεγονός ότι η μορφή που λαμβάνει καθορίζεται από ένα μικρό αριθμό γονιδίων τα οποία μεταλλάσσονται και μεταπίπτουν από μία κατάσταση σε μία άλλη. Λόγω αυτής της ιδιότητας η κεφαλή αλλά και το φύλλωμα του μαρουλιού μεταβάλλονται μέχρι αυτό να φτάσει στο στάδιο της ωρίμανσης. Βέβαια, θα πρέπει να σημειωθεί ότι στην μορφή που λαμβάνει το μαρούλι διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο ο καλλιεργητής αλλά και οι καλλιεργητικές ενέργειες που πραγματοποιούνται σε σχέση με αυτό (Σταθακόπουλος, 2013).

Η ανάπτυξη του μαρουλιού γίνεται με την μορφή ροζέτας πάνω σε ένα βραχύ βλαστό. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο Σταθακόπουλος (2013) «στον κεφαλωτό τύπο ο σχηματισμός της κεφαλής μοιάζει με αυτή του λάχανου, το πόσο σφιχτή θα είναι σχετίζεται με το μήκος των μεσογονάτιων και τα χαρακτηριστικά των φύλλων. Τα πρώτα φύλλα είναι αρκετά στενά. Καθώς η ένταση του φωτός και το μήκος της ημέρας αυξάνουν, το πλάτος των φύλλων αυξάνει επίσης. Ο σχηματισμός της κεφαλής ξεκινάει καθώς τα πλατιά φύλλα κυρτώνονται προς τα μέσα, καλύπτοντας τη νέα βλάστηση. Οι τύποι που σχηματίζουν κεφαλή χαρακτηρίζονται από μια σφιχτή ροζέτα φύλλων, στην οποία τα φύλλα που απομακρύνονται από το κέντρο χάνουν την κύρτωση». Λόγω της παρουσίας ανθών δημιουργείται η ταξιανθία την οποία περιβάλλουν βράκτεια. Σε κάθε περίπτωση στους ανθούς παρατηρούνται από 8 έως 15 αμφίβια τα οποία είναι

γλωσσοειδή και φέρουν πέταλα κίτρινου χρώματος. Τέλος, όσον αφορά το άνθος, αυτό είναι ερμαφρόδιτο καθώς ανοίγει μία φορά το πρωί για σύντομο χρονικό διάστημα.

3.3 Βασικοί τύποι που καλλιεργούνται

Οι βασικοί τύποι μαρουλιού που καλλιεργούνται ταξινομούνται σύμφωνα με δύο βασικά χαρακτηριστικά εκ των οποίων το πρώτο είναι η μορφή και το δεύτερο έχει να κάνει με τα φύλλα και την διάταξη τους. Σε αυτά τα δύο χαρακτηριστικά μπορεί να προστεθεί ένα τρίτο το οποίο σχετίζεται με το εάν υπάρχει ή δεν υπάρχει κεφαλή. Σύμφωνα λοιπόν με αυτά τα χαρακτηριστικά υπάρχουν τέσσερις βασικοί καλλιεργούμενοι τύποι μαρουλιού οι οποίοι παρουσιάζονται στη συνέχεια(Ξενιτίδης, 2018):

- **Συμπαγής/κατσαρός κεφαλωτός.** Αυτό που χαρακτηρίζει τον τύπο αυτό μαρουλιού έχει να κάνει με το βάρος των κεφαλών το οποίο μπορεί να αγγίξει μέχρι και τα 1000g σε βάρος και τα 15 εκ. σε μήκος. Τα φύλλα που βρίσκονται έξω έχουν μεγαλύτερο πλάτος και το χρώμα τους είναι πιο κλειστό σε σχέση με τα φύλλα τα οποία βρίσκονται στο εσωτερικό και είναι περισσότερο ανοιχτού χρώματος. Το μαρούλι αυτού του τύπου παρουσιάζει ευαισθησία σε μεγάλες θερμοκρασίες και ενδέχεται η καλλιέργεια του να αντιμετωπίζει προβλήματα σε κάποιες περιοχές. Παρόλα αυτά, εμφανίζει μεγάλη αντοχή σε συνθήκες ψύχους, παρουσιάζει ανθεκτικότητα σε διάφορους χειρισμούς που απαιτούν τη μεσολάβηση ανθρώπινου χεριού και στην Ελλάδα καλλιεργείται σε μικρό βαθμό.
- **Χαλαρός/Λείος κεφαλωτός.** Ο τύπος αυτός μαρουλιού φέρει φύλλα τα οποία δε δημιουργούν ιδιαίτερα σφιχτή και μεγάλη κεφαλή. Τα φύλλα είναι γυαλιστερά και λεία και την ίδια στιγμή παρουσιάζουν μία ευλυγισία και μαλακότητα. Στον χαλαρό τύπο τα νεύρα του φυτού δε ξεχωρίζουν τόσο καλά όπως στην περίπτωση του συμπαγούς τύπου. Εν τούτοις, ο χαλαρός τύπος παρουσιάζει ανθεκτικότητα σε χαμηλές θερμοκρασίες αλλά απαιτείται ειδική προσοχή στην επεξεργασία του φυτού μετά τη συγκομιδή διότι τα φύλλα έχουν το αρνητικό ότι πληγώνονται αρκετά εύκολα. Ο τύπος αυτός επιλέγεται να καλλιεργείται κυρίως σε θερμοκηπιακές μονάδες και καλλιεργείται αρκετά σε περιοχές της Κεντρικής και Βόρειας Ευρώπης. Στην Ελλάδα, ο χαλαρός κεφαλωτός τύπος είναι γνωστός σε πολύ μικρό βαθμό.

- **Ρωμάνα.** Ο τύπος μαρουλιού Ρωμάνα αναγνωρίζεται από τα στενά φύλλα που φέρει αλλά και την γενικότερη εμφάνιση που έχει. Η ευαισθησία αυτού του μαρουλιού σε καιρικές συνθήκες οι οποίες δεν είναι καλές είναι μεγάλη. Δεν υπάρχει μεγάλη ανθεκτικότητα σε χαμηλές θερμοκρασίες και για αυτό προτιμάται να καλλιεργείται σε θερμοκήπια. Τέλος, η διάδοση του μαρουλιού αυτού είναι εκτενής σε περιοχές της Νοτίου Ευρώπης και στην Ελλάδα συνιστά τον τύπο εκείνο που χρησιμοποιείται στο μεγαλύτερο βαθμό.
- **Σαλάτα.** Στον τύπο αυτό μαρουλιού δεν υπάρχει κεφαλή. Οι ποικιλίες που υπάγονται παρουσιάζουν διαβαθμίσεις ως προς τον σχηματισμό των φύλλων (ύπαρξη φύλλων με καθόλου έως υπερβολική πτύχωση). Ακόμη, η ανθεκτικότητα που υπάρχει σε χαμηλές θερμοκρασίες είναι μικρή και αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο οι περισσότερες καλλιέργειες γίνονται σε θερμοκήπια. Πρόκειται, τέλος, για έναν τύπο ο οποίος είναι αρκετά γνωστός στην Ελλάδα αλλά και σε άλλες Ευρωπαϊκές χώρες (βόρειες και κεντρικές κυρίως).
- **Σπαραγγιού.** Αυτός ο τύπος μαρουλιού είναι άγνωστος στην Ελλάδα αλλά σε άλλες περιοχές όπως είναι η Άπω Ανατολή είναι ιδιαίτερα διαδεδομένος. Σε αυτόν τον τύπο περιλαμβάνονται φυτά τα οποία καλλιεργούνται για το στέλεχος τους αλλά και τα χαρακτηριστικά που έχουν (χονδρό και σαρκώδες).

3.4 Παρουσίαση ποικιλιών μαρουλιού

Μετά την παρουσίαση των βασικών τύπων μαρουλιού επιχειρείται στη συνέχεια να παρουσιαστούν οι κυριότερες ποικιλίες που αφορούν σε κάθε έναν από τους τύπους αυτούς (Ολύμπιος, 2001).

Συμπαγής/κατσαρός κεφαλωτός – τύπος Crisphead (Iceberg)

- Salinas. Πρόκειται για τύπο ο οποίος καλλιεργείται όλο το χρόνο κυρίως πλην του χειμώνα. Η ποικιλία αυτή είναι ανθεκτική σε ασθένειες όπως ο περονόσπορος και το μέγεθος της κεφαλής γίνεται μεγάλο ενώ τα φύλλα είναι ευαίσθητα, κατσαρά και έντονου πράσινου χρώματος.
- Greatlakes 659-700. Η ποικιλία αυτή παρουσιάζει υψηλή ανθεκτικότητα στο κάψιμο των φύλλων. Τα φύλλα είναι σκούρα πράσινα, κυματοειδή και η κεφαλή δεν είναι πολύ μεγάλου μεγέθους.

- Empire. Τα φύλλα της ποικιλίας αυτής έχουν ελαφρύ πράσινο χρώμα και δεν είναι τελείως λεία καθώς υπάρχει μια μικρή κυματοειδής εικόνα. Βασικό γνώρισμα της ποικιλίας είναι η ανθεκτικότητα σε μεγάλες θερμοκρασίες και περιόδους φωτός.
- Italica. Η ποικιλία αυτή ενδείκνυται για τους καλοκαιρινούς μήνες. Τα φύλλα του μαρουλιού είναι χρώματος σκούρου πράσινου, μέτριου μεγέθους και κυματοειδή. Η ποικιλία εμφανίζει ανθεκτικότητα στο κάψιμο των φύλλων.
- Brogan. Χαρακτηριστικό γνώρισμα της ποικιλίας αυτής είναι ότι αναπτύσσεται ταχύτατα. Ένα άλλο γνώρισμα έχει να κάνει με την ανθεκτικότητα σε ασθένειες όπως είναι το ωίδιο και ο περονόσπορος. Τα φύλλα δε γίνονται πολύ μεγάλα και το χρώμα τους είναι ελαφρύ πράσινο.



Salinas



Empire

Εικόνα 1 Ποικιλίες μαρουλιού τύπου Crisphead

Χαλαρός/λείος κεφαλωτός – τύπος Butterhead

- White Boston. Η ποικιλία αυτή αναπτύσσει φύλλα μέτριου μεγέθους τα οποία είναι κυματοειδή αλλά και λεία. Για την ωρίμανση του φυτού αυτής της ποικιλίας απαιτούνται περίπου 2,5 μήνες.
- Citation. Στην περίπτωση της ποικιλίας αυτής τα φύλλα είναι χοντρά και λεία. Το φυτό έχει μέγεθος μεταξύ του μέτριου και του μεγάλου και βασικό του γνώρισμα είναι η ανθεκτικότητα σε θερμοκρασίες οι οποίες είναι υψηλές.
- Bibb. Πρόκειται για ένα φυτό μικρού μεγέθους, η ταχύτητα ωρίμανσης του οποίου είναι μεγάλη. Αυτό που το χαρακτηρίζει είναι το γεγονός ότι δημιουργείται νωρίτερα από τον φυσιολογικό χρόνο το ανθικό στέλεχος.

- Artemis. Η ποικιλία αυτή ενδείκνυται για όψιμες καλλιέργειες προς τους ανοιξιάτικους και καλοκαιρινούς μήνες. Ακόμη, η ποικιλία χαρακτηρίζεται για την ανθεκτικότητα που παρουσιάζει στην δημιουργία ανθικού στελέχους αλλά και σε ασθένειες όπως είναι το οίδιο και ο περονόσπορος.
- Rachel. Η ποικιλία αυτή αναπτύσσεται γρήγορα και πολύ ομαλά. Όπως και σε άλλες περιπτώσεις ποικιλιών (πχ artemis) έτσι κι εδώ παρουσιάζεται ανθεκτικότητα σε ασθένειες.



White boston



Bidd

Εικόνα 2 Ποικιλίες μαρουλιού τύπου Butterhead

Ρωμάνα ή Κως – τύπος Romaine/Cos

- Paris Island Cos. Η ποικιλία αυτή είναι η πιο γνωστή που υπάρχει στην Ελλάδα. Τα φυτά μπορούν να φτάσουν σε ύψος τα 25 εκ. Η ποικιλία καλλιεργείται πρώιμα το φθινόπωρο και το χειμώνα και για την ωρίμανση απαιτούνται περίπου 2,5 μήνες. Τέλος, τα φύλλα είναι χρώματος γκριζοπράσινου και παρουσιάζουν μικρή κυματοειδή μορφή.
- Gramsi. Η ποικιλία αυτή μοιάζει πολύ με την ποικιλία Paris Island Cos. Βασική διαφορά μεταξύ τους είναι ότι η περιγράφοσα δεν επηρεάζεται εύκολα από θερμοκρασίες οι οποίες είναι υψηλές. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο η ποικιλία αυτή καλλιεργείται τους καλοκαιρινούς και ανοιξιάτικους μήνες ενώ η άλλη τους φθινοπωρινούς και χειμερινούς.
- Paris White noga. Η ποικιλία αυτή καλλιεργείται το καλοκαίρι και τους πρώτους μήνες του φθινοπώρου, γεγονός που επιτρέπει να ειπωθεί ότι παρουσιάζεται αντοχή σε μεγάλες θερμοκρασίες. Ακόμη, το μέγεθος των φυτών είναι μεγάλο και τα φύλλα έχουν κυματοειδή μορφή.

- Paris Cos. Πρόκειται για ποικιλία τα φύλλα της οποίας έχουν σκούρο πράσινο χρώμα. Τα φυτά της ποικιλίας αυτής έχουν όρθιο σχηματισμό και είναι μεγάλα. Η καλλιέργεια της ποικιλίας γίνεται τους φθινοπωρινούς και χειμερινούς μήνες και παρουσιάζεται υψηλή ανθεκτικότητα σε ασθένειες όπως το μωσαϊκό του μαρουλιού.



Paris island Cos



Marvel



Gramsi

Εικόνα 3 Ποικιλίες μαρουλιού τύπου Romaine/Cos

- Faïren. Η ποικιλία αυτή καλλιεργείται τους φθινοπωρινούς και τους χειμερινούς μήνες. Τα φυτά έχουν όρθιο σχηματισμό, η κεφαλή είναι κλειστή και παρουσιάζεται ανθεκτικότητα σε ασθένειες όπως το μωσαϊκό του μαρουλιού
- Marvel. Το κεφάλι των φυτών της ποικιλίας αυτής είναι μικρό. Γενικά, πρόκειται για ένα μικρού μεγέθους μαρούλι το οποίο έχει φύλλα με σκούρο πράσινο χρώμα. Η ποικιλία καλλιεργείται τους ανοιξιάτικους και καλοκαιρινούς μήνες και είναι ανθεκτική κατά τη δημιουργία ανθικού στελέχους.

Σαλάτα - τύπος loose leaf

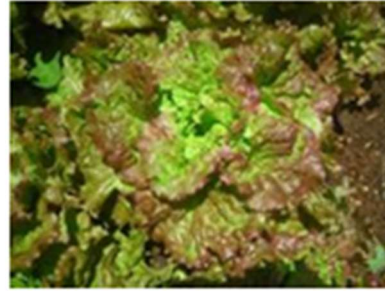
- Grandrapids. Η ποικιλία αυτή μαρουλιού εμφανίζει φύλλα ανοιχτού πράσινου χρώματος. Τα φυτά έχουν όρθιο σχηματισμό και το μέγεθος αυτών είναι μέτριο.

Η ποικιλία αυτή είναι πρόιμη και για την ωρίμανσή της απαιτείται περίπου 1,5 μήνας. Τέλος, η καλλιέργειά της είναι ενδεικτική για θερμοκηπιακές μονάδες.

- Prizehead. Στην περίπτωση αυτής της ποικιλίας, τα φυτά έχουν μέτριο μέγεθος και τα φύλλα είναι κατσαρά και κυματιστά. Τα παλαιότερα φυτά έχουν πιο σκούρο χρώμα ενώ τα νεότερα πιο ανοιχτό (κιτρινοπράσινο). Τέλος, πρόκειται για μια όψιμη ποικιλία η οποία χρειάζεται περίπου 50 μέρες για να ωριμάσει και ευνοεί τον καλλιεργητή από την άποψη ότι δεν είναι ευάλωτη σε ζημιές κατά την μεταφορά.
- Simpson's curled. Η ποικιλία αυτή είναι αρκετά γνωστή στην αγορά. Τα φύλλα έχουν ανοιχτό πράσινο χρώμα και παρουσιάζουν κατσαρό σχήμα. Το φύλλωμα είναι μεγάλο σε μέγεθος, γεγονός που εντοπίζεται περισσότερο στην περιφέρεια του φυτού. Τέλος, για την ωρίμαση του φυτού απαιτείται περίπου 1,5 μήνας.
- Salad bowl. Η ποικιλία αυτή χρειάζεται τόσες μέρες να ωριμάσει όσες και η ποικιλία Simpson's curled, δηλαδή 1,5 περίπου μήνα. Τα φύλλα του φυτού έχουν ανοιχτό πράσινο χρώμα και αναπτύσσονται πυκνά. Η επιφάνεια του φυλλώματος δεν είναι ομαλή και η ανάπτυξη του φυτού ολοκληρώνεται μέσα σε περίπου 45 μέρες όπως ισχύει στην περίπτωση των δύο προηγούμενων ποικιλιών.
- Terra. Πρόκειται ουσιαστικά για μία ποικιλία μαρουλιού με κόκκινο φύλλωμα το οποίο έχει κυματοειδές σχήμα. Η ποικιλία αυτή ξεχωρίζει για την εμφάνισή της και τη γεύση η οποία είναι πικρή σε κάποιο βαθμό. Η ποικιλία αυτή είναι ανθεκτική στη δημιουργία ανθικού στελέχους και χαρακτηρίζεται ως ποιοτική. Τέλος, η κατανάλωση της ποικιλίας αυτής ενδείκνυται μετά το πέρας του καλοκαιριού.



Grand rapids



Prizehead



Simpson's curled



Salad bowl



Terra

Εικόνα 4 Ποικιλίες μαρουλιού τύπου loose leaf

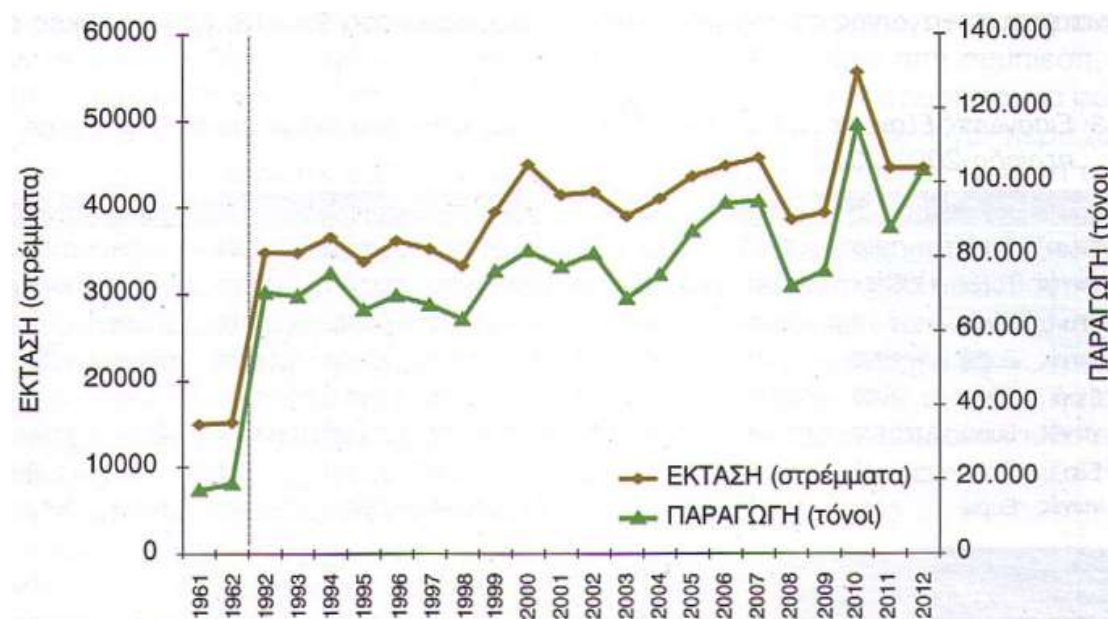
Στη συνέχεια παρατίθεται σχετική εικόνα στην οποία απεικονίζεται ποικιλία μαρουλιού τύπου σπαραγγιού, το οποίο διαφέρει σημαντικά σε σχέση με τις υπόλοιπες ποικιλίες ως προς τα χαρακτηριστικά του (σχήμα, μέγεθος κλπ).



Εικόνα 5 Μαρούλι τύπου σπαραγγιού (Κινέζικο)

3.5 Η σημασία της καλλιέργειας του μαρουλιού

Αποτελεί παραδοχή ότι η καλλιέργεια του μαρουλιού εμπίπτει με έναν κλάδο τόσο ιδιαίτερο για ταυτόχρονα σημαντικό για πολλούς και διάφορους λόγους. Ο κλάδος αυτός είναι ο αγροτικός ο οποίος αφορά στον πρωτογενή τομέα παραγωγής. Στη σημερινή εποχή όπου η κοινωνία εξελίσσεται με ταχύτατους ρυθμούς και παρουσιάζονται διαρκώς μεταβολές στις οποίες πρέπει να προσαρμόζεται κανείς, η έμφαση στην καλλιέργεια λαχανικών και άλλων ειδών τροφής είναι σημαντική για οικονομικούς, διατροφικούς, εμπορικούς και άλλους λόγους. Το μαρούλι κατέχει μία ιδιαίτερη θέση στις προτιμήσεις των καλλιεργητών διότι πρόκειται για μία καλλιέργεια η οποία είναι σχετικά εύκολη. Όπως φαίνεται στο σχεδιάγραμμα που ακολουθεί, δεν δινόταν ιδιαίτερη έμφαση στην καλλιέργεια αυτή μέχρι το 1961. Τόσο οι συνολικές εκτάσεις σε στρέμματα όσο και η συνολική παραγωγή σε τόνους κυμαίνονταν σε σημαντικά χαμηλά επίπεδα. Αυτή η κατάσταση όμως άρχισε να αλλάζει μετά το 1962 όπου η έκταση και η παραγωγή αυξήθηκαν δραματικά. Σε αυτό συνέβαλαν τόσο οι πολιτικές που εφαρμόστηκαν για την ανάπτυξη της Γεωργίας όσο για τα κίνητρα που δόθηκαν στους αγρότες για να ενισχύσουν τις αγροτικές παραγωγές.



Σχεδιάγραμμα 6 Η καλλιέργεια του μαρουλιού στην Ελλάδα, 1961-2021 (Ολύμπιος, 2015)

Μέσα από τη νέα κατάσταση που δημιουργήθηκε και όπως αυτή παρουσιάζεται μέχρι και σήμερα με την καλλιέργεια μαρουλιού λύνεται ένα σημαντικό πρόβλημα το οποίο σχετίζεται με την κάλυψη των αναγκών. Οι καταναλωτές έχουν τη δυνατότητα να προμηθεύονται προϊόντα και να καλύπτουν τις ανάγκες τους. Επιπλέον, μέσα από την

καλλιέργεια μαρουλιού δίνεται η δυνατότητα δημιουργίας εισοδήματος γεγονός το οποίο συμβάλει στην επίλυση ζητημάτων όπως είναι η ανεργία. Ακόμη, μέσα από την καλλιέργεια μαρουλιού βελτιώνεται το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν της χώρας και δημιουργούνται προϋποθέσεις οικονομικής ανάπτυξης αυτής. Αυτό στηρίζεται σε πολύ μεγάλο βαθμό στο γεγονός ότι μέχρι το 2012 η Ελλάδα βρισκόταν στην 5η θέση μεταξύ των χωρών εκείνων με τις μεγαλύτερες καλλιεργούμενες εκτάσεις, την μεγαλύτερη παραγωγή αλλά και τις αποδόσεις (τόνοι/στρέμμα) (Ζουμή, 2009).

Ένα σημαντικό ποσοστό του αγροτικού πληθυσμού αλλά και επιχειρηματιών που επενδύουν στον αγροτικό κλάδο εξασφαλίζει εισόδημα μέσα από τις καλλιέργειες μαρουλιών και πολύ πιθανόν καταφέρνει να καλύψει τις καθημερινές του ανάγκες μέσα μόνο από την καλλιέργεια αυτή. Η σημασία της καλλιέργειας έγκειται ακόμη στο γεγονός ότι λόγω της ικανότητας να καλύπτονται εγχώριες ανάγκες παρέχεται ένα είδος αυτονομίας κι αυτό σημαίνει ότι περιορίζεται η διαπραγματευτική δύναμη εισαγωγής παρόμοιων λαχανικών από τρίτες χώρες. Οι τόνοι που παράγονται σε ετήσια βάση στην Ελλάδα ενισχύουν το οικονομικό και εμπορικό της προφίλ, ευνοούν την κάλυψη των διατροφικών αναγκών που υπάρχουν και δημιουργούν βάσεις για περαιτέρω εξέλιξη σε μελλοντικό επίπεδο (Καραμάνος, 2012).

3.6 Θρεπτική αξία του μαρουλιού

Στον παρακάτω πίνακα που παρουσιάζεται γίνεται προσπάθεια να αποδοθεί η περιεκτικότητα του μαρουλιού σε θρεπτικά συστατικά για ορισμένους βασικούς τύπους. Θα μπορούσε να ισχυριστεί κανείς ότι τα θρεπτικά αυτά στοιχεία είναι αρκετά όμοια με άλλα λαχανικά όπως είναι για παράδειγμα το κουνουπίδι και το σπαράγγι παρά δε, το γεγονός ότι σε ορισμένες περιπτώσεις η περιεκτικότητα δύναται να είναι αρκετά χαμηλότερη. Σε γενικές γραμμές μπορεί να ειπωθεί ότι το μαρούλι είναι πλούσιο σε βιταμίνες, πρωτεΐνες, υδατάνθρακες και άλλα στοιχεία τα οποία είναι καθοριστικά για την εξισορρόπηση της διατροφής του καταναλωτή. Αυτός είναι ένας βασικός λόγος για τον οποίο το μαρούλι επιλέγεται ως λαχανικό από το καταναλωτικό κοινό όλη την περίοδο του χρόνου. Λόγω των θρεπτικών στοιχείων που περιλαμβάνονται σε αυτό, το μαρούλι μπορεί να χαρακτηριστεί ως σημαντικό επειδή έχει υψηλή διατροφική αξία. Σύμφωνα με τα στοιχεία του πίνακα μπορεί εύκολα να παρατηρήσει κανείς ότι ο τύπος μαρουλιού Κως ή Ρωμάνο είναι το πιο πλούσιο σε θερμίδες, πρωτεΐνες, φώσφορο, νιασίνη και βιταμίνες (Mulabagaletal., 2010). Μάλιστα

στην περίπτωση της βιταμίνης Α, η διαφορά που υπάρχει σε σχέση με τους άλλους τύπους είναι σημαντικά μεγάλη. Αυτό δικαιολογεί σε μεγάλο βαθμό ότι στην περίπτωση αυτή (Κως ή Ρωμάννα) δίνεται μεγαλύτερη έμφαση σε σχέση με άλλες με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγάλη ζήτηση (πχ περίπτωση Ελλάδας). Βέβαια, θα πρέπει να υπογραμμιστεί ότι τα θρεπτικά στοιχεία είναι διαφορετικά σε κάθε τύπο μαρουλιού καθώς σε κάποιους τύπους κάποια θρεπτικά στοιχεία εντοπίζονται σε μεγαλύτερη περιεκτικότητα και κάποια άλλα σε μικρότερη.

Πίνακας 4 Περιεκτικότητα βασικών τύπων μαρουλιού σε θρεπτικά στοιχεία

Στοιχεία	Κως ή Ρωμάννα	Λείο κεφαλωτό	Κατσαρό κεφαλωτό
Θερμίδες	16	11	11
Νερό	94	96	95
Πρωτεΐνες	1,6	1,2	0,8
Λίπη	0,2	0,2	0,1
Υδατάνθρακες	2,1	1,2	2,3
Βιταμίνη Α	2600	1200	300
Βιταμίνη Β ₁	0,10	0,07	0,07
Βιταμίνη Β ₂	0,10	0,07	0,03
Βιταμίνη C	24	9	5
Νιασίνη	0,5	0,4	0,3
Ca	36	40	13
Fe	1,1	1,1	1,5
Mg	6	16	7
p	45	31	25

Πηγή: Καραμάνος (2018)

3.7 Απαιτήσεις της καλλιέργειας μαρουλιού

Για να καλλιεργηθεί το μαρούλι χρειάζεται να υπάρχουν κάποιες προϋποθέσεις όσον αφορά το κλίμα που θα πρέπει να επικρατεί, τη λίπανση, το νερό αλλά και το έδαφος. Πιο αναλυτική περιγραφή για τις 4 παραπάνω περιπτώσεις γίνεται στη συνέχεια.

Κλίμα

Η καλλιέργεια του μαρουλιού ευνοείται από θερμοκρασίες οι οποίες δεν είναι υψηλές. Για την ομαλή ανάπτυξη του φυτού είναι σημαντικό να υπάρχει ηλιοφάνεια και η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της νύχτας να διατηρείται σταθερά 5 με 7 περίπου βαθμούς πιο χαμηλά από τη θερμοκρασία της ημέρας. Πιο συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια της ημέρας η ιδανική θερμοκρασία είναι 16-23 °C και για τη νύχτα η ιδανική θερμοκρασία είναι 7-11 °C. Όταν η θερμοκρασία είναι κάτω των 7 °C, υπάρχουν σημαντικές πιθανότητες το φυτό να επηρεαστεί με αποτέλεσμα η κεφαλή αλλά και το στέλεχος να επιμηκυνθούν. Αντίστοιχα, όταν η θερμοκρασία είναι υψηλή (για παράδειγμα, πάνω από 30 °C) το μαρούλι μπορεί να επηρεαστεί πάλι αρνητικά και 1) να προκληθούν εγκαύματα στην κορυφή του, 2) να αλλοιωθεί η γεύση του (αίσθηση πικρής γεύσης) και 3) να προκληθεί γρήγορη ωρίμανση. Και στις τρεις περιπτώσεις, υπονομεύεται η ποιότητα του και χάνεται μέρος της εμπορικής του αξίας. Το μαρούλι είναι ένα φυτό το οποίο παρουσιάζει υψηλή ανθεκτικότητα σε χαμηλές θερμοκρασίες. Σε κάθε περίπτωση, είναι σημαντικό η θερμοκρασία να παρουσιάζει ομοιομορφία όσο το φυτό φτάνει στην ωρίμανση του καθώς κατά το στάδιο αυτό είναι περισσότερο ευάλωτο στο να υποστεί ζημιές σε σχέση με τα πρόωρα στάδια της ανάπτυξής του. Τέλος, σε περιπτώσεις που το κλίμα δεν είναι ιδιαίτερα ενδεικτικό για την καλλιέργεια του μαρουλιού, το μέρος εκείνο του φυτού που επηρεάζεται σε μεγαλύτερο βαθμό έχει να κάνει με τα εξωτερικά φύλλα καθόσον η «καρδιά» προστατεύεται περισσότερο (Σταθακόπουλος, 2013).

Έδαφος

Το μαρούλι είναι ένα φυτό το οποίο μπορεί να ευδοκιμήσει σε πολλά εδάφη. Το έδαφος και ο τύπος του εδάφους καθορίζεται σύμφωνα με το είδος της καλλιέργειας αλλά περισσότερο όλων σύμφωνα με την εποχή κατά την οποία θα καλλιεργηθεί το φυτό. Για παράδειγμα, εάν επιλεγούν φθινοπωρινοί μήνες τότε ενδείκνυται να προτιμηθούν εδάφη τα οποία είναι πηλώδη, εάν επιλεγούν χειμερινοί μήνες, ενδείκνυται εδάφη τα οποία είναι αμμοπηλώδη ενώ για τους μήνες της άνοιξης είναι ενδεικτικά εδάφη τα οποία είναι οργανικά. Κατά την καλλιέργεια του μαρουλιού θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το γεγονός ότι πρόκειται για ένα φυτό το οποίο έχει υψηλές απαιτήσεις σε γονιμότητα και αυτό συμβαίνει διότι οι ρίζες που αναπτύσσει δεν είναι πολλές και πλούσιες. Έτσι παρουσιάζεται μία αδυναμία όσον αφορά την πρόσληψη των θρεπτικών στοιχείων από εδάφη τα οποία είναι μεγάλα σε όγκο.

Η ομαλή ανάπτυξη του φυτού εξασφαλίζεται σε διάφορους τύπους εδαφών αρκεί να μπορεί να γίνει λήψη των θρεπτικών στοιχείων σε μήκος που δεν ξεπερνά τα 30 εκατοστά από την επιφάνεια του εδάφους. Τέλος, μία άλλη σημαντική παράμετρος έχει να κάνει με το pH το οποίο προτιμάται να είναι ουδέτερο ή μερικώς όξινο (pH= 6,5-7,0) (Σταθακόπουλος, 2013).

Νερό

Όπως όλα τα φυτά έτσι και το μαρούλι έχει ανάγκη από νερό προκειμένου να αναπτυχθεί όπως πρέπει. Η ποσότητα και η ποιότητα του νερού δύνανται να καθορίσουν σε μεγάλο βαθμό την εξελικτική πορεία του μαρουλιού αλλά και την ποιότητα αυτού. Για να διασφαλιστεί ότι το μαρούλι θα ωριμάσει σωστά και θα έχει την προσδοκώμενη ποιότητα είναι σημαντικό να μην υπάρχουν διακυμάνσεις στα επίπεδα υγρασίας του εδάφους. Με άλλα λόγια, θα πρέπει να διασφαλίζεται ότι η υγρασία του εδάφους είναι σταθερή και αυτό είναι σημαντικό να επιτυγχάνεται τόσο στα πρώτα όσο και στα τελευταία αναπτυξιακά στάδια τα οποία είναι κρίσιμα. Σε περιπτώσεις όπου η υγρασία είναι υπερβολική, ειδικά σε περιόδους όπου η θερμοκρασία είναι υψηλή, ενδέχεται να επηρεαστούν οι κεφαλές του φυτού και να μην είναι σφιχτές (Σταθακόπουλος, 2013).

Λίπανση

Για τη λίπανση του μαρουλιού είναι σημαντικό να δίνεται έμφαση στην επιλογή των κατάλληλων προϊόντων αλλά και στην επιλογή της κατάλληλης ποσότητας. Η λίπανση είναι μία σημαντική διαδικασία η οποία απαιτεί προσοχή και μεγάλη υπευθυνότητα. Στην περίπτωση του μαρουλιού, υπάρχουν υψηλές απαιτήσεις σε άζωτο. Αυτό ισχύει διότι αρκετά συχνά το άζωτο εκπλύνεται από το έδαφος. Μάλιστα, συνιστάται περίπου το 50% αυτό του θρεπτικού στοιχείου να παρέχεται στο έδαφος πριν ακόμη εγκατασταθεί η καλλιέργεια και το υπόλοιπο να προστίθεται σταδιακά καθώς αναπτύσσεται η καλλιέργεια. Το μαρούλι είναι ένα φυτό το οποίο αναπτύσσεται σε μεγάλο ποσοστό (περίπου 80%) κατά τον τελευταίο μήνα πριν ωριμάσει και συλλεχθεί από τον καλλιεργητή. Αυτό σημαίνει ότι το διάστημα αυτό υπάρχουν υψηλές απαιτήσεις για θρεπτικά στοιχεία και η ανάπτυξη είναι κρίσιμη. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι για τον προσδιορισμό των απαιτήσεων σε θρεπτικά στοιχεία είναι σημαντικό να πραγματοποιείται ανάλυση εδάφους. Αυτή ακριβώς η ανάλυση θα καθορίσει τις ανάγκες που υπάρχουν σε άζωτο αλλά και άλλα θρεπτικά στοιχεία όπως

είναι το κάλιο και ο φώσφορος. Η κάλυψη των αναγκών αυτών γίνεται μέσα από τη διαδικασία της λίπανσης. Υποστηρίζεται ότι για την αποτελεσματική θρέψη του μαρουλιού θα πρέπει η σχέση ανάμεσα στο κάλιο και το άζωτο να είναι 3-4. Σε διαφορετικές περιπτώσεις και πιο συγκεκριμένα όταν υπάρχουν τιμές που βρίσκονται κοντά στο 1, ενδέχεται να παρατηρηθούν φαινόμενα νέκρωσης των φύλλων (Σταθακόπουλος, 2013).

Πίνακας 5 Εφαρμοζόμενες ποσότητες λιπασμάτων για καλλιέργεια αποδόσεων 5 περίπου τόνων

Λίπασμα	Κιλά
N	12
P ₂ O ₅	6
K ₂ O	25
MgO	1,5

Πηγή: Κώτσιρας (2009)

3.8 Εχθροί και ασθένειες

Το μαρούλι μπορεί να επηρεαστεί από την επίδραση διαφόρων εχθρών και ασθενειών αλλά την ίδια στιγμή ενδέχεται να υπάρξουν και φυσιολογικές ανωμαλίες. Όσον αφορά τους εχθρούς, οι πιο βασικοί από αυτούς αφορούν στους παρακάτω:

- Θρίπας (*Frankliniella occidentalis*)
- Αλευρώδης των θερμοκηπίων (*Trialeurodes vaporariorum*)
- Έντομα εδάφους όπως ο κρεμμυδοφάγος (*Gryllotalpa gryllotalpa*)
- Αγροτίδες (*Agrotis segetum*)
- Σαλιγκάρια

Για την αντιμετώπιση των παραπάνω εχθρών ο καλλιεργητής οφείλει να προβαίνει στην εφαρμογή μέτρων αντιμετώπισης όπως η χρήση κατάλληλων φυτοφαρμάκων. Μπορεί ακόμη να αξιοποιεί ωφέλιμα έντομα ή μικροοργανισμούς προκειμένου να διασφαλιστεί η παραγωγή μαρουλιού (Ολύμπιος, 2001).

Εκτός από τους εχθρούς οι οποίοι μπορούν να επηρεάσουν σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα, ειδικά δε αν δεν ληφθούν έγκαιρα μέτρα αντιμετώπισης, εξίσου καθοριστική είναι η επίδραση διαφόρων μυκητολογικών, βακτηριολογικών και ιολογικών ασθενειών. Στην κατηγορία των μυκητολογικών ασθενειών οι πιο σημαντικές που εντοπίζονται είναι οι παρακάτω:

- Τήξεις σπορειών (*Pythium* spp., *Rhizoctonia solani*)
- Περονόσπορος (*Bremia lactuca*)
- Βοτρύτης-φαιά σήψη (*Botrytis cinerea*)
- Σκληρωτινίαση (*Sclerotinia sclerotiorum*)
- Ωίδιο (*Erysiphe*)

Στην κατηγορία των βακτηριολογικών ασθενειών δύναται να εντοπιστούν διάφορες περιπτώσεις και οι πιο χαρακτηριστικές από αυτές είναι οι εξής:

- Βακτηριακή κηλίδωση του μαρουλιού (*Xanthomonas campestris* pv. *vitiens*)
- Κλειδώσεις και σήψεις του μαρουλιού (*Pseudomonas viridiflava*)

Τέλος, οι ιολογικές ασθένειες προκαλούνται λόγω της επίδρασης διαφόρων ιών, οι πιο βασικοί από τους οποίους είναι:

- Ιός του μαρουλιού (Lettuce mosaic virus-LMV)
- Ιός του μωσαϊκού της Αγγουριάς (Cucumber mosaic virus-CMV)
- Ιός της μεγαλονεύρωσης του μαρουλιού (Lettuce big-vein virus-LBVV)

Για την αντιμετώπιση των ασθενειών μπορούν να εφαρμοστούν διάφορα μέτρα στα οποία δίνεται έμφαση στη μείωση του ποσοστού υγρασίας η οποία είναι ο βασικός παράγοντας για την εμφάνισή τους. Ενδείκνυται η πραγματοποίηση ριζοποτίσματος, η κατάλληλη χρήση φαρμάκων αλλά και ο συνδυασμός αυτών, η εφαρμογή ορθών πρακτικών παραγωγής (πχ καλός αερισμός του χώρου παραγωγής, ηλιοαπολύμανση κ.ά.). Σε γενικές γραμμές, οι ασθένειες μπορούν να αντιμετωπιστούν και με πλέον τρόπους εκτός από τα φυτοφάρμακα τα οποία ενδείκνυται σε μεγαλύτερο βαθμό για την περίπτωση των μυκητολογικών ασθενειών. Είναι σημαντικό να αξιοποιούνται τεχνικές για να καταπολεμούνται οι ασθένειες και οι εχθροί και να δίνεται έμφαση σε καθοριστικούς παράγοντες όπως είναι για παράδειγμα η θερμοκρασία και η υγρασία. Χαρακτηριστική περίπτωση καλλιεργητικής πρακτικής συνιστά η έμφαση στο είδος

κλαδέματος και η απομάκρυνση των φυτών τα οποία είναι μολυσμένα. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να γίνει έμφαση και σε επιπλέον ανωμαλίες φυσιολογικού τύπου που μπορούν να επηρεάσουν την ανάπτυξη του μαρουλιού. Τέτοιου είδους ανωμαλίες μπορούν να εμφανιστούν λόγω κακών πρακτικών ποτίσματος (πχ έλλειψη νερού), λόγω υπερβολικών θερμοκρασιών (υψηλών κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και χαμηλών κατά τους χειμερινούς) κ.ά. (Ολύμπιος, 2001).

4. Πειραματικό μέρος

4.1 Μεθοδολογία έρευνας και εργαλεία

Η πειραματική διαδικασία πραγματοποιήθηκε με βασικό γνώμονα να παρατηρηθεί σε τι βαθμό επιδρούν στην ανάπτυξη και την απόδοση μαρουλιών διαφορετικά υποστρώματα. Στο πείραμα αξιοποιήθηκαν δύο ποικιλίες μαρουλιού, η ποικιλία White Boston (τύπου λείο κεφαλωτό) και η ποικιλία Empire (τύπου κατσαρό κεφαλωτό) ενώ είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η καλλιέργεια και των δύο ποικιλιών πραγματοποιήθηκε σε θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις. Οι δύο ποικιλίες για τις οποίες γίνεται λόγος μελετήθηκαν ως προς τον αριθμό των φύλλων αλλά και το βάρος των φύλλων σε γραμμάρια (g). Η υλοποίηση του προγράμματος έλαβε χώρα στο χώρο των εγκαταστάσεων του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας. Ειδικότερα, ο χώρος στον οποίο φιλοξενήθηκε το πείραμα αφορά στο αγρόκτημα της Σχολής Τεχνολογίας, Γεωπονίας και Τεχνολογίας Τροφίμων και Διατροφής το οποίο βρίσκεται σε υψόμετρο άνω των 680 μέτρων (συγκεκριμένα 687 μέτρα) και τη χρονική περίοδο μέσα Απριλίου με αρχές Ιουνίου του 2018. Ακόμη, είναι σημαντικό να γίνει αναφορά στις κλιματολογικές συνθήκες κάτω από τις οποίες εφαρμόστηκε η μεθοδολογία για την ολοκλήρωση του πειράματος. Στην περιοχή που πραγματοποιήθηκε το πείραμα το εύρος της θερμοκρασίας εντοπίζεται να είναι μεγάλο και εντοπίζονται συχνές βροχοπτώσεις και συχνοί παγετοί (τους χειμερινούς κυρίως μήνες). Την εποχή της άνοιξης και του φθινοπώρου οι βροχές είναι έντονες ενώ επικρατούν αρκετά χαμηλές θερμοκρασίες με αποτέλεσμα η συνολική περίοδος το χειμώνα να είναι διευρυμένη.

Για να γίνει κατανοητή η κατάσταση που επικρατεί τους μήνες που περιγράφονται αλλά και να στοιχειοθετηθεί το περιβάλλον μέσα στο οποίο πραγματοποιήθηκε το πείραμα αξίζει να γίνει αναφορά στο γεγονός όταν κατά την περίοδο του καλοκαιριού και πιο συγκεκριμένα κατά τους μήνες του Ιουνίου και του Αυγούστου η μέση ελάχιστη θερμοκρασία δεν ξεπερνάει τους 15 °C. Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω, μπορεί εύλογα να ειπωθεί ότι το κλίμα κατά το οποίο έλαβε χώρα το πείραμα μπορεί να χαρακτηριστεί ως ψυχρό.

Η πειραματική προσπάθεια έλαβε χώρα στο αγρόκτημα που αναφέρθηκε πιο πάνω και πιο συγκεκριμένα σε μονάδα θερμοκηπίου η οποία περιλαμβάνεται σε αυτό. Το θερμοκήπιο λειτουργεί υπό την αιγίδα του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, είναι

εξοπλισμένο με όλα τα κατάλληλα μέσα και η έκταση αυτού είναι 3.000 τ.μ. Το θερμοκήπιο για το οποίο γίνεται λόγος παρουσιάζει αμφικλινή εικόνα, είναι υαλόφρακτο και είναι επιμερισμένο σε τρία τμήματα το καθένα από τα οποία είναι συνολικής έκτασης 1.000 τ.μ. Εκείνο το τμήμα το οποίο ενδείκνυται για την πραγματοποίηση πειραμάτων που εφάπτονται σε ζητήματα σχετικά με την υδροπονική καλλιέργεια είναι το μεσαίο τμήμα. Λαμβάνοντας υπόψη ότι το πείραμα που εξετάζεται αφορά στην υδροπονική καλλιέργεια, το τμήμα εκείνο στο οποίο έλαβε χώρα είναι το μεσαίο.

Οι δύο ποικιλίες μαρουλιού, δηλαδή η ποικιλία White Boston και η ποικιλία Empire είναι δύο γνωστές ποικιλίες. Στην αρχή πραγματοποιήθηκε σχετική παραγγελία για την προμήθεια των μαρουλιών και δόθηκε έμφαση στο στάδιο ανάπτυξης αυτών. Ειδικότερα, ήταν σημαντικό τα μαρούλια να έχουν 3-4 φύλλα πριν την μεταφύτευσή τους. Η παράδοση των φυτών πραγματοποιήθηκε σε δίσκους σποράς πολλαπλών θέσεων οι οποίοι ήταν κατασκευασμένοι από φελιζόλ. Πριν την μεταφύτευση τους στο χώρο του θερμοκηπίου αποθηκεύτηκαν πρόχειρα στον χώρο μεταφύτευσης και για τη διατήρησή τους ποτίζονταν σε καθημερινή βάση (μία φορά την ημέρα). Μερικές μέρες πριν την παραλαβή των φυτών και πριν αυτά μεταφυτευτούν στο χώρο της θερμοκηπιακής μονάδας δόθηκε έμφαση στη διαμόρφωση των υποστρώματων. Πιο συγκεκριμένα, διαμορφώθηκαν επτά διαφορετικά υποστρώματα όπως αυτά παρουσιάζονται στη συνέχεια:

1. Υπόστρωμα από: περλίτη (100%)
2. Υπόστρωμα από: κοκοφοίνικα (100%)
3. Υπόστρωμα από: βερμικουλίτη (100%)
4. Υπόστρωμα από: κοκοφοίνικα (50%) και περλίτη (50%)
5. Υπόστρωμα από: κοκοφοίνικα (50%) και βερμικουλίτη (50%)
6. Υπόστρωμα από: κοκοφοίνικα (75%) και περλίτη (25%)
7. Υπόστρωμα από: κοκοφοίνικα (75%) και βερμικουλίτη (25%)

Μετά την τοποθέτηση των φυτών στα ανωτέρω υποστρώματα δόθηκε έμφαση σε καλλιεργητικές εργασίες και γενικότερα στο ζήτημα της θρέψης. Για τη θρέψη των φυτών παρασκευάστηκε θρεπτικό διάλυμα αξιοποιώντας τις διαθέσιμες δεξαμενές. Πιο συγκεκριμένα, δόθηκε έμφαση στην παρασκευή των ακόλουθων διαλυμάτων: 1)

νιτρικό ασβέστιο, 2) νιτρικό κάλιο, 3) θειικό μαγνήσιο, 4) φωσφορικό οξύ, 5) χηλικός σίδηρος, 6) ιχνοστοιχεία, 7) νιτρικό οξύ. Το θρεπτικό διάλυμα που δημιουργήθηκε τοποθετήθηκε σε ειδική δεξαμενή η οποία ήταν τοποθετημένη σε ειδικό σημείο και ύψος ώστε να μπορεί να επιτυγχάνεται η θρέψη των φυτών. Η δεξαμενή αυτή επικοινωνούσε με τα παραγόμενα αυτά και τα υποστρώματα στα οποία αυτά ήταν τοποθετημένα μέσω τριών ειδικών σωλήνων (Φ12). Κάθε ένας σωλήνας ήταν σε θέση να μεταφέρει το θρεπτικό διάλειμμα στα κανάλια που δημιουργήθηκαν για τη μεταφύτευση των φυτών. Για την μεταφορά του θρεπτικού διαλύματος δε χρησιμοποιήθηκε κάποια ηλεκτρική αντλία αλλά δόθηκε έμφαση στην ελεύθερη ροή αυτού. Το θρεπτικό διάλυμα παρακολουθούνταν για να ελέγχεται το pH αυτού και κάθε φορά που οι παρατηρούμενες τιμές εμφάνιζαν αποκλίσεις χρησιμοποιούνταν εκ νέου πυκνά διαλύματα για τη ρύθμισή του. Στην παρούσα έρευνα δεν χρειάστηκε να αλλάξει το θρεπτικό διάλυμα και να παρασκευαστεί νέο από την αρχή. Τέλος, είναι αναγκαίο να αναφερθεί ότι δόθηκε σημαντική έμφαση στη διαμόρφωση των καναλιών ανάπτυξης των φυτών αλλά και στα υποστρώματα που χρησιμοποιήθηκαν. Βασική πρόθεση ήταν το ριζικό σύστημα των φυτών να μπορεί να αναπτυχθεί ομαλά και η ηλιακή ακτινοβολία να προσπίπτει με όμοιο τρόπο στα φυτά. Στα ίδια πλαίσια, δόθηκε έμφαση στην κλίση των φυτών και των χρησιμοποιούμενων υποστρωμάτων ώστε το θρεπτικό διάλυμα να ρέει όμοια στα κανάλια διανομής αλλά και στο ριζικό σύστημα των φυτών.

4.2 Μετρήσεις απόδοσης και ανάπτυξης υπό διαφορετικές συνθήκες

Όπως έγινε κατανοητό από την προηγούμενη ενότητα, σκοπός του πειράματος ήταν να μετρηθούν τα φύλλα των παρατηρούμενων μαρουλιών και να εκτιμηθεί το βάρος σε αυτόν σε γραμμάρια. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε ανοιχτό κύκλωμα υδροπονίας και σκοπός ήταν να παρατηρηθεί η ανάπτυξη αλλά και η απόδοση των δύο ποικιλιών σε διαφορετικά υποστρώματα. Στην πρώτη φάση του πειράματος έγινε η μέτρηση των φύλλων ώστε να διαπιστωθεί η ποσότητα νερού-υγρασίας που λάμβαναν και μετά έγινε μέτρηση των πραγματικών τους φύλλων και το βάρος αυτών σε δύο διαδοχικές φάσεις (πριν τοποθετηθούν στον κλίβανο – μετά τον κλίβανο και την διαδικασία ξήρανσης). Για την μέτρηση των φύλλων έγινε τυχαία δειγματοληψία 5 φυτών από τα τρία συνολικά κανάλια για κάθε ποικιλία που χρησιμοποιήθηκε. Βασικός παράγοντας ανάπτυξης και απόδοσης ήταν η παρακολούθηση του θρεπτικού διαλύματος. Σχετικά με αυτό ήταν σημαντικό να καταγραφεί το pH και σε αυτό

βοήθησε ειδικό εργαλείο (φορητό πεχάμετρο). Οι μετρήσεις των τιμών του pH πραγματοποιούνταν 2 ημέρες ώστε να εξακριβώνεται αν απαιτούνται επεμβάσεις για την ρύθμιση αυτού. Όσον αφορά αυτό τον παράγοντα οι μετρήσεις που γινόταν αποσκοπούσαν στο να διατηρείται η τιμή του pH στο 6. Σε όλο το χρόνο πραγματοποίησης του πειράματος η τιμή αυτή δεν εμφάνισε αποκλίσεις και ως εκ τούτου δε χρειάστηκε να προστεθεί κάποιο πυκνό διάλυμα. Τέλος, σημαντική ήταν οι έλεγχοι που πραγματοποιούνταν στους σωλήνες μεταφοράς του θρεπτικού διαλύματος οι οποίοι αποσκοπούσαν στον εντοπισμό τυχόν δυσλειτουργιών.



Εικόνα 6 Μαρούλι White Boston στο θερμοκήπιο της σχολής



Εικόνα 7 Μαρούλι Empire

4.3 Αποτελέσματα έρευνας

Στο παρακάτω πίνακα φαίνονται τα αποτελέσματα μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στις δύο ποικιλίες μαρουλιού για να παρατηρηθεί κατά μέσο όρο η ποσότητα νερού-υγρασίας που λάμβαναν. Για την περίπτωση της ποικιλίας μαρουλιού White Boston και αναφορικά με το πρώτο υπόστρωμα (100% περλίτης) ο μέσος όρος των φύλλων που καταγράφηκαν ισούται με 27,6 (βάρος σε g = 95,42). Για το δεύτερο υπόστρωμα (100% κοκοφοίνικας) καταγράφηκαν κατά μέσο όρο 35,4 φύλλα συνολικού βάρους 100,68g. Για το τρίτο υπόστρωμα (100% βερμικουλίτης) καταμετρήθηκαν κατά μέσο όρο 35,4 φύλλα συνολικού βάρους 102,86g. Στην περίπτωση του υποστρώματος το οποίο αποτελούνταν από 50% κοκοφοίνικα και 50% περλίτη καταγράφηκαν κατά μέσο όρο 37,8 φύλλα συνολικού βάρους 118,12g. Στην περίπτωση του υποστρώματος που αποτελούνταν από 50% κοκοφοίνικα και 50% βερμικουλίτη μετρήθηκαν κατά μέσο όρο 28,4 φύλλα το βάρος των οποίων ισούται με 90,4g. Στο υπόστρωμα που αποτελούνταν από 75% κοκοφοίνικα και 25% περλίτη καταγράφηκαν κατά μέσο όρο 36 φύλλα το βάρος των οποίων ισούται με 127,38g. Τέλος, υπό τις ίδιες προϋποθέσεις που ισχύουν για την έκτη περίπτωση με τη μόνη διαφορά ότι το 25% υποστρώματος αποτελούνταν από βερμικουλίτη, ο μέσος όρος των φύλλων που καταγράφηκαν ήταν 32,8 (βάρος = 116,08g).

Στην περίπτωση της ποικιλίας μαρουλιού Empire για την πρώτη περίπτωση υποστρώματος (100% περλίτης) ο μέσος όρος των φύλλων που καταγράφηκαν ήταν 19,8 και το βάρος σε αυτών 52,82g. Για τη δεύτερη περίπτωση (100% κοκοφοίνικας) ο μέσος όρος των φύλων ήταν 22 και το βάρος αυτών ήταν 82,12g.

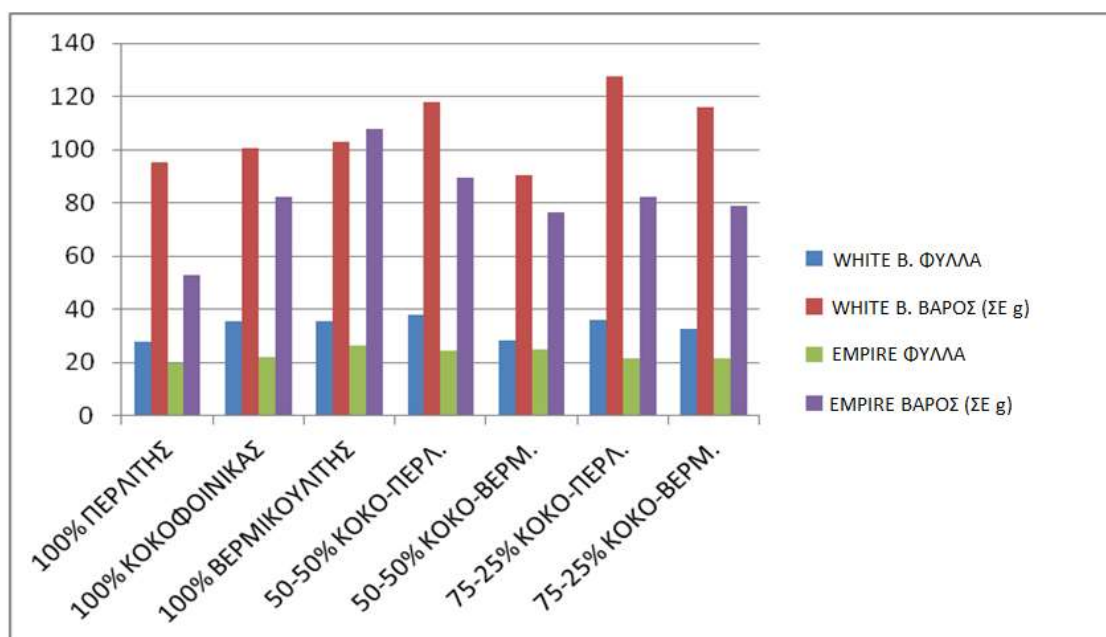
Για την τρίτη περίπτωση (100% βερμικουλίτης) ο μέσος όρος των φύλλων ήταν 26,6 και το βάρος αυτών ήταν 107,6g. Για την τέταρτη περίπτωση υποστρώματα (50% κοκοφοίνικας και 50% βερμικουλίτης) ο μέσος όρος των φύλλων που καταγράφηκε ισούται με 24,6 και το συνολικό βάρος αυτών με 89,62g. Για την πέμπτη περίπτωση υποστρώματος (50% κοκοφοίνικας και 50% βερμικουλίτης) τα συνολικά κατά μέσο όρο φύλλα ήταν 25 και το βάρος αυτών 76,61g. Για την έκτη περίπτωση (75% κοκοφοίνικας και 25% περλίτης) ο μέσος όρος των καταγεγραμμένων φύλλων ισούται με 21,6 συνολικού βάρους 82,18g. Για την τελευταία περίπτωση (75% κοκοφοίνικας και 25% βερμικουλίτης) καταμετρήθηκαν κατά μέσο όρο 21,6 φύλλα βάρους 79,04g. Για την περίπτωση της ποικιλίας μαρουλιού White Boston ο μέσος των φύλλων κυμαίνεται από 27,6 έως 37,8 ενώ για την περίπτωση του βάρους ο μέσος όρος κυμαίνεται από 90,4 έως 127,38g. Για την περίπτωση της ποικιλίας μαρουλιού Empire ο μέσος όρος των φύλλων κυμαίνεται από 22 έως 26,6 ενώ για την περίπτωση του βάρους ο μέσος όρος κυμαίνεται από 52,82 μέχρι 107,6g. Παρατηρείται ότι για την πρώτη ποικιλία μαρουλιού (White Boston) τα καταγεγραμμένα φύλλα είναι περισσότερα στον αριθμό όπως και η συνολική ποσότητα νερού-υγρασίας που εντοπίστηκε σε αυτά.

Πίνακας 6 Αποτελέσματα μέτρησης φύλλων και βάρους για τις ποικιλίες μαρουλιού White Boston και Empire όσον αφορά την εκλαμβανόμενη ποσότητα νερού-υγρασίας

	WHITE BOSTON		EMPIRE	
	ΦΥΛΛ	ΒΑΡΟΣ (g)	ΦΥΛΛ	ΒΑΡΟΣ (g)
	A		A	
100% ΠΕΡΛΙΤΗΣ	27,6	95,42	19,8	52,82
100% ΚΟΚΟΦΟΙΝΙΚΑΣ	35,4	100,68	22	82,12
100% ΒΕΡΜΙΚΟΥΛΙΤΗΣ	35,4	102,86	26,6	107,6
50-50% ΚΟΚΟ-ΠΕΡΛ.	37,8	118,12	24,6	89,62
50-50% ΚΟΚΟ-ΒΕΡΜ.	28,4	90,4	25	76,61
75-25% ΚΟΚΟ-ΠΕΡΛ.	36	127,38	21,6	82,18
75-25% ΚΟΚΟ-ΒΕΡΜ.	32,8	116,08	21,6	79,04

Τα ανωτέρω αποτελέσματα ως αυτά παρουσιάστηκαν γίνονται καλύτερα αντιληπτά αν μελετηθεί το σχεδιάγραμμα που ακολουθεί στο οποίο φαίνονται παραστατικά και περισσότερο ξεκάθαρα οι διαφορές ανάμεσα στις δύο ποικιλίες. Σε γενικές γραμμές η

μεγαλύτερη ποσότητα νερού-υγρασίας εντοπίζεται στο υπόστρωμα αποτελούμενο από 75% κοκοφοίνικα και 25% περλίτη και αφορά την ποικιλία μαρουλιού White Boston.



Σχεδιάγραμμα 7 Απεικόνιση αποτελεσμάτων μέτρησης φύλλων και βάρους για τις ποικιλίες White Boston και Empire όσον αφορά την εκλαμβανόμενη ποσότητα νερού-υγρασίας

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που σχετίζονται με τα πραγματικά φύλλα των δύο ποικιλιών μαρουλιού πριν αυτά τοποθετηθούν στον κλίβανο και μετά την εξαγωγή τους από αυτόν. Πρώτα εξετάζεται η περίπτωση του μαρουλιού White Boston. Στην πρώτη περίπτωση υποστρώματος (100% περλίτης) μετρήθηκαν 34 πραγματικά φύλλα και το βάρος αυτών ανήλθε σε 116,3g πριν τον κλίβανο και 6,7g μετά τον κλίβανο. Στη δεύτερη περίπτωση (100% κοκοφοίνικας) μετρήθηκαν 45 πραγματικά φύλλα και το βάρος αυτών ανήλθε σε 201,8g πριν τον κλίβανο και 9,8g μετά τον κλίβανο. Στην τρίτη περίπτωση (100% βερμικουλίτης) τα πραγματικά φύλλα ήταν 28 και το βάρος τους ήταν 121 και 6,8g πριν και μετά τον κλίβανο αντίστοιχα.

Στην τέταρτη περίπτωση (50% κοκοφοίνικας και 50% περλίτης) τα πραγματικά φύλλα που μετρήθηκαν ήταν 28 και το βάρος ανήλθε σε 94,7 και 6,6g πριν και μετά τον κλίβανο αντίστοιχα. Στην πέμπτη περίπτωση (50% κοκοφοίνικας και 50% βερμικουλίτης) τα πραγματικά φύλλα ήταν 40 και το βάρος αυτών ανήλθε σε 157 και 8,8g πριν και μετά τον κλίβανο. Ακόμη, στην περίπτωση υποστρώματος αποτελούμενο κατά 75% από κοκοφοίνικα και 25% από περλίτη τα πραγματικά φύλλα ήταν 31 και το βάρος αυτών ήταν 135,2 και 7,6g πριν και μετά τον κλίβανο αντίστοιχα. Τέλος, όσον

αφορά το υπόστρωμα από κοκοφοίνικα (75%) και βερμικουλίτη (25%) τα πραγματικά φύλλα ήταν 33 και το βάρος αυτών ήταν 131,6 και 8,2g πριν και μετά την ξήρανση.

Για την περίπτωση του μαρουλιού ποικιλίας Empire τα αποτελέσματα ήταν μερικώς διαφορετικά. Στην πρώτη περίπτωση υποστρώματος (100% περλίτης) τα πραγματικά φύλλα ήταν 24 και το βάρος αυτών ήταν 72,6 και 5,4g αντίστοιχα πριν και μετά την ξήρανση. Στη δεύτερη περίπτωση (100% κοκοφοίνικας) τα πραγματικά φύλλα ήταν 37 και το βάρος αυτών ήταν 136,4 και 11,3g αντίστοιχα πριν και μετά τον κλίβανο. Στην τρίτη περίπτωση (100% βερμικουλίτης) τα πραγματικά φύλλα ήταν 19 και το βάρος αυτών ήταν 78,5 και 6,7g αντίστοιχα πριν και μετά τον κλίβανο. Στην τέταρτη περίπτωση (50% κοκοφοίνικας και 50% περλίτης) τα πραγματικά φύλλα ήταν 23 και το βάρος αυτών ήταν 96,8 και 8g αντίστοιχα πριν και μετά την ξήρανση.

Στην πέμπτη περίπτωση (50% κοκοφοίνικας και 50% βερμικουλίτης) τα πραγματικά φύλλα ήταν 30 και το πραγματικό βάρος αυτών ήταν 122,5 και 10,5g αντίστοιχα πριν και μετά τον κλίβανο. Τα μαρούλια που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα αποτελούμενο κατά 75% από κοκοφοίνικα και 25% από περλίτη ανέπτυξαν 43 φύλλα και το βάρος αυτών πριν και μετά την ξήρανση ήταν 83,8 και 6,3g αντίστοιχα. Τέλος, τα μαρούλια που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα αποτελούμενο κατά 75% από κοκοφοίνικα και 25% από βερμικουλίτη ανέπτυξαν 28 πραγματικά φύλλα και το βάρος αυτών ανήλθε σε 81,3 και 7,7g αντίστοιχα πριν και μετά τον κλίβανο.

Για την περίπτωση του μαρουλιού White Boston τα πραγματικά φύλλα κυμάνθηκαν από 28 έως 40 και το βάρος αυτών κυμάνθηκε από 94,7 - 201,8g πριν τον κλίβανο και 6,6-9,8g μετά την ξήρανση. Τα μαρούλια με το μεγαλύτερο βάρος είναι αυτά που καλλιεργήθηκαν στο υπόστρωμα αποτελούμενο κατά 100% από κοκοφοίνικα ενώ το μικρότερο βάρος εμφάνισαν τα μαρούλια που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα αποτελούμενο κατά 50% από κοκοφοίνικα και 50% από βερμικουλίτη. Για την περίπτωση του μαρουλιού Empire τα πραγματικά φύλλα κυμάνθηκαν από 24 έως 43. Το βάρος αυτών πριν τοποθετηθούν στον κλίβανο κυμάνθηκαν από 96,8-136,4g ενώ μετά τον κλίβανο το βάρος κυμάνθηκε από 8-11,3g και στην περίπτωση των μαρουλιών που εμφάνισαν το μεγαλύτερο βάρος τόσο πριν όσο και μετά τον κλίβανο, είναι αυτά που καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα αποτελούμενο κατά 100% από κοκοφοίνικα.

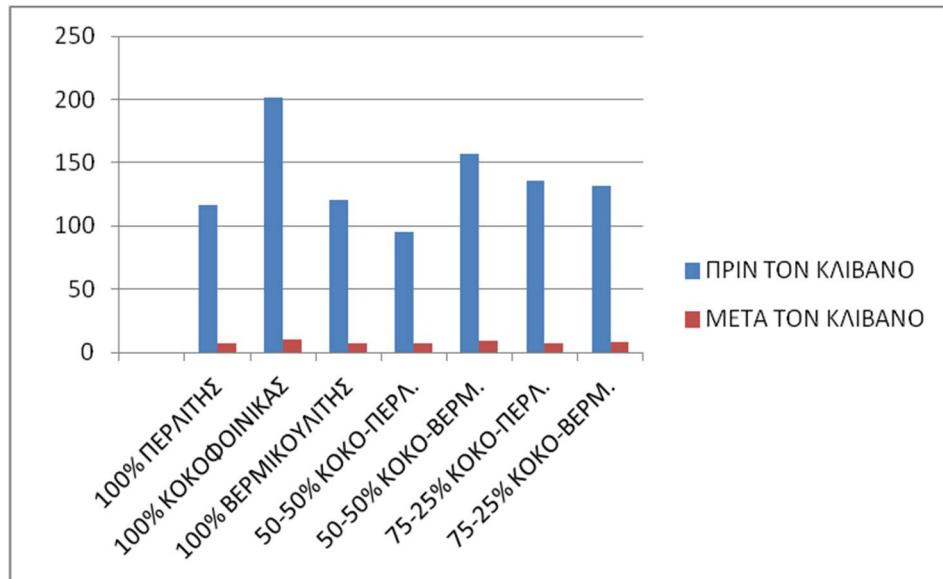
Πίνακας 7 Αποτελέσματα μέτρηση πραγματικών φύλλων πριν και μετά τον κλίβανο για τις ποικιλίες μαρουλιού White Boston και Empire

		ΠΡΙΝ ΤΟΝ ΚΛΙΒΑΝΟ	ΜΕΤΑ ΤΟΝ ΚΛΙΒΑΝΟ
		ΒΑΡΟΣ ΣΥΝΟΛΟ (g)	ΒΑΡΟΣ ΣΥΝΟΛΟ (g)
	ΦΥΛΛ		
	A		WHITE BOSTON
100% ΠΕΡΛΙΤΗΣ	34	116,3	6,7
100% ΚΟΚΟΦΟΙΝΙΚΑΣ	45	201,8	9,8
100% ΒΕΡΜΙΚΟΥΛΙΤΗΣ	28	121	6,8
50-50% ΚΟΚΟ-ΠΕΡΛ.	28	94,7	6,6
50-50% ΚΟΚΟ-ΒΕΡΜ.	40	157	8,8
75-25% ΚΟΚΟ-ΠΕΡΛ.	31	135,2	7,6
75-25% ΚΟΚΟ-ΒΕΡΜ.	33	131,6	8,2
	ΦΥΛΛ		
	A		EMPIRE
100% ΠΕΡΛΙΤΗΣ	24	72,6	5,4
100% ΚΟΚΟΦΟΙΝΙΚΑΣ	37	136,4	11,3
100% ΒΕΡΜΙΚΟΥΛΙΤΗΣ	19	78,5	6,7
50-50% ΚΟΚΟ-ΠΕΡΛ.	23	96,8	8
50-50% ΚΟΚΟ-ΒΕΡΜ.	30	122,5	10,5
75-25% ΚΟΚΟ-ΠΕΡΛ.	43	83,7	6,3
75-25% ΚΟΚΟ-ΒΕΡΜ.	28	81,3	7,7

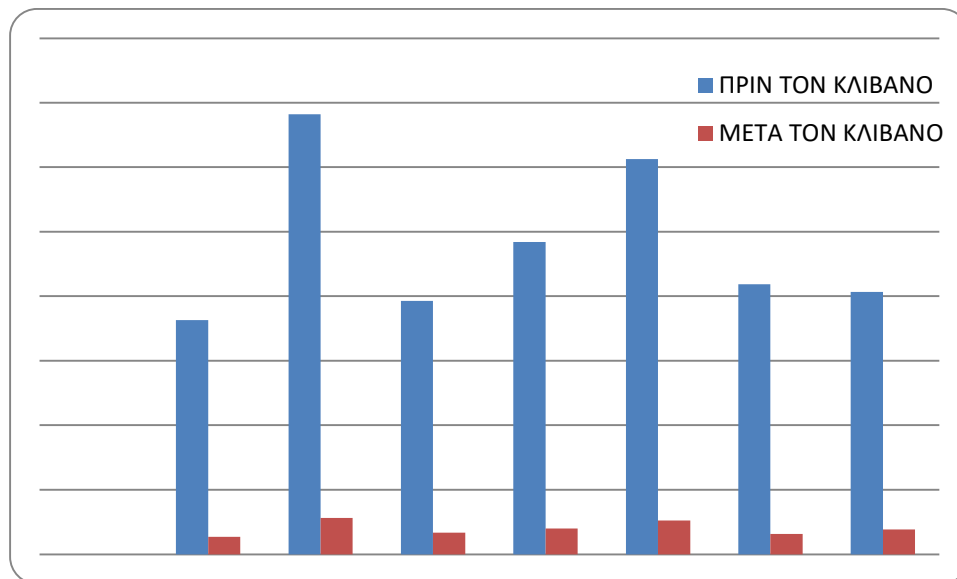
Στα παρακάτω σχεδιαγράμματα γίνεται προσπάθεια να παρουσιαστούν παραστατικά οι ποικιλίες μαρουλιού ως προς το βάρος που παρουσίασαν πριν και μετά την τοποθέτησή τους στον κλίβανο. Αναφορικά με την ποικιλία μαρουλιού White Boston παρατηρείται ότι η μεγαλύτερη μεταβολή σχετίζεται με το υπόστρωμα αποτελούμενο κατά 100% από κοκοφοίνικα και στη συνέχεια ακολουθεί το υπόστρωμα αποτελούμενο κατά 50% από κοκοφοίνικα και 50% από βερμικουλίτη. Η μικρότερη μεταβολή αφορά στο υπόστρωμα αποτελούμενο κατά 50% από κοκοφοίνικα και 50% από περλίτη.

Όσον αφορά την ποικιλία μαρουλιού Empire είναι προφανές ότι η μεγαλύτερη μεταβολή αφορά το υπόστρωμα αποτελούμενο κατά 100% από κοκοφοίνικα ενώ τη

δεύτερη κατά σειρά μεγαλύτερη μεταβολή εμφανίζει το υπόστρωμα αποτελούμενο κατά 50% από κοκοφοίνικα και 50% από βερμικουλίτη.

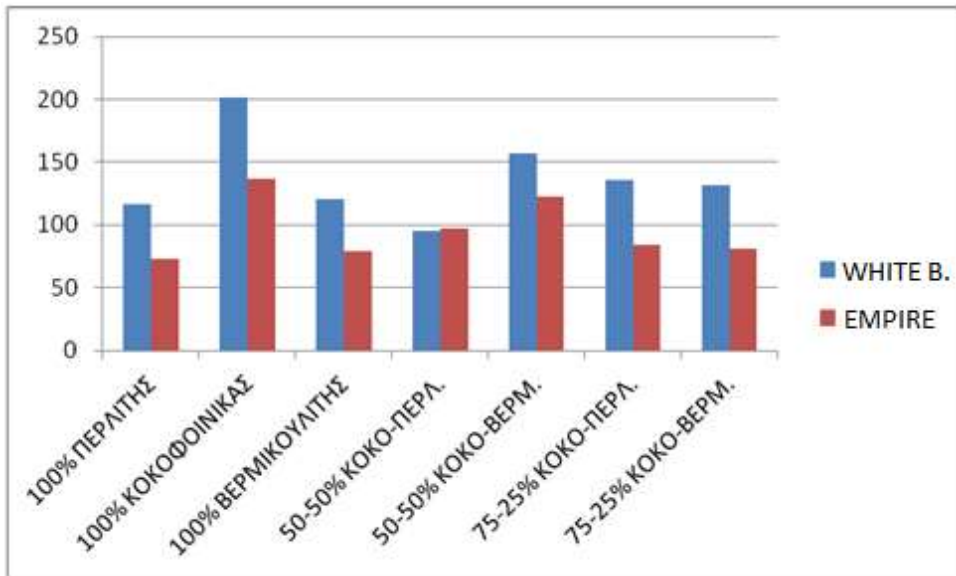


Σχεδιάγραμμα 8 Βάρος μαρουλιού ποικιλίας WHITE BOSTON πριν και μετά τον κλίβανο

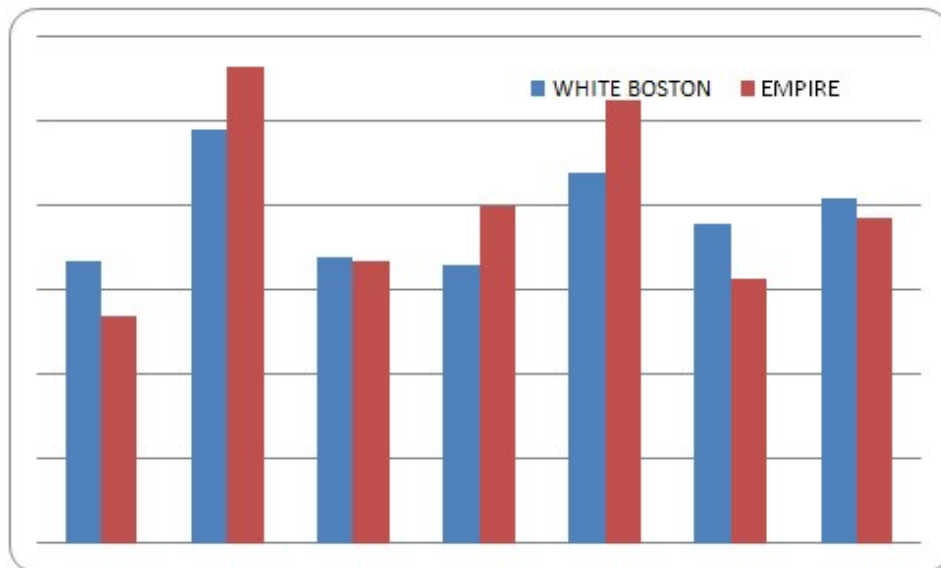


Σχεδιάγραμμα 9 Σχεδιάγραμμα 10 Βάρος μαρουλιού ποικιλίας EMPIRE πριν και μετά τον κλίβανο

Μετά την παρουσίαση των αποτελεσμάτων παραστατικά για την κάθε περίπτωση ποικιλίας, επιχειρείται στη συνέχεια να γίνει μια συγκριτική επισκόπηση για κάθε φάση παρατήρησης (πριν και μετά τον κλίβανο) ώστε να γίνουν περισσότερο ξεκάθαρες και σαφείς οι διαφορές που υπάρχουν ανάμεσα στα διάφορα υποστρώματα που χρησιμοποιήθηκαν αλλά και η επίδραση που αυτά έχουν σε επίπεδο απόδοσης και ανάπτυξης.



Σχεδιάγραμμα 12 Συγκριτική παρουσίαση βάρους ποικιλιών WHITE BOSTON και EMPIRE πριν τον κλίβανο



Σχεδιάγραμμα 13 Συγκριτική παρουσίαση βάρους ποικιλιών WHITE BOSTON και EMPIRE μετά τον κλίβανο

5. Συζήτηση-Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία έγινε προσπάθεια να διερευνηθεί η επίδραση διαφορετικών υποστρωμάτων στην απόδοση και ανάπτυξη των ποικιλιών μαρουλιού White Boston και Empire. Μέσα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση που πραγματοποιήθηκε για την επίτευξη του σκοπού αυτού έγινε αρχικά σαφές ότι η καλλιέργεια του μαρουλιού είναι από τις σημαντικότερες καθώς κατέχει μία ιδιαίτερη θέση τόσο στην παγκόσμια όσο και στην εθνική κοινότητα. Συνιστά ένα φυλλώδες λαχανικό το οποίο, ειδικά στην Ελλάδα, καλλιεργείται από τους πρώτους μήνες του φθινοπώρου μέχρι λίγο πριν το καλοκαίρι. Τα τελευταία χρόνια η μεταβολή των καταναλωτικών αναγκών αλλά και η κατανόηση των μειονεκτημάτων και των πλεονεκτημάτων που εμφανίζουν τα συστήματα καλλιέργειας έχουν αναδείξει σε μεγάλο βαθμό την καλλιέργεια μαρουλιού σε θερμοκηπιακές μονάδες κατά τους χειμερινούς μήνες. Στα ίδια πλαίσια έχουν αναπτυχθεί συστήματα όπως είναι τα υδροπονικά συστήματα λόγω των ωφελειών που παρέχουν.

Τα βασικότερα υδροπονικά συστήματα που αξιοποιούνται είναι το κλειστό και το ανοιχτό. Καθένα από τα δύο αυτά συστήματα έχει θετικά και αρνητικά στοιχεία αλλά υπερτερεί σαφέστατα σε σχέση με παραδοσιακές μορφές καλλιέργειας. Τη σημερινή εποχή παρατηρείται να εφαρμόζονται και τα δύο συστήματα αλλά στην περίπτωση των θερμοκηπιακών μονάδων μεγαλύτερη έμφαση δίνεται στα κλειστά συστήματα (σύστημα Nutrient Film Technique-NFT). Παρά τις υπάρχουσες τάσεις, υπάρχουν περιπτώσεις όπου μπορούν να εφαρμοστεί το ανοιχτό σύστημα παρότι βέβαια μία τέτοια επιλογή συνδέεται με αρκετά αρνητικά όπως είναι η σπατάλη των υδάτινων πόρων, η αύξηση του κόστους παραγωγής, η μόλυνση των υπόγειων ρευμάτων κλπ.

Στην εργασία παρατηρήθηκε ότι κάθε υδροπονική μονάδα είναι εξοπλισμένη με συγκεκριμένα εργαλεία ενώ καθοριστικός είναι ο ρόλος του θρεπτικού διαλύματος που χρησιμοποιείται και τα κριτήρια που λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή του υποστρώματος που θα χρησιμοποιηθεί. Οι ποικιλίες του μαρουλιού είναι πολλές και κάθε μία φέρει τα δικά της χαρακτηριστικά. Ακόμη, η καλλιέργεια του μαρουλιού είναι σημαντική κι αποτελεί σημαντικό μέρος της διατροφής του ανθρώπου και όπως κάθε καλλιέργεια έτσι και στην περίπτωση αυτή υπάρχουν αρκετοί εχθροί και ασθένειες από τις οποίες μπορεί να επηρεαστεί ποιοτικά.

Το πειραματικό μέρος της έρευνας έδειξε ότι οι δύο ποικιλίες μαρουλιού που μελετήθηκαν (White Boston, Empire) αποδίδουν καλύτερα και αναπτύσσονται στο μεγαλύτερο βαθμό σε υπόστρωμα το οποίο αποτελείται κατά 100% από κοκοφοίνικα. Εκείνη η ποικιλία από τις δύο που μελετήθηκαν η οποία αποδίδει καλύτερα φαίνεται πως είναι η ποικιλία White Boston και η διαφορά μεταξύ των δύο ποικιλιών είναι αρκετά μεγάλη. Χαρακτηριστικά, πριν την τοποθέτηση των μαρουλιών στον κλίβανο υπάρχει απόκλιση στο βάρος κατά 65,4g. Αξιοπρόσεκτο όμως είναι το γεγονός ότι μετά τον κλίβανο η ποικιλία White Boston παρουσιάζει μεγαλύτερες απώλειες στο βάρος σε σχέση με την ποικιλία Empire.

Εξίσου σημαντική είναι η διαφορά που παρουσιάστηκε στον αριθμό των πραγματικών φύλλων. Πιο συγκεκριμένα, για την ποικιλία Empire αναπτύχθηκαν 8 φύλλα λιγότερο σε σχέση με την ποικιλία White Boston. Είναι σημαντικό ακόμη να σημειωθεί ότι εξίσου ικανοποιητικές αποδόσεις για τις δύο ποικιλίες σχετίζονται με το υπόστρωμα αποτελούμενο κατά 50% από κοκοφοίνικα και 50% από βερμικουλίτη. Και στις δύο περιπτώσεις ποικιλιών τα δύο αναφερόμενα υποστρώματα σχετίστηκαν με τις μεγαλύτερες αποδόσεις, γεγονός που επιβεβαιώνει ότι ενδείκνυνται σε αξιοπρόσεκτο βαθμό για την καλλιέργεια των ποικιλιών. Επιλογικά, δεδομένων των κλιματικών συνθηκών που επικρατούν στο Νομό της Φλώρινας, θα μπορούσε να ισχυριστεί κανείς ότι για την καλλιέργεια των ποικιλιών μαρουλιών White Boston και Empire, κυρίως δε, της πρώτης (White Boston) ενδείκνυται να γίνεται περισσότερο σε υπόστρωμα αποτελούμενο κατά 100% από κοκοφοίνικα.

Βιβλιογραφία

- Adams, P. (2002). Nutritional control in hydroponics. In: Savvas, D., Passam, H.C. (eds). *Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals*. Embryo Publications, Athens, Greece, pp. 211-261.
- AlagroBlog, (2014). *Κλειστά συστήματα*, Ανακτήθηκε στις 19/7/2022 από: <http://www.alagro.gr/kleista-systhmata/>
- Benton, J. (2005). *Hydroponics: a practical guide for the soilless grower*, CRC Press
- Carruthers, S. 2002. Hydroponics as an agricultural production system. *Pract. Hydrop. Greenh.* 63, 55-65.
- Dos Santos, J. D., Lopes da Silva, A.L., da Luz Costa, J., Scheidt, G. N., Novak, A. C., Sydney, E.B. & Soccol, C.R. (2013). Development of a vinasse nutritive solution for hydroponics. *Journal of Environmental Management*, 114, 8–12.
- Grand View Research, (2021). *Hydroponics Market Size, Share & Trends Analysis Report By Type (Aggregate Systems, Liquid Systems), By Crops (Tomatoes, Lettuce, Peppers, Cucumbers, Herbs), By Region, And Segment Forecasts, 2021 – 2028*, Retrieved on 19/06/2022 from: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/hydroponics-market>
- Mulabagal, V., Ngouajio, M., Nair, A., Zhang, Y., Gottumukkala, A.L., Nair, M.G. (2010). In vitro evaluation of red and green lettuce (*Lactuca sativa*) for functional food properties. *Food Chemistry*, 118, 300-306.
- Raviv, M. & Lieth, J. (2008). *Soilless culture: theory and practice*.
- Researchnester, (2022). *Hydroponics Market Overview*, Retrieved on 13/05/2022 from: <https://www.researchnester.com/reports/hydroponics-market/1088>
- Savvas, D. (2003). HydroponicsQ A modern technology supporting the application of integrated crop management in greenhouse. *Food, Agriculture & Environment* 1, 80-86.
- Shahbandeh, M. (2021). *Forecasted market value of hydroponics worldwide from 2016 to 2025*, Retrieved on 16/06/2022 from: <https://www.statista.com/statistics/879946/global-hydroponics-market-value/>

Transparency Market Research, (2022). *Hydroponic Substrate Market*, Retrieved on 10/04/2022 from: <https://www.transparencymarketresearch.com/hydroponics-substrate-market.html>

Αρλαπάνος, Δ. (2016). *Συναρμολογούμενο υδροπονικό σύστημα εκτυπώσιμο σε τρισδιάστατο εκτυπωτή*, Διπλωματική εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Κρήτη.

Ζουμή, Μ. (2009). *Βιολογική καλλιέργεια μαρουλιού στην Κρήτη*, Πτυχιακή Εργασία, Σ.Τ.Ε.Γ., ΤΕΙ Κρήτης, Ηράκλειο.

Καραμάνος, Α, 2012. *Γενική Γεωργία - Αρχές Φυτικής Παραγωγής στις Αροτραίες Καλλιέργειες*, Εκδόσεις ΠΑΠΑΖΗΣΗ, Αθήνα.

Κωσταρέλου, Μ. (2014). *Έλεγχος άρδευσης υδροπονικής καλλιέργειας τομάτας με τη βοήθεια προσομοιωμάτων και αισθητήρων*, Πτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.

Κώτσιρας Α.Ι. (2006). *Σημειώσεις εργαστηρίου λαχανοκομίας IV. Υδροπονικές καλλιέργειες*. Εκδόσεις ΤΕΙ Καλαμάτας.

Κώτσιρας, Α. (2009). *Σημειώσεις από τις παραδόσεις μαθήματος της Λαχανοκομίας IV: Υδροπονικές καλλιέργειες*, ΤΕΙ Καλαμάτας, Καλαμάτα.

Μαλούπα Ε. (1995). Τα υποκατάστατα του εδάφους και η εφαρμογή τους σε υδροπονική καλλιέργεια ανθοκομικών ειδών υπό κάλυψη. *Πρακτικά Ελληνικής Εταιρίας της Επισήμης των Οπωροκηπευτικών* 4, 41-54.

Μανιός Β. (1993). *Υποστρώματα και συστήματα θερμοκηπιακών καλλιεργειών εκτός εδάφους*. Εκδόσεις ΤΕΙ Ηρακλείου.

Μαυρογιαννόπουλος, Γ. (2006). *Υδροπονικές εγκαταστάσεις (β' έκδοση βελτιωμένη)*, Εκδόσεις Α. Σταμούλης, Αθήνα.

Ξενιτίδης, Γ. (2018). *Μελέτη αγρονομικής συμπεριφοράς ποικιλιών μαρουλιού διαφορετικών τύπων σε καλλιέργεια υπό κάλυψη*, Πτυχιακή Εργασία, ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

Ολύμπιος, Χ. (2001). *Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια*, Αθήνα.

Σάββας, Δ. (2011). *Καλλιέργειες εκτός εδάφους-υδροπονία, υποστρώματα*, Εκδόσεις Αγροτύπος, Αθήνα.

Σταθακόπουλος, Γ. (2013). *Η καλλιέργεια του μαρουλιού*, Ανακτήθηκε στις 28/08/2022 από: http://istath.blogspot.com/2013/10/blog-post_14.html

Τζώρτζος, Α. (2012). *Διερεύνηση της επίδρασης της αλατότητας του θρεπτικού διαλύματος στην ανάπτυξη και παραγωγή υδροπονικής καλλιέργειας τομάτας*, Πτυχιακή διατριβή, Βόλος.

Τσιουντσιούρα, Β.Δ. (2020). *Προσδιορισμός πιθανών μικροβιακών μολύνσεων σε καλλιέργεια τομάτας στα γεωθερμικά θερμοκήπια*, Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Λάρισα.