



ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Αξιολόγηση υποστρωμάτων με μίγματα ανόργανων υλικών  
και πριονίδι σε υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού.**



ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ: ΧΡΙΣΤΟΥΛΑΚΗ ΜΑΡΙΑ – ΕΙΡΗΝΗ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΔΡ. ΤΖΩΡΤΖΑΚΗΣ ΝΙΚΟΣ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2010

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Έπειτα από την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας αισθάνομαι την ανάγκη να πω ένα θερμό ευχαριστώ στον καθηγητή μου Δρ. Νίκο Τζωρτζάκη, εργαστήριο 'Καλλιέργειες Εκτός Εδάφους' στο ΤΕΙ Κρήτης κυρίως για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, και την υπομονή που έκανε κατά τη διάρκεια υλοποίησης της πτυχιακής μου εργασίας. Όπως επίσης και για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση του, για την επίλυση διάφορων θεμάτων. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές, Γκούμα Σοφία και Μανιό Θρασύβουλο καθώς και τον συμφοιτητή μου Πιλατάκη Γιώργο για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφεραν. Τέλος την οικογένεια μου που με στήριξε όλα αυτά τα χρόνια.

<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b>		Σελίδες
	<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b>	1
	<b>ABSTRACT</b>	2
	<b>ΜΕΡΟΣ Α</b>	3
1	<b>Εισαγωγή</b>	3
1.1	Ανάγκη διαχείρισης στερεών υπολειμμάτων	3
1.2	Εμπλουτισμός οργανικής ουσίας στην καλλιέργεια φυτών και ο ρόλος της στο έδαφος	4
1.3	Πριονίδι: ένα οργανικό υλικό	6
1.4	Κριτήρια αξιολόγησης οργανικού υλικού	8
1.5	Χρήση πριονιδιού στην αύξηση / ανάπτυξη των φυτών – πρόσφατες μελέτες	11
2	<b>Υδροπονικές καλλιέργειες</b>	15
2.1	Ορισμός της υδροπονίας	15
2.2	Ταξινόμηση συστημάτων για καλλιέργειες εκτός εδάφους	16
2.2.1	Ταξινόμηση συστημάτων για καλλιέργειες εκτός εδάφους ανάλογα τον τρόπο διαχείρισης των απορροών.	16
2.2.2	Ταξινόμηση υδροπονικών συστημάτων καλλιέργειας ανάλογα την τεχνική που χρησιμοποιείται	17
2.3	Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα υδροπονικής καλλιέργειας	18
2.4	Χαρακτηριστικά υποστρωμάτων που χρησιμοποιούνται σε καλλιέργειες εκτός εδάφους	19
2.5	Επιλογή υποστρωμάτων	20
2.6	Περιγραφή υποστρωμάτων	21
2.7	Φλοιός πεύκου και άλλα οργανικά υλικά που έχουν δοκιμαστεί σαν υποστρώματα σε υδροπονική καλλιέργεια	23
2.8	Χαρακτηριστικά υλικών που χρησιμοποιούνται σε καλλιέργειες εκτός εδάφους	23
2.9	Καλλιέργεια σε NFT	24
2.10	Καλλιέργεια σε σάκους (growth bags)	25

3.	<b>Καλλιέργεια μαρουλιού</b>	27
3.1	Εξέλιξη καλλιέργεια μαρουλιού	27
3.2	Βοτανικά χαρακτηριστικά	28
3.3	Έδαφος και κλιματικές συνθήκες	29
3.4	Θρεπτική αξία	31
3.5	Καλλιεργητική πρακτική	32
3.6	Πρόσφατες μελέτες καλλιέργειας μαρουλιού σε υδροπονία	33
3.7	Εχθροί και ασθένειες	35
3.8	Σημαντικότερες ποικιλίες που διατίθενται για καλλιέργεια	35
	 <b>ΜΕΡΟΣ Β</b>	
4.	<b>Περιγραφή πειραματικής εργασίας</b>	38
4.1	Τόπος και χρόνος διεξαγωγής του πειράματος	38
4.2	Προετοιμασία και τοποθέτηση σποροφύτων μαρουλιού	38
4.3	Προετοιμασία συστημάτων Υδροπονικής Καλλιέργειας σε σάκους και NFT	39
4.4	Παρασκευή θρεπτικού διαλύματος	44
4.5	Καλλιεργητικές φροντίδες	45
4.6.	Μετρήσεις και προσδιορισμοί	45
4.6.1	Μέτρηση του αριθμού των φύλλων	45
4.6.2	Μέτρηση του ύψους του φυτού	45
4.6.3	Μέτρηση νωπού βάρους και ξηρού βάρους του υπέργειου μέρους των φυτών. Προσδιορισμός φυλλικής επιφάνειας.	46
4.6.4	Μέτρηση στα επίπεδα χλωροφύλλης και φθορισμού των φύλλων	47
4.6.5	Μέτρηση φωτοσυνθετικής ικανότητας, στοματικής αγωγιμότητας και εσωτερικής συγκέντρωσης CO <sub>2</sub> των φύλλων	48
4.6.6	Μέτρηση pH και EC και απορρόφηση θρεπτικού διαλύματος	49
4.6.7	Προσδιορισμός θρεπτικών στοιχείων	50
4.7	Αποτελέσματα	52
4.7.1	Επίδραση στην αύξηση/ανάπτυξη υδροπονικής καλλιέργειας μαρουλιού.	52
4.7.2	Εμφάνιση φυτών μαρουλιού κατά την διάρκεια της καλλιέργειας	67
4.7.2.1.	Ποικιλία Toledo	67
4.7.2.2.	Ποικιλία Paris Island	69
4.7.3	Επίδραση στην απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων και νερού.	71
4.8	Συζήτηση-Συμπεράσματα	75

5	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	79
	<b>ΜΕΡΟΣ Γ</b>	83
6	<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ</b>	83
6.1	Απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων	83
6.1.1	Προσδιορισμός θρεπτικών στοιχείων	83
6.1.2	Προσδιορισμός Κ	84
6.1.3	Προσδιορισμός Na	85
6.1.4	Προσδιορισμός Ρ	86
6.2	Δημοσιεύσεις	89

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το ενδιαφέρον για την χρήση ανόργανων και οργανικών υλικών ως μείγματα, για την παρασκευή υποστρωμάτων σε υδροπονικές καλλιέργειες έχει αυξηθεί παγκοσμίως. Στην παρούσα εργασία, φυτά μαρουλιού (*Lactuca sativa* L.), ποικ. Toledo και Paris Island, αναπτύχθηκαν για 5 εβδομάδες σε κλειστό υδροπονικό σύστημα σε 5 διαφορετικά υποστρώματα. Τα υποστρώματα αποτελούνταν από μείγματα πριονιδιού (ΠΡ) και περλίτη (ΠΕ) και συγκεκριμένα 1) ΠΡ, 2) ΠΡ:ΠΕ 75:25% 3) ΠΡ:ΠΕ 50:50% 4) ΠΡ:ΠΕ 25:75% 5) ΠΕ αλλά και σε σύστημα NFT (Nutrient Film Technique), σε μη θερμαινόμενο θερμοκήπιο. Η χρήση διαφορετικών υποστρωμάτων επηρέασε τα χαρακτηριστικά ανάπτυξης και παραγωγής των φυτών. Συγκεκριμένα, φυτά που αναπτύχθηκαν σε NFT ήταν ψηλότερα (μεγαλύτερο μήκος φύλλου) ενώ είχαν και μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια που είχε ως αποτέλεσμα μεγαλύτερο νωπό βάρος σε σύγκριση με τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε περλίτη. Η προσθήκη πριονιδιού μείωσε το μήκος του φύλλου, την φυλλική επιφάνεια και το νωπό βάρος σε σχέση με τον μάρτυρα (ΠΕ) ενώ δεν διαφοροποιήθηκε ο αριθμός των παραγόμενων φύλλων. Αντιθέτως, η περιεκτικότητα των φύλλων σε ξηρά ουσία βρέθηκε αυξημένη όταν το πριονίδι προστέθηκε μέσα στο υπόστρωμα. Τα επίπεδα χλωροφύλλης των φύλλων ήταν μικρότερα στην περίπτωση του περλίτη και του NFT ενώ ο φθορισμός των φύλλων ήταν αντίστοιχα αυξημένος. Η αυξημένη περιεκτικότητα πριονιδιού (75% ή 100%) στο υπόστρωμα μείωσε την φωτοσυνθετική ικανότητα αλλά και την στοματική αγωγιμότητα των φύλλων ενώ δεν βρέθηκαν διαφορές σχετικά με την ενδοκυτταρική συγκέντρωση CO<sub>2</sub> στα φύλλα. Η απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων (K, Na, P) ήταν μεγαλύτερη στην μεταχείριση του NFT, ενώ στην περίπτωση του περλίτη και ΠΡ:ΠΕ 25:75% η αύξηση ήταν μέχρι 74% σε σχέση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, προκύπτει ότι το χαμηλό ποσοστό (π.χ. 25%) πριονιδιού, όταν προστεθεί στον περλίτη θα μπορούσε να βελτιώσει τις ιδιότητες του ανόργανου υλικού και να χρησιμοποιηθεί σε υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού.

## ABSTRACT

The interest in the use of mixtures of inorganic and organic materials as substrate medium in soilless culture in greenhouses is increasing in parts of the world where the mixtures have not been used in common practice. In this study, lettuce (*Lactuca sativa* L.), cvs. Toledo and Paris Island, plants were grown over a five-week period in a closed soilless culture system on five different substrates with sawdust (Saw) and/or perlite (Per) mixtures (Sawdust; Saw:Per 75:25%; Saw:Per 50:50%; Saw:Per 25:75%; Perlite) and in Nutrient Film Technique (NFT), in an unheated greenhouse. Substrate affected some characteristics of plant growth and yield. Plants grown in NFT were taller (longer leaf length) as well as had greater leaf area resulting in greater fresh weight comparing with plants grown in perlite. Sawdust addition reduced leaf length, leaf area and as a consequence, the fresh weight comparing with control (perlite) but did not differ on leaf number produced. However, leaf dry weight increased as sawdust content increased into the substrate. Leaf chlorophyll levels reduced in perlite and NFT while leaf fluoresces increased for the same treatments. High sawdust content (75% or 100%) into substrates reduced photosynthetic rates as well as stomatal conductance but no major differences observed for the intercellular CO<sub>2</sub> concentration. Nutrient uptake (K, Na, P) was the greatest in NFT treatment, while perlite and Saw:Per 25:75% increased elemental uptake (up to 74%) comparing with the remaining treatments. The results indicate that low content (i.e. 25%) of sawdust into the perlite, could improve inorganic substrate media properties, and lead to improved plant development and yield for greenhouse culture lettuce.

## Μέρος Α.

### **Κεφάλαιο 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

#### **1.1 Ανάγκη διαχείρισης στερεών υπολειμμάτων**

Όταν μιλάμε για στερεά υπολείμματα αναφερόμαστε σε όλες τις ουσίες ή τα αντικείμενα τα οποία βρίσκονται κυρίως σε στερεή φυσική κατάσταση τα οποία ο κάτοχός τους θέλει ή υποχρεούται να απαλλαγεί. Η διαχείριση των στερεών αποβλήτων αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα παγκόσμια περιβαλλοντικά προβλήματα. Συγκεκριμένα στη χώρα μας το γεγονός ότι τα στερεά υπολείμματα (απόβλητα) δεν διαχειρίζονται επαρκώς και σε διαφορετικά επίπεδα προσέγγισης αποτελεί μία άσχημη και συνάμα ανησυχητική κατάσταση. Στην Ελλάδα μέχρι πριν λίγο καιρό η μόνη διαδικασία διαχείρισης ήταν η συλλογή από τους σκουπιδότοπους και η διάθεση στις χωματερές. Δυστυχώς, ως χώρα δεν διαθέτουμε πραγματικά στοιχεία για την κατάσταση της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων. Γνωρίζουμε σαν χώρα, το μέγεθος των στερεών αποβλήτων και ότι οι εγκαταστάσεις που διαθέτουμε για τη διαχείριση των υπολειμμάτων είναι παλιές. Δεν υπάρχουν ακριβή στοιχεία για τον αριθμό των εγκαταστάσεων, ή ποιες από αυτές βρίσκονται σε λειτουργία, ούτε αν ελέγχονται από κάπου οι μονάδες αυτές.

Υπάρχει λοιπόν η ανάγκη διαχείρισης των στερεών υπολειμμάτων ώστε και οι πολίτες να μπορέσουν να πιστέψουν και να μάθουν να δουλεύουν με αυτό το σύστημα. Οι επιπτώσεις της υπερβολικής διάθεσης στερεών υπολειμμάτων τα οποία δε δέχονται κανενός είδους διαχείριση είναι η δυσοσμία, η αισθητική υποβάθμιση μιας περιοχής, οι εστίες μόλυνσεων, ο κίνδυνος πυρκαγιάς, η παραγωγή επικινδύνων αερίων, το πλήγμα στην οικονομία και τον τουρισμό της περιοχής και το πιο σημαντικό που αποτελεί την ρύπανση του υδροφόρου ορίζοντα. Σύμφωνα με πρόσφατες έρευνες στη χώρα μας, η ρύπανση του υδροφόρου ορίζοντα και η παραγωγή διοξινών κατά την ανεξέλεγκτη καύση αποτελούν τις σοβαρότερες συνέπειες της αλόγιστης διάθεσης. Τα στάδια για τη διαχείριση των στερεών υπολειμμάτων είναι ο έλεγχος δημιουργίας, η προσωρινή αποθήκευση, η συλλογή, η μεταφορά, η επεξεργασία και η διάθεση, με το βέλτιστο δυνατό τρόπο από πλευράς δημόσιας υγιεινής, οικονομικών, μηχανικής, συντήρησης, αισθητικής και



περιβαλλοντικών συνεπειών. Οι στόχοι της ολοκληρωμένης διαχείρισης των στερεών υπολειμμάτων είναι η μείωση στην ‘πηγή’ και η ανακύκλωση. Έτσι το βασικότερο στόχο αποτελεί η μείωση της ποσότητας (πηγής) αλλά και της τοξικότητας των υπολειμμάτων. Επίσης η ανακύκλωση περιλαμβάνει την ανάκτηση των υλικών από τα απορρίμματα, ενδιάμεση επεξεργασία (διαλογή, συμπίεση), μεταφορά ανακυκλώσιμων υλικών και τελική επεξεργασία, παρασκευή καθαρού υλικού/προϊόντος (Βαγενά, 2010).

## **1.2 Εμπλουτισμός οργανικής ουσίας στην καλλιέργεια φυτών και ο ρόλος της στο έδαφος**

Με τον όρο οργανική ουσία εννοούμε όλα τα οργανικά υπολείμματα φυτικής και ζωικής προέλευσης, δηλαδή όλα τα νωπά (φρέσκα) αλλά και όλα τα πλήρως αποσυνθεμένα φυτικά μέρη και όλοι οι ζωντανοί και οι νεκροί μικροοργανισμοί του εδάφους.

Η οργανική ουσία χρησιμοποιείται πολύ συχνά στην γεωργία, με την προσθήκη αυτής στο έδαφος, αλλά και σε άλλες εφαρμογές (παραγωγή σποροφύτων, ριζοβολία μοσχευμάτων κτλ). Ο εμπλουτισμός της οργανικής ουσίας προκαλεί διάφορες αλλαγές στις ιδιότητες των εδαφών που αναφέρονται παρακάτω:

- Η εναλλακτική ικανότητα του εδάφους εκφράζει την ικανότητα που έχει το έδαφος, να συγκρατεί τα θρεπτικά στοιχεία σε αφομοιώσιμη μορφή. Σε αμμώδη εδάφη η προσθήκη οργανικής ουσίας προκαλεί αύξηση της συγκράτησης των θρεπτικών στοιχείων.
- Επιπλέον η ενσωμάτωση της οργανικής ουσίας προσφέρει ένα οργανικό υπόστρωμα που έχει σαν αποτέλεσμα τη δράση και τον πολλαπλασιασμό διαφόρων μικροοργανισμών. Με αυτόν τον τρόπο πραγματοποιείται η αποσύνθεση και απελευθέρωση διαφόρων θρεπτικών στοιχείων και ο εμπλουτισμός του εδάφους σε στοιχεία που εύκολα μπορούν να προσληφθούν από τις ρίζες. Η ύπαρξη διαφόρων μικροοργανισμών είναι σπουδαία και αυτό φαίνεται στο ότι υπάρχουν περίπου 1.000.000 σε κάθε gr εδάφους, 33 kg πρωτόζωα ανά δεκάριο (1000 τ.μ.), 25-100 kg γαιοσκώληκες ανά δεκάριο όπως και πολλά άλλα είδη μικροοργανισμών.

- Άλλη επίδραση της οργανικής ουσίας στο έδαφος είναι η αύξηση της θερμοκρασίας με την αύξηση της απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας λόγω του σκούρου χρώματος που του προσδίδει, προστατεύει το έδαφος από την διάβρωση γιατί υποβοηθά στην συνένωση των κόκκων δημιουργώντας σταθερά συσσωματώματα, βελτιώνει τον αερισμό και την κίνηση του νερού γιατί αυξάνει τους πόρους μέσα στο έδαφος καθώς και πολλά άλλα.
- Η οργανική ουσία για την αποσύνθεση της απαιτεί υψηλότερες θερμοκρασίες άρα σε θερμά κλίματα η ποσότητα της οργανικής ουσίας είναι μικρότερη λόγω της αποσύνθεσης της παρά στα ψυχρά κλίματα.
- Τα εδάφη λεπτής σύνθεσης τείνουν να έχουν περισσότερη οργανική ουσία σε σύγκριση με τα χονδροειδή εδάφη και να συγκρατούν περισσότερες θρεπτικές ουσίες και υγρασία, παρέχοντας καλύτερες συνθήκες για την ανάπτυξη των φυτών. Τα χονδροειδή εδάφη αερίζονται καλύτερα και η παρουσία οξυγόνου έχει ως αποτέλεσμα την ταχύτερη αποσύνθεση της οργανικής ουσίας.
- Όσο πιο πολύ υγρασία συγκρατεί το έδαφος, τόσο λιγότερο οξυγόνο είναι διαθέσιμο για την αποσύνθεση της οργανικής ουσίας με αποτέλεσμα η οργανική ουσία να συσσωρεύεται.
- Το όργωμα αναμειγνύει το οξυγόνο με το έδαφος και αυξάνει την μέση θερμοκρασία του, συμβάλλοντας κατά συνέπεια στην πιο γρήγορη αποσύνθεση της οργανικής ουσίας. Απώλεια οργανικής ουσίας παρατηρείται επίσης λόγω της διάβρωσης όπου το επιφανειακό έδαφος και ο χούμος συμπαρασύρονται. Γενικά, η καλλιέργεια της γης αποφέρει λιγότερη οργανική ουσία στο έδαφος σε σύγκριση με εκείνη που αποφέρει η φυσική άγρια βλάστηση.
- Οι ρίζες συμβάλλουν σημαντικά στην οργανική ουσία του εδάφους. Οι βοσκότοποι παράγουν βαθιές ρίζες οι οποίες αποσυντίθενται βαθιά μέσα στο έδαφος. Αντίθετα, τα δασικά εδάφη βασίζονται κυρίως στην αποσύνθεση της επιφανειακής φυλλόστρωσης για την είσοδο οργανικής ουσίας. Οι καλλιέργειες παράγουν περισσότερη υπέργεια βιομάζα σε σύγκριση με τις ρίζες. Η είσοδος οργανικής ουσίας σε καλλιεργούμενες εκτάσεις εξαρτάται από τις πρακτικές διαχείρισης της γης, συμπεριλαμβανομένου του βαθμού στον οποίο απομακρύνονται η παραμένουν τα υπολείμματα της συγκομιδής.

Τα είδη των οργανικών ουσιών είναι πάρα πολλά και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για βελτίωση των εδαφών. Μια από τις κυριότερες μορφές οργανικής ουσίας που χρησιμοποιείται είναι όλα τα είδη ζωικής κοπριάς. Η περιεκτικότητά τους σε θρεπτικά στοιχεία διαφέρει ανάλογα με το είδος του ζώου, την τροφή του και την συντήρηση που δέχεται.

Με τον όρο χλωρή λίπανση εννοούμε την καλλιέργεια διαφόρων φυτών, κυρίως ψυχανθών και την ενσωμάτωση τους στο έδαφος. Το καλύτερο στάδιο της παράγωγής του είναι όταν βρίσκονται στο στάδιο της πλήρους άνθησης / καρπόδεσης γιατί τότε έχουν αποκτήσει περίπου 80-90% της φυτομάζας και της περιεκτικότητας τους σε άζωτο. Στην κατηγορία των φυτικών υπολειμμάτων κατατάσσονται όλα τα υπολείμματα φυτικών ειδών που συνήθως είναι ξυλοποιημένα. Σε αυτή την περίπτωση αυξάνεται η οργανική ουσία στο έδαφος αλλά δε προσφέρουν μεγάλες ποσότητες θρεπτικών στοιχείων (Γεωργιάς, 2010).

### **1.3 Πριονίδι: ένα οργανικό υλικό**

Το πριονίδι το οποίο χρησιμοποιείται είναι συνήθως πριονίδι από πεύκα των *Pinus pinaster* και *Pinus radiata* αλλά και άλλα είδη ξύλων. Δεν υπάρχει πλήρης συμφωνία μεταξύ των επιστημόνων κατά πόσο το φρέσκο ή κομποστοποιημένο πριονίδι είναι το καλύτερο υλικό. Το φρέσκο πριονίδι απαιτεί μεγαλύτερη ποσότητα αζώτου το οποίο πρέπει να προστίθεται μαζί με το θρεπτικό διάλυμα. Δεν είναι κατάλληλα όλων των ειδών τα πριονίδια για την χρήση τους ως υπόστρωμα γιατί κάποια δημιουργούν τοξικότητα στην ανάπτυξη των φυτών.

Στην περίπτωση που το πριονίδι χρησιμοποιείται ως μέσο ανάπτυξης φυτών, το pH που συνιστάται είναι στο επίπεδο 6,5. Τα θρεπτικά στοιχεία και το νερό εφαρμόζονται με σύστημα σταγόνων. Τα θρεπτικά στοιχεία προσφέρονται στα φυτά είτε με την εφαρμογή ενός πλήρους θρεπτικού διαλύματος είτε με την ανάμιξη των στοιχείων μαζί με το υπόστρωμα κατά την προετοιμασία του πριν τη μεταφύτευση. Το πριονίδι όπως και κάποια άλλα γνωστά υποστρώματα, τοποθετούνται σε σάκους, σε γλάστρες, σε κανάλια ή αλίες (Ολύμπιος, 1994). Μίγμα το οποίο περιέχει 25% ή και περισσότερο άμμο ή χρησιμοποιώντας στρώμα πάχους 2 εκ. απολυμασμένης άμμου πάνω από το στρώμα του πριονιδιού ή χρησιμοποιώντας σχετικά λεπτό

πριονίδι σε ανάμιξη με ξύσματα ξύλου, εξασφαλίζουν πιο ομοιόμορφη κατανομή της υγρασίας στο υπόστρωμα. Το πριονίδι μπορεί να αναμειχθεί με φυλλόχωμα (προέρχεται από την αποσύνθεση φύλλων πάνω στο χώμα) για την δημιουργία υποστρωμάτων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή σποροφύτων ή μοσχευμάτων. Το πριονίδι μόνο του ή σε μείγματα με άμμο έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία στην καλλιέργεια αγγουριάς (Maas and Adamson, 1972). Τα φυτά της αγγουριάς συμπεριφέρονται πολύ καλά όταν αναπτύσσονται σε όγκο 30 λίτρων πριονίδι ανά φυτό ενώ τα φυτά της τομάτας έδωσαν πολύ καλά αποτελέσματα και με 10 λίτρα ανά φυτό (Maas and Adamson, 1972). Μετά τη μεταφύτευση συνιστάται να εφαρμόζεται θρεπτικό διάλυμα όπου η σύσταση (mg/l) του φαίνεται παρακάτω :  
N:168, P:37, K:209, Mg:50, Ca:165, Fe:1,7, Mn:0,54, B:0,46, Zn:0,11, Cu:0,03, Mo:0,02.(Ολύμπιος, 1994).

Ένα από τα πλεονεκτήματα που έχει το πριονίδι ξύλου είναι το χαμηλό του κόστος σε μερικές περιοχές, η αποτελεσματικότητά του και το γεγονός ότι μπορούν να καλλιεργηθούν δύο συνεχόμενες καλλιέργειες χωρίς την ανάγκη απολύμανσης (Ολύμπιος, 1994).

Νωπά φυτικά υπολείμματα ξύλου, όπως το πριονίδι και το ροκανίδι, χρησιμοποιούνται σπάνια μόνα τους ως υποστρώματα ανάπτυξης φυτών ενώ χρησιμοποιούνται ως μέσο ανάπτυξης για την ριζοβολία μοσχευμάτων. Συνήθως αποτελεί συστατικό των υποστρωμάτων σε ποσοστό λιγότερο από 50%. Το πριονίδι αποτέλεσε μέσο ανάπτυξης σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες στην Αλμπέρτα του Καναδά για αρκετές δεκαετίες. Αυτό οφείλονταν στο χαμηλό κόστος αλλά και στην σχετικά υψηλή παραγωγή ανά φυτό. Όμως, λόγω αποδόμησης του πριονιδιού, διαταράσσονται οι φυσικές ιδιότητες του, με αποτέλεσμα να συγκρατεί πολύ υγρασία και να δημιουργούνται παράλληλα ασφυκτικές συνθήκες (έλλειψη οξυγόνου) (Savidov, 2005). Για το λόγο αυτό, συχνά χρησιμοποιούνται μείγματα πριονιδιού με ανόργανα υλικά (π.χ. ζεόλιθο, περλίτης κτλ) (Savidov, 2005).

## 1.4 Κριτήρια αξιολόγησης οργανικού υλικού

Τα κριτήρια αξιολόγησης ενός οργανικού υλικού (Χουλιάρας, 2010) είναι:

- Περιεκτικότητα σε συνολική οργανική ουσία
- Είδος οργανικών ουσιών και βιοαποδομησιμότητα
- Περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά
- Σχέση C/N
- pH
- Άλατα
- Βαριά μέταλλα

Στους Πίνακες 1.1, και 1.2 περιγράφονται τα χαρακτηριστικά και οι χρήσεις για το πριονίδι (Χουλιάρας, 2010).

**Πίνακας 1.1.** Χαρακτηριστικά του πριονιδιού

Ιδιότητες	Περιγραφή
Σύσταση	C=50%, λιγνίνη=20%, N=0,2%, ανόργανα=1%
pH	4,2 -6
Συγκράτηση υγρασίας	Μεγάλη (ασφυκτικό υλικό)
ΙΑΚ	Μεγάλη
Χρήση	Υλικό κομποστοποίησης (διάρκεια ζύμωσης 6-12 μήνες). Εφαρμογή σε εδάφη κηπευτικών καθαρό ή σε μίγματα
Διάρκεια χρήσης	2- 6 καλλιέργειες
Αξιολόγηση υλικού	<ul style="list-style-type: none"><li>• ελαφρύ υλικό,</li><li>• μεγάλη συγκράτηση υγρασίας</li><li>• Απαιτεί μακρά προετοιμασία,</li><li>• Ετερογενές με πιθανές προσμίξεις ανεπιθύμητες,</li><li>• μεγάλη τιμή C/N,</li><li>• συμπιέζεται ταχύτατα</li><li>• απολυμαίνεται δύσκολα</li></ul>

**Πίνακας 1.2.** Γενικές πληροφορίες για το πριονίδι

Σχέση C\N στο πριονίδι	242
Σχέση C\N στο φρέσκο πριονίδι	208
Σχέση C\N στο ξηρό πριονίδι	511
% ανοργανοποίηση N	-187
Ποσότητα υγρασίας που συγκρατείται ανά Kg υλικού στρώμης (Kg H <sub>2</sub> O\Kg στρώμης)	4,4
Περιγραφή, απαιτήσεις όσον αφορά τη σύνθεση και συνθήκες χρήσεως	Από ξύλο που δεν έχει υποστεί χημική επεξεργασία μετά την υλοτόμηση

Η σύσταση των οργανικών λιπασμάτων σε περιεκτικότητα σε οργανική ουσία αλλά και στα κυριότερα θρεπτικά στοιχεία όπως το N, P, K Ca και Mg φαίνεται στον Πίνακα 1.3 (Χουλιάρας, 2010).

**Πίνακας 1.3.** Ενδεικτική σύσταση οργανικών λιπασμάτων (%)

	<b>Οργανική ουσία</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>
Κομπόστα από κοπριά Βοοειδών	50	0,06	0,005	0,005	0,6	
Πράσινα φύκη σε σκόνη	60	0,9	0,14	1,9	1,2	1
Πριονίδια	90	0,2				
Ζουμί τσουκνίδας (10%)	0,15	0,07	0,003	0,021	0,026	
Ξηρή τσουκνίδα	50	23,3	1,07	7	8,76	2,6
Στάχτη κωνοφόρων	-	-	5,9	11,5	44,9	
Γκουανό	50	6	12	2	12	1
Στεγνή κοπριά ορνίθων	30-70	3-4	3-5	2,3	7-14	1-3
Στεγνή κοπριά βοοειδών	45	1,6	1,5	4,2	4,1	
Στεγνή κοπριά (μίγμα προβάτων και αλόγων)	84	4,5	0,8	2,6	2,9	0,3

Χωνεμένη & ξηρή κοπριά προβάτων	62	2,4	0,7	1,9		
Οργανικό λίπασμα εμπορίου (τυχαίο δείγμα)	54	4,2	0,5	1,4		
Βινάσσα υγρή (οινοπνευματοποιίας)	29	3,2	0,05	6,1		
Τριφύλλια (χλωρή λίπανση)	17	0,6	0,1	0,3		
Άχυρα	90	0,4	0,1	1,5		
Τύρφη Ξανθή	90	0,5-2,0	0,01	0,04		
Υπολείμματα μανιτοκαλλιέργειας	60	0,7	0,2	0,6		
Υποπροϊόντα εκκοκκισμού βάμβακος	33	0,3	0,2	1,3		
Υποπροϊόντα χημικής αποχλώωσης βαμβακιού	73	1,4	0,06	1,1		
Ιλύς βιολογικού καθαρισμού (Λάρισας)	19	2,8	1,01			
Αιματάλευρο	60-70	12	1,5	0,8 1		
Τρίχες ζώων	80	3-11	0,2	1,7		
Φτερά πουλιών	75	12				
Κρεατάλευρο	65-75	10-12				
Ιχθυάλευρο	4-10	3				
Μαλλί	3-9	0,5	2			
Οστεάλευρο	30	4-5	8	0,2	27	

## 1.5 Χρήση πριονιδιού στην αύξηση / ανάπτυξη των φυτών – πρόσφατες μελέτες

Μια σειρά από μελέτες που πραγματοποιήθηκαν από διάφορες ερευνητικές ομάδες (Worrall, 1976; Riviere and Milhau, 1984; Raviv, 1986; Bunt 1988; Miller and Jones, 1995) ανέδειξαν τη χρήση του συνδυασμού φρέσκων και κομποστοποιημένων υπολειμμάτων ξύλου ως μέσον ανάπτυξης. Σε πρόσφατη μελέτη έγινε η περιγραφή της χρήσης του εργοστασιακού πριονιδιού από τους Benoit και Ceustermans 1995.

Το μη κομποστοποιημένο πριονίδι και ροκανίδι (όπου συνήθως αναφέρονται ως υπολείμματα ξύλου) είναι φτηνό υλικό και εύκολα διαθέσιμο λόγω της εκτενής ανάπτυξης της βιομηχανίας ξύλου στα περισσότερα μέρη του κόσμου. Τα θρύμματα ξύλου μπορούν εύκολα να παραχθούν και να εμπλουτισθούν με N, ώστε να μειωθούν τα τυχόν φαινόμενα έλλειψης N κατά την διάρκεια μιας καλλιέργειας, λόγω της ακινητοποίησης του N (Gruda and Schnitzler 1999). Το μέσο ανάπτυξης (κομπόστα) μανιταριών είναι επίσης ένα παράγωγο του ξύλου, όπου δέχεται 2 επιπρόσθετα στάδια: μια σύντομη, ελεγχόμενη αερόβια αποδόμηση καθώς και μια περίοδο καλλιέργειας/ανάπτυξης των μανιταριών, όπου έχει ως αποτέλεσμα την επιπρόσθετη αποδόμηση.

Τα νωπά υπολείμματα ξύλου χρησιμοποιούνται σπάνια αυτούσια ως μέσο ανάπτυξης φυτών, αν και μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως μέσο ριζοβολίας μοσχευμάτων. Συνήθως, τα υπολείμματα ξύλου χρησιμοποιούνται σε ορισμένες αναλογίες μέσα σε ένα μείγμα (συνήθως λιγότερο από 50%) για την παρασκευή υποστρωμάτων. Σύμφωνα με πολυετή έρευνα από τους Poole και συνεργάτες το 1981 (όπως αναφέρεται από τον Χ. Ολύμπιο 1994), συνέστησαν ότι το ποσοστό συμμετοχής του πριονιδιού στο μέσο ανάπτυξης για την καλλιέργεια φυλλωδών φυτών δεν πρέπει να υπερβεί το 20%. Στην περίπτωση του βιομηχανικά επεξεργασμένου πριονιδιού, ο εμπλουτισμός με N είναι, εντούτοις, διαφορετικός, ενώ σημαντικά αποδεκτά αποτελέσματα βρέθηκαν σχετικά με αυτό (Gruda and Schnitzler, 1997). Η χρήση των υπολειμμάτων ξύλου ως συστατικό σε υποστρώματα ανάπτυξης φυτών, έχει οδηγήσει σε ιδιαίτερα μεταβαλλόμενα αποτελέσματα. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η χρήση αυξημένης αναλογίας φρέσκου πριονιδιού στα υποστρώματα οδήγησε σε καλή συμπεριφορά των φυτών (Haynes and Goh 1997; Bugbee, 1999; Sawan et al., 1999). Σε άλλες περιπτώσεις, δεν βρέθηκαν ενθαρρυντικά αποτελέσματα (Hicklenton, 1983).



Εντούτοις, παρά τις επιπρόσθετες αυξημένες δαπάνες, είναι ιδιαίτερα επιθυμητό να χρησιμοποιούνται κομποστοποιημένα υπολείμματα ξύλου, για τους παρακάτω λόγους:

Η υγρασία, η θερμοκρασία και η θρεπτική κατάσταση μέσα σε ένα μέσο αύξησης είναι ευνοϊκοί παράγοντες στη αποσύνθεση των υπολειμμάτων ξύλου. Αντίθετα από το φλοιό, τα υπολείμματα ξύλου που προέρχονται από τα εσωτερικά μέρη του δέντρου και έχουν λιγότερη αντοχή στην αποσύνθεση, η περιεκτικότητά τους σε λιγνίνη είναι χαμηλότερη και η αναλογία C\N είναι υψηλότερη από ότι στο φλοιό. Στην πραγματικότητα, βρέθηκαν εξαιρετικά υψηλές τιμές C\N (π.χ. 6138, από Goh and Haynes, 1977). Κατά συνέπεια, η κατανάλωση αζώτου και οξυγόνου με την αποσύνθεση των μικροοργανισμών από ξύλο που προέρχεται από το εσωτερικό του δέντρου, είναι μεγαλύτερη από εκείνα του φλοιού (αν και τα μαλακά ξύλα ακινητοποιούν λιγότερο άζωτο από τα σκληρά ξύλα). Αυτή η κατανάλωση μπορεί να οδηγήσει σε έντονη ανεπάρκεια ή ακόμα και συνθήκες αντίξοες σε υποστρώματα που περιέχουν υπολείμματα ξύλου. Μια πληθώρα ερευνητών έχουν αναφέρει την ακινητοποίηση του αζώτου σε υλικά που περιέχουν φρέσκα υπολείμματα ξύλου (π.χ. Handreck, 1992a, Sharman and Whitehouse, 1993). Αυτή η ακινητοποίηση αζώτου μπορεί να αντισταθμιστεί από την πρόσθετη εφαρμογή αζώτου, αλλά θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το επιπλέον κόστος που δημιουργείται. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η ακινητοποίηση άλλων θρεπτικών ουσιών, όπως αυτή του φωσφόρου (Handreck, 1996) θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και να εξετάζεται. Έμμεση επίδραση, μπορεί να είναι η ανεπάρκεια οξυγόνου που μπορεί να δημιουργηθεί κατά την ανάπτυξη φυτών σε υποστρώματα που περιέχουν πριονίδι (Bowen, 1983). Επίσης, η έλλειψη οξυγόνου ήταν πιθανώς η αιτία της φτωχής ριζοβολίας των μοσχευμάτων όταν δεν χρησιμοποιούνταν η υδρονέφωση (Mesen et al, 1997).

Οι φυσικές ιδιότητες των νωπών υπολειμμάτων ξύλου δεν είναι ευνοϊκές για τα μέσα ανάπτυξης φυτών: τα υπολείμματα ξύλου έχουν το πολύ υψηλό (42%) αεροικανότητα (AFP-air filled porosity) και ένα πολύ χαμηλό (3,8%) εύκολα διαθέσιμο νερό (EAW-easily available water) (Goh and Haynes, 1977).

Σε πολλές περιπτώσεις, τα υπολείμματα ξύλου παρουσίασαν φαινόμενα φυτοτοξικότητας (Worrall, 1976; Mass, 1981) κυρίως λόγω της απελευθέρωσης διαφόρων φαινολικών ενώσεων (Politycka et al., 1985).

Όλα τα προαναφερθέντα μειονεκτήματα μπορούν να διορθωθούν σε μεγάλο βαθμό με την κατάλληλη κομποστοποίηση. Η ακινητοποίηση του αζώτου μειώνεται πολύ, η αναλογία μεταξύ του AFP και EAW αλλάζει προς ένα υψηλότερο EAW, ενώ το AFP παραμένει ακόμα μέσα σε βέλτιστα όρια (Mbah and Odili, 1998) και η περισσότερη φυτοτοξικότητα εξαφανίζεται (Worrall, 1978).

Η κατάσταση μέσα σε ένα μέσο ριζοβολίας είναι διαφορετική από αυτήν του μέσου ανάπτυξης φυτών. Το μέσο συνεχώς πλένεται (ξεπλένεται) με μεγάλη ποσότητα νερού που αφαιρεί τις υπερβολικές φυτοτοξικές ενώσεις. Ελλείψει των ριζών, η θρεπτική κατάσταση δεν είναι ζήτημα και το υψηλό AFP είναι ένα σαφές πλεονέκτημα. Επιπλέον, οι φαινολικές ενώσεις (κυρίως *o*-diphenols) απελευθερώνονται από το φρέσκο ξύλο (Selwa and Lipecki, 1993) και είναι γνωστοί συμπαράγοντες ριζοβολίας, και προκαλούν το σχηματισμό επιπλέον και επίκτητου ριζικού συστήματος. Αυτό μπορεί να είναι ένας λόγος για την επιτυχή χρήση των νωπών υπολειμμάτων ξύλου για τη ριζοβολία των μοσχευμάτων (Ofori et al., 1996; Shiembo et al., 1996). Η παραλλακτικότητα στην ριζοβολία προσδιορίστηκε από τους Selwa και Lipecki (1993) ενώ ένα μεγάλο μέρος της βιβλιογραφίας αναφέρει ότι η διαφορετική πηγή των υπολειμμάτων ξύλου, μπορεί να προκαλεί αυτήν την παραλλακτικότητα. Οι θρεπτικές ανάγκες των φυτών που αναπτύσσονται σε υποστρώματα με υπολείμματα ξύλου έχουν προσδιοριστεί από ερευνητές ενώ ιδιαίτερη είναι η συμβολή του Handreck, όσο αφορά την ανάπτυξη του δείκτη ελάττωσης αζώτου (NDI) ως μέσο αξιολόγησης των θρεπτικών αναγκών σε καλλιέργειες που αναπτύσσονται σε μέσα με υψηλή ικανότητα ακινητοποίησης N, όπως συμβαίνει στα υπολείμματα ξύλου (Handreck, 1992a, b).

Η κομπόστα που έγινε από βοθρολύματα ή αστικά απόβλητα και με υπολείμματα ξύλου χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη μια μεγάλης ποικιλίας καλλιεργειών στο έδαφος ή σε υποδοχείς (Gouin 1993; Freeman and Cawthon 1999).

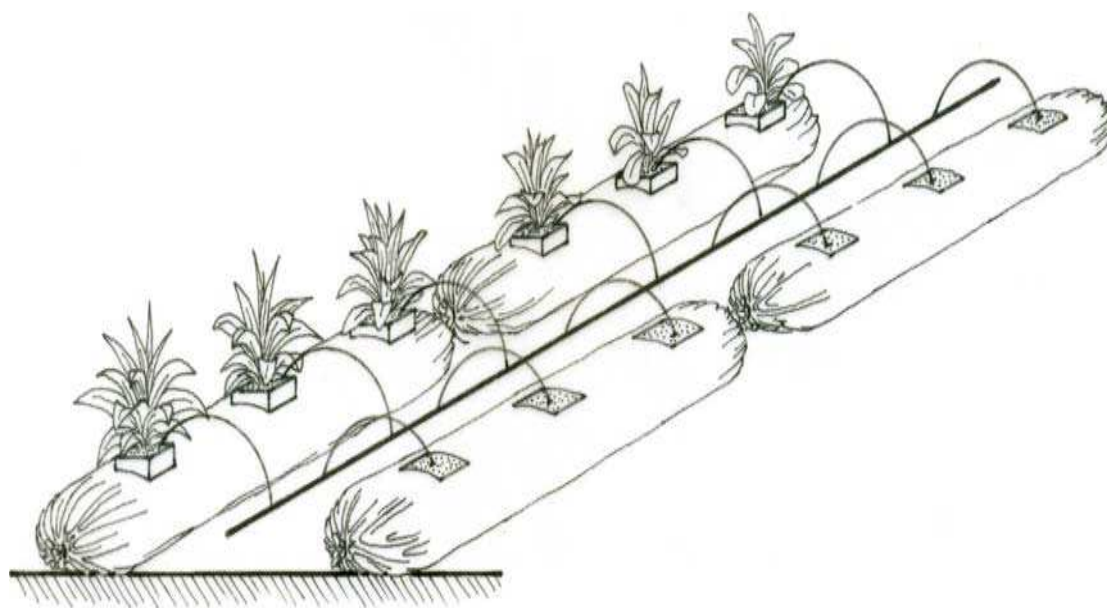
Τα υπολείμματα ξύλου δεν είναι αποστειρωμένα και στην πραγματικότητα, μπορούν να συμβάλουν ακόμα και στην αύξηση παθογόνων της ρίζας εάν δεν είναι κατάλληλα κομποστοποιημένα. Οι υψηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης αλλά και η αποστείρωση ελαττώνουν τα παθογόνα, ενώ η περαιτέρω αποστείρωση

μεταξύ των κυκλικών-διαδοχικών καλλιεργειών δεν συστήνεται λόγω των αρνητικών επιδράσεων στις φυσικές ιδιότητες του υλικού. Τα υπολείμματα ξύλου μπορούν εύκολα να ανακυκλωθούν μέσω της δευτεροβάθμιας εφαρμογής κομποστοποίησης ή εφαρμογής στο έδαφος.

## Κεφάλαιο 2. Υδροπονικές καλλιέργειες

### 2.1 Ορισμός της υδροπονίας

Η υδροπονία είναι μία μέθοδος καλλιέργειας φυτών εκτός εδάφους, σύμφωνα με την οποία οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται είτε σε στερεά υποστρώματα εμποτισμένα με τεχνητό θρεπτικό διάλυμα, είτε απευθείας στο θρεπτικό διάλυμα από το οποίο τα φυτά απορροφούν τις απαραίτητες για την ανάπτυξη τους ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων (Τζωρτζάκης, 2009).



**Εικόνα 2.1.** Καλλιέργεια σε σάκους με υπόστρωμα οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στο δάπεδο του θερμοκηπίου με συνέπεια το απορρέον θρεπτικό διάλυμα να χάνεται στο έδαφος (ανοιχτό υδροπονικό σύστημα) (Σάββας, 2007).

**Πίνακας 2.1.** Ιστορική εξέλιξη καλλιεργειών εκτός εδάφους (Σάββας, 2007).

Έτος	Ερευνητής	Γεγονός - ορόσημο
1859 – 61	Sachs, Knop	Πρώτα πειράματα με καλλιέργεια εκτός εδάφους (υδροκαλλιέργειες)
1916	McCall	Πρώτα πειράματα με καλλιέργεια σε άμμο
1929	Gericke	Πρώτες προσπάθειες εμπορικής καλλιέργειας φυτών εκτός εδάφους

1937	Gericke	Εισαγωγή του όρου Laurie (1931), Eaton (1936), Shive & Robins (1937), Moulard and Stoughton (1939), Arnon and Hoagland (1940)) «υδροπονία» (hydroponics)
1930 – 40	Laurie (1931), Eaton (1936), Shive & Robins (1937), Moulard and Stoughton (1939), Arnon and Hoagland (1940)	Εκτεταμένη ερευνητική δραστηριότητα στις υδροπονικές καλλιέργειες (Θρέψη φυτών, Ανάπτυξη συστήματα καλλιέργειας)
1941 – 46	U.S.A. Army	Μεγάλης κλίμακας παραγωγή λαχανικών σε υδροπονία από Αμερικανικό στρατό.
1951	Jacobson	Εισαγωγή χηλικού σιδήρου ως πηγής Fe στα θρεπτικά διαλύματα
1970 – 79	Cooper	Εισαγωγή Nutrient Film Technique (NFT) για εμπορική παραγωγή στο θερμοκήπιο
1970 – 80	Verwer, Ottoson, etcc	Εισαγωγή πετροβάμβακα ως υποστρώματος καλλιέργειας

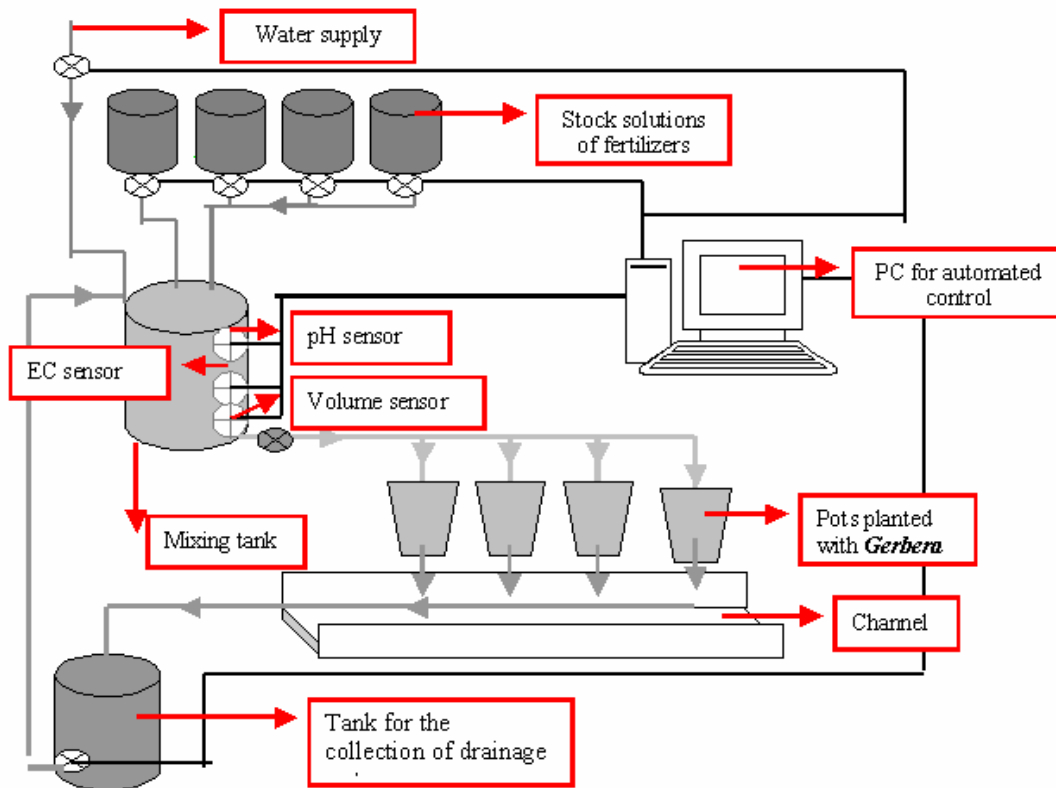
## 2.2 Ταξινόμηση συστημάτων για καλλιέργειες εκτός εδάφους

### 2.2.1 Ταξινόμηση συστημάτων για καλλιέργειες εκτός εδάφους ανάλογα τον τρόπο διαχείρισης των απορροών

Σε αυτή την περίπτωση διακρίνουμε τα ανοιχτά και τα κλειστά συστήματα καλλιέργειας εκτός εδάφους όπου:

- Στα ανοιχτά συστήματα καλλιέργειας εκτός εδάφους η περίσσεια του θρεπτικού διαλύματος απορρέει από τον χώρο των ριζών και διαφεύγει στο περιβάλλον (Σάββας, 2007).
- Στα κλειστά συστήματα καλλιέργειας εκτός εδάφους (Εικόνα 2.2), η περίσσεια του θρεπτικού διαλύματος, στραγγίζει και απομακρύνεται από το περιβάλλον της ρίζας μετά από την παροχή του στην καλλιέργεια, συλλέγεται

και συμπληρώνεται με νερό, θρεπτικά στοιχεία και ξαναχρησιμοποιείται (Σάββας, 2007).



Εικόνα 2.2. Κλειστό σύστημα καλλιέργειας εκτός εδάφους (Σάββας, 2007).

### 2.2.2. Ταξινόμηση υδροπονικών συστημάτων καλλιέργειας ανάλογα την τεχνική που χρησιμοποιείται

Η ταξινόμηση των υδροπονικών συστημάτων καλλιέργειας ανάλογα με την τεχνική που χρησιμοποιείται φαίνεται παρακάτω:

- Στατική Αεριζόμενη Τεχνική,
- Τεχνική «Άμπωτης-Παλίρροια»,
- Τεχνική Βαθείας ροής,
- Τεχνική Ροής Αεριζόμενου Διαλύματος,
- Τεχνική Λεπτής Στρώσης,
- Τεχνική Στάγδην Άρδευσης,
- Τεχνική Ψεκασμού Ριζόσφαιρας,
- Τεχνική Νέφωσης Ριζόσφαιρας (Αγουρίδας, 2006).

### 2.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα υδροπονικής καλλιέργειας

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της υδροπονίας καταγράφονται παρακάτω:

Ριζική αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκαλούν στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες οι μεταδιδόμενες μέσω του εδάφους ασθένειες,

- Δεν υφίστανται ανάγκη για απολύμανση του εδάφους και παράλληλα μειώνεται δραστικά η ανάγκη εφαρμογής φυτοφαρμάκων,
- Μέσω της μεταπήδησης στην υδροπονία λύνεται το πρόβλημα της χαμηλής γονιμότητας που εμφανίζουν πολλά εδάφη θερμοκηπίου,
- Ιδιαίτερα χρήσιμη είναι η υδροπονία όταν το χρησιμοποιούμενο για άρδευση νερό έχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα,
- Στις υδροπονικές καλλιέργειες το κόστος θέρμανσης είναι μειωμένο,
- Έχει αποδειχθεί ότι η καλλιέργεια τόσο σε υποστρώματα όσο και σε θρεπτικό διάλυμα (π.χ. NFT) επιφέρει σημαντική πρωίμιση,
- Στις υδροπονικές καλλιέργειες η θρέψη των φυτών είναι πολύ πιο ακριβής, μπορεί να ελέγχεται και να εποπτεύεται καλύτερα και με μεγαλύτερη αξιοπιστία και επίσης μπορεί να διορθώνεται με μεγαλύτερη ευκολία και ταχύτερα σε περίπτωση που έχει γίνει κάποιο λάθος,
- Η καλλιέργεια των φυτών εκτός εδάφους απαλλάσσει τον καλλιεργητή από τις εργασίες της προετοιμασίας του εδάφους (όργωμα, φρεζάρισμα, βασική λίπανση κλπ) με αποτέλεσμα, αφενός μεν να μειώνονται οι ανάγκες σε εργατικά και αφετέρου να είναι δυνατή η φύτευση νέας καλλιέργειας αμέσως μετά την απομάκρυνση της προηγούμενης,
- Οι καλύτερες φυσικοχημικές ιδιότητες των υποστρωμάτων σε σύγκριση με το έδαφος, η αριστοποίηση της θρέψης και η διατήρηση υψηλότερων θερμοκρασιών στο ριζόστρωμα κατά τη διάρκεια της ψυχρής εποχής του έτους έχουν σαν τελικό αποτέλεσμα την αύξηση των αποδόσεων. Οι αποδόσεις των υδροπονικών καλλιεργειών είναι κατά μέσο όρο 15-20% υψηλότερες, σε σχέση με καλλιέργειες που γίνονται σε γόνιμα, καλής ποιότητας εδάφη,
- Η δυνατότητα αποτελεσματικότερης προστασίας του περιβάλλοντος όταν η καλλιέργεια λαμβάνει χώρα σε κλειστό υδροπονικό σύστημα. Χάρη στη δυνατότητα συνεχούς ανακύκλωσης του θρεπτικού διαλύματος, όλα τα

λιπάσματα που χορηγούνται στην καλλιέργεια αξιοποιούνται από τα φυτά με συνέπεια να μη διαφεύγουν κάποιες ποσότητες στο περιβάλλον και το επιβαρύνουν (Τζωρτζάκης, 2009).

Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα της υδροπονίας καταγράφονται παρακάτω:

- Το κόστος της αρχικής εγκατάστασης μίας υδροπονικής μονάδας είναι σημαντικό,
- Η εμφάνιση των δυσμενών επιδράσεων ενός λανθασμένου χειρισμού είναι πιο γρήγορη και συχνά πιο έντονη στις υδροπονικές καλλιέργειες,
- Η εφαρμογή υδροπονίας σε μια θερμοκηπιακή μονάδα προϋποθέτει ότι ο επικεφαλής της επιχείρησης θα πρέπει να διαθέτει ένα ελάχιστο μορφωτικό επίπεδο,
- Στα κλειστά υδροπονικά συστήματα υφίστανται κίνδυνος εύκολης εξάπλωσης μίας μόλυνσης μέσω του ανακυκλωμένου θρεπτικού διαλύματος εφόσον προσβληθεί ένα φυτό, και τέλος,
- Ορισμένοι παραγωγοί παραπονιούνται ότι στα ανοιχτά υδροπονικά συστήματα η κατανάλωση λιπασμάτων είναι αυξημένη σε σύγκριση με το έδαφος (Τζωρτζάκης, 2009).

#### **2.4 Χαρακτηριστικά υποστρωμάτων που χρησιμοποιούνται σε καλλιέργειες εκτός εδάφους**

Τα χαρακτηριστικά που πρέπει να πληρούν τα υποστρώματα αναφέρονται από τον Ολύμπιο (1994), είναι τα ακόλουθα:

- Αδρανές
- pH ουδέτερο
- υψηλό πορώδες
- χαμηλής πυκνότητας υλικό
- υδρόφιλο
- απαλλαγμένο από βρωμιές, βαρέα μέταλλα και ραδιενεργά στοιχεία
- να χρησιμοποιείται στη φυσική του μορφή χωρίς ανάγκη για επεξεργασία
- να μπορεί να εξορυχτεί ή παραχθεί από βιομηχανία
- να έχει σταθερή ποιότητα



- να έχει διάρκεια ζωής τουλάχιστον 3 χρόνια
- να είναι εύκολο στη χρήση του
- χαμηλού κόστους
- να επανακυκλώνεται ή να καταστρέφεται χωρίς προβλήματα
- ανθεκτικό στις επαναλαμβανόμενες αποστειρώσεις χωρίς την αλλαγή ή καταστροφή της ποιότητας του
- απαλλαγμένο από φυτονόσους.

Μεταξύ των υποστρωμάτων τα οποία διαθέτουν τα πλείστα από τα πιο πάνω χαρακτηριστικά είναι ο περλίτης, ο πετροβάμβακας, το σφουγγάρι πολυουρεθάλης, οι κόκκοι αργίλου, η ελαφρόπετρα, η τύρφη, η άμμος κ.α (Ολύμπιος, 1994).

## 2.5 Επιλογή υποστρωμάτων

Ένα πολύ σημαντικό θέμα στην καλλιέργεια εκτός εδάφους, είναι η επιλογή του υποστρώματος που θα χρησιμοποιηθεί. Η επιλογή αυτή γίνεται με βάση κάποια κριτήρια (Ολύμπιος, 1994) τα οποία αναφέρονται παρακάτω:

- Αγρονομικά χαρακτηριστικά του υποστρώματος
- Τεχνικό επίπεδο μελλοντικής καλλιέργειας
- Συνθήκες καλλιέργειας οι οποίες μπορούν να προσφερθούν
- Επίδραση του υποστρώματος στην ευπάθεια της καλλιέργειας στα παθογόνα.
- Οικονομική κατάσταση επιχείρησης
- Επιστημονική στήριξη και το επίπεδο μόρφωσης των καλλιεργητών
- Διαθεσιμότητα του υποστρώματος
- Κόστος υποστρώματος
- Επίδραση του υποστρώματος στο περιβάλλον
- Προοπτικές εμπορίας των παραγομένων προϊόντων σε καλές τιμές.

## 2.6 Περιγραφή υποστρωμάτων

Υπάρχουν διάφορα υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται ως υποστρώματα (Χονδράκη, 2009) σε υδροπονική καλλιέργεια και τα οποία αναφέρονται παρακάτω:

- Ένας τρόπος είναι η **καλλιέργεια σε άμμο** όπου σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιείται συνήθως η κρυσταλλική άμμος. Με την καλλιέργεια σε άμμο τα φυτά τροφοδοτούνται με θρεπτικό διάλυμα μέσω ενός συνηθισμένου συστήματος στάγδην άρδευσης. Πλεονεκτεί σε σχέση με άλλα υποστρώματα διότι παρέχει καλύτερο αερισμό στο ριζικό σύστημα των φυτών, έχει φτηνότερο κόστος κτήσης της και θεωρητικά έχει απεριόριστη διάρκεια ζωής.
- Ένας άλλος τρόπος είναι η **καλλιέργεια σε χαλίκι** του οποίου η χημική σύσταση ποικίλει και εξαρτάται από το μητρικό πέτρωμα από το οποίο προέρχεται. Αυτός ο τρόπος χρησιμοποιείται σε μόνιμες κατασκευές στο θερμοκήπιο. Η καλλιέργεια σε χαλίκι συνιστάται μόνο σε κλειστό υδροπονικό σύστημα γιατί σαν υπόστρωμα έχει πρακτικά μηδενική ανταλλαγή κατιόντων και αμελητέα ικανότητα συγκράτησης νερού.
- Άλλη είναι η **καλλιέργεια σε πετροβάμβακα**, όπου είναι το πιο διαδεδομένο διεθνώς υπόστρωμα υδροπονικών καλλιεργειών. Είναι ένα ανόργανο ινώδες υλικό το οποίο παράγεται με θερμική επεξεργασία ενός μείγματος που αποτελείται κατά 20% από ασβεστόλιθο και 20% από άνθρακα. Στη γεωργία χρησιμοποιούνται συνήθως ορθογώνιες πλάκες, για καλλιέργεια των φυτών μετά από μεταφύτευση. Επειδή ο πετροβάμβακας θεωρείται ότι είναι ένα χημικά αδρανές υλικό, η θρέψη των φυτών μπορεί να ελέγχεται και ρυθμίζεται πλήρως μέσω της χορήγησης θρεπτικού διαλύματος κατάλληλης σύστασης.
- Μία άλλη περίπτωση είναι η **καλλιέργεια σε περλίτη**, ο οποίος είναι ένα ηφαιστιακό υαλώδες αργιλλοπυριτικό πέτρωμα λευκού χρώματος και περιέχει κρυσταλλικό νερό σε ποσοστό 2-6%. Το πρωτογενές ορυκτό όταν θερμανθεί στους 1200-1300<sup>0</sup>C διογκώνεται και σχηματίζει μία αφρώδη μάζα δεκαπλάσιου έως εικοσαπλάσιου περίπου όγκου από τον αρχικό. Η ιδιότητα του αυτή χρησιμοποιείται από τη βιομηχανία για τη δημιουργία ενός κοκκώδους υλικού με πλούσιο πορώδες, το οποίο έχει μεγάλη ικανότητα

συγκράτησης νερού. Μπορεί να τοποθετηθεί σε σάκους αλλά και σε γλάστρες. Μπορεί να απλωθεί μέσα σε υδρορροές οι οποίες έπειτα καλύπτονται από πάνω με φύλλο πλαστικό πολυαιθυλενίου. Μία ποσότητα 2-5 λίτρων περλίτη ανά φυτό είναι επαρκής για την καλλιέργεια των κυριότερων φυτών.

- Ένας άλλος τρόπος καλλιέργειας είναι η **καλλιέργεια σε ελαφρόπετρα**. Η χρήση της ελαφρόπετρας ως υπόστρωμα σε καλλιέργεια εκτός εδάφους συνεχώς επεκτείνεται αν και βρισκόταν υπό δοκιμή για μεγάλο διάστημα. Η ελαφρόπετρα είναι ανόργανο υλικό, έχει χαμηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα, έχει απεριόριστη διάρκεια ζωής εξασφαλίζει καλό αερισμό στις ρίζες των φυτών, είναι πορώδες και υδρόφιλη επομένως συγκρατεί την υγρασία και τα θρεπτικά συστατικά και τα αποδίδει σταδιακά στα φυτά. Μεγάλο πλεονέκτημα είναι η χαμηλή της τιμή. Ένα επίσης πλεονέκτημα της ελαφρόπετρας είναι πως έχει επιδείξει άριστη καλλιεργητική συμπεριφορά σε διάφορα πειράματα που έχουν γίνει μέχρι σήμερα σε τομάτα τριανταφυλλιά κ.α.
- Η **καλλιέργεια σε τύρφη** είναι το πιο συνηθισμένο οργανικό υπόστρωμα που χρησιμοποιείται για την καλλιέργεια φυτών εκτός εδάφους. Η τύρφη είναι φυσικό υλικό και προέρχεται από της αποδόμηση της υδροχαρούς βλάστησης που φύεται σε ελώδεις περιοχές και γενικότερα σε υγροτόπους. Γενικά υπάρχουν δύο τύποι τύρφης, η ξανθιά και η μαύρη τύρφη.
- Και τέλος, η **καλλιέργεια σε coco soil** το οποίο είναι ένα οργανικό υλικό όπου τα χαρακτηριστικά του το καθιστούν κατάλληλο για τον τομέα της γεωπονίας και διεγείρει ένα οικολογικό τρόπο παραγωγής. Παράγεται από ίνες από το φλοιό καρύδας και κοκκοφοίνικα. Αυτό το οργανικό υλικό προσφέρει τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης του και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως βελτιωτικό εδάφους. Ένα άλλο χαρακτηριστικό του coco soil είναι πως περιέχει τον μύκητα Trichoderma ο οποίος ανταγωνίζεται τις ασθένειες του εδάφους.

## **2.7 Φλοιός πεύκου και άλλα οργανικά υλικά που έχουν δοκιμαστεί σαν υποστρώματα σε υδροπονική καλλιέργεια**

Ο φλοιός πεύκου ο οποίος προέρχεται από τα είδη *Pinus pinaster* και *Pinus radiata* αποτελεί καλό υπόστρωμα για την ανάπτυξη των φυτών. Δύο είναι τα μεγέθη των κόκκων τα οποία είναι κατάλληλα για να χρησιμοποιηθούν σαν υπόστρωμα καλλιέργειας, ο λεπτός φλοιός με μέγεθος <1 cm και ο χοντρός φλοιός με διαστάσεις κόκκων 5 x 3 x 0,5 cm. Μετά τη μεταφύτευση θα ήταν καλή πρακτική η τοποθέτηση αποστειρωμένης άμμου σε πάχος 2 cm, πάνω από το υπόστρωμα του φυτού. Αυτή η τακτική βοηθά στην ομαλή κατανομή του θρεπτικού διαλύματος στον όγκο του υποστρώματος και αποφεύγεται η κατακόρυφη ροή του. Αποτελέσματα πειραμάτων με τη χρήση φλοιού πεύκου που αναφέρονται στα φυσικά χαρακτηριστικά και στην ικανότητα απόπλυσης δημοσιεύτηκαν και από τους Hanan et al. (1981). Εκτός από την τύρφη, το πριονίδι και τον φλοιό πεύκου, έχουν δοκιμαστεί και άλλα οργανικά υλικά όπως ίνες κοκκοκαρύδας, φλοιοί ρυζιού, φλοιός ραφίας, άχυρο από διάφορα αγρωστώδη φυτά κ.α.. Ο φλοιός δρυός έχει χρησιμοποιηθεί με μεγάλη επιτυχία.

Υπάρχει ένας μεγάλος κατάλογος κομποστοποιημένων οργανικών υλικών τα οποία έχουν μελετηθεί για χρήση ως υποστρώματα καλλιέργειας όπως είναι οι κομπόστες από φύλλα ελιάς, στελέχη και βλαστοί από βαμβάκι, αμπελόβερρες, φλοιοί από διάφορα δένδρα, κομποστοποιημένα προϊόντα υπονόμων, ελαιοτριβείων, σκουπιδιών, κοπριάς πουλερικών, κ.α. (Ολύμπιος, 1994).

## **2.8 Χαρακτηριστικά υλικών που χρησιμοποιούνται σε καλλιέργειες εκτός εδάφους.**

Τα πιο συνηθισμένα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των συστημάτων καλλιέργειας εκτός εδάφους είναι το πολυαιθυλένιο, το πολυπροπυλένιο, το PVC (πολυβινλοχλωρίδιο), το φελιζόλ, το αλουμίνιο, ο χάλυβας, οι κυματοειδής πλάκες αμιάντου (ελενίτ) και το μπετόν. Τα υλικά πρέπει να έχουν μία σημαντική διάρκεια ζωής. Όπως αναφέρεται στο βιβλίο του κ. Ολύμπιου (1994) οι τεχνικές προδιαγραφές που πρέπει να πληρούν τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή συστημάτων είναι οι παρακάτω:

- Να είναι στεγανά κατά τη λειτουργία και να υπάρχει η δυνατότητα μέτρησης πιθανών διαρροών
- Δεν πρέπει τα υλικά να προκαλούν τοξικές καταστάσεις (αέρια, ιόντα κ.τ.λ)
- Αντοχή στην αποστείρωση με ατμό, υπεριώδη ακτινοβολία και χημικά απολυμαντικά
- Να υπάρχει η δυνατότητα ανακύκλωσης των υλικών μετά τη χρήση τους
- Χαμηλού κόστους

Οι τεχνικές αυτές προδιαγραφές προτείνονται για την Ολλανδία, μπορούν όμως να προταθούν και να έχουν εφαρμογή και για άλλες χώρες χωρίς κανένα ιδιαίτερο πρόβλημα (Ολύμπιος, 1994).

## **2.9 Καλλιέργεια σε NFT**

Το σύστημα NFT (Nutrient Film Technique = Τεχνική λεπτής θρεπτικής στοιβάδας ροής) είναι μία υδροπονική μέθοδος καλλιέργειας φυτών, στην οποία δε γίνεται καθόλου χρήση στερεού υποστρώματος. Οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται μέσα σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα, το οποίο όμως είναι τρεχούμενο. Το NFT είναι ένα κλειστό υδροπονικό σύστημα, δεδομένου ότι το θρεπτικό διάλυμα ανακυκλώνεται συνεχώς και επαναχρησιμοποιείται. Μία εγκατάσταση NFT αποτελείται από ένα σύστημα παράλληλα τοποθετημένων υδρορροών (καναλιών), μέσα στις οποίες κυλάει θρεπτικό διάλυμα με ρυθμό ροής περίπου 2-3 λίτρων ανά λεπτό, από το σύστημα παρασκευής και διανομής του θρεπτικού διαλύματος στις υδρορροές, καθώς και από τις εγκαταστάσεις συλλογής του διαλύματος από τις υδρορροές ανακύκλωσης του. Μέσα σε κάθε υδρορροή τοποθετούνται τα φυτά σε καθορισμένες αποστάσεις μεταξύ τους. Οι υδρορροές είναι συνήθως κατασκευασμένες από σκληρό πλαστικό πολυαιθυλενίου ή από PVC ή από άλλη πλαστική ύλη ή ακόμα και από γαλβανισμένο μέταλλο. Έχουν πλάτος 15-30 cm ανάλογα με το είδος του καλλιεργούμενου φυτού. Οι αποστάσεις μεταξύ των παράλληλα τοποθετημένων υδρορροών αντιστοιχούν στις αποστάσεις μεταξύ των γραμμών φύτευσης που επιλέγονται να εφαρμοστούν στην εκάστοτε καλλιέργεια. Για να είναι δυνατή η ροή του διαλύματος μέσα στις υδρορροές, αυτές θα πρέπει να έχουν κλίση γύρω στο 1,5-2% κατά μήκος. Το θρεπτικό διάλυμα, από την κεντρική εγκατάσταση παρασκευής

του μεταφέρεται αρχικά στον χώρο ανάπτυξης των φυτών μέσω των σωλήνων κατάλληλης διατομής ( $\Phi_{50}$ ,  $\Phi_{60}$ ) και στη συνέχεια διανέμεται σε μικρότερους σωλήνες οι οποίοι τον οδηγούν στην αρχή κάθε υδρορροής. Αφού εισαχθεί στις υδρορροές, χάρις στην κλίση τους το διάλυμα αρχίζει να ρέει μέσα στην κοίτη τους. Κατά τη διάρκεια της ροής του το διάλυμα διαβρέχει τις ρίζες των φυτών και ένα μέρος του απορροφάται από αυτές. Το υπόλοιπο μέρος του διαλύματος διατρέχει όλη την υδρορροή κατά μήκος και αφού φτάσει στο τέλος της, απορρέει και μέσω ειδικά τοποθετημένων σωλήνων ή υδρορροών συλλέγεται και συγκεντρώνεται όλο μαζί σε κάποιο ειδικό δοχείο. Από το δοχείο αυτό το διάλυμα οδηγείται ξανά στην κεντρική μονάδα παρασκευής και διανομής του διαλύματος, είτε μέσω μίας αντλίας, είτε μέσω ελεύθερης ροής, εφόσον υπάρχει υψομετρική διαφορά. Εκεί, το συλλεγμένο διάλυμα συμπληρώνεται με νερό και θρεπτικά στοιχεία ώστε να αποκτήσει ξανά τις επιθυμητές τιμές pH και ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) και επαναχρησιμοποιείται (Χονδράκη, 2009).

## **2.10 Καλλιέργεια σε σάκους (growth bags)**

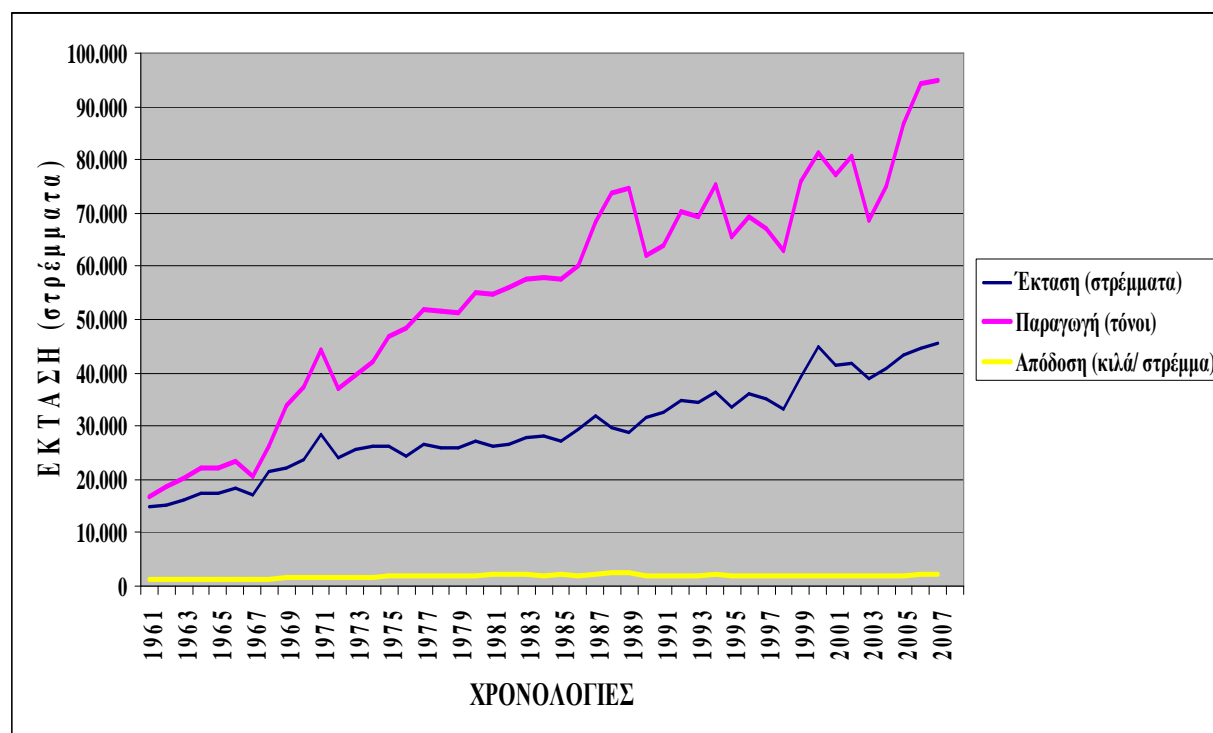
Οι σάκοι που χρησιμοποιούνται στη υδροπονική καλλιέργεια κηπευτικών αλλά και ανθοκομικών φυτών κατασκευάζονται από μαλακό πλαστικό πολυαιθυλένιο διπλής όψεως συνήθως (μαύρο εσωτερικά και γαλακτώδες εσωτερικά). Το πλαστικό αυτό συνήθως παράγεται με τη μορφή του σωλήνα τυλιγμένο σε ρολό των 25 cm περίπου και το πλάτος του πεπιεσμένου σωλήνα (όχι διάμετρος σωλήνα) κυμαίνεται από 30-40 cm. Το μήκος του σάκου κυμαίνεται από 1-1,20 m. Στη συνέχεια οι σάκοι τοποθετούνται σε διπλές γραμμές κατά την κατεύθυνση της μεγάλης διάστασης τους, και σε επαφή μεταξύ τους με απόσταση μεταξύ των γραμμών (από άξονα σε άξονα σάκων) 0,80 m. Η απόσταση μεταξύ των διπλών γραμμών (από τον άξονα της μιας από τις δύο γραμμές μέχρι τον άξονα της πρώτης γραμμής σάκων της επόμενης διπλής γραμμής) είναι γύρω στο 1,20 m. Το υπόστρωμα που χρησιμοποιείται εξαρτάται από τη μορφή της καλλιέργειας που θέλουμε να πραγματοποιήσουμε. Σε περίπτωση καθαρά υδροπονικής καλλιέργειας χρησιμοποιείται σκέτος περλίτης (1-5 mm) ενώ σε άλλες περιπτώσεις το υπόστρωμα αποτελείται κυρίως από μείγμα οργανικών υλικών και κυρίως από ξανθιά τύρφη μαύρη τύρφη σε διάφορα composts. Η στράγγιση των σάκων γίνεται με 4 ή 6 μικρές οπές στην κάτω πλευρά του κάθε σάκου (2 οπές αντίστοιχα κάτω από κάθε φυτό). Μετά από κάθε άρδευση-λίπανση,

για την κάλυψη των αναγκών των φυτών για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, με τριχοειδή αναρρόφηση (Μανιός και Μανιαδάκης, 2006).

### Κεφ.3.Καλλιέργεια μαρουλιού

#### 3.1 Εξέλιξη καλλιέργεια μαρουλιού

Στο Σχήμα 3.1 απεικονίζεται η έκταση της καλλιέργειας μαρουλιού σε συνάρτηση με τη παραγωγή και την απόδοση τα τελευταία 40 χρόνια στην Ελλάδα. Παρατηρείται αύξηση της παραγωγής και της έκτασης με την πάροδο του χρόνου, και μια σταθερότητα στην απόδοση της καλλιέργειας ανά στρέμμα.



**Σχήμα 3.1.** Απεικόνιση της έκτασης, της παραγωγής και της απόδοσης της καλλιέργειας μαρουλιού στην Ελλάδα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το μαρούλι, αποτελεί φυτό 'μοντέλο' για τα φυλλώδη λαχανικά, όπως αντίστοιχα αποτελεί η τομάτα για τα κηπευτικά μεγάλης ανάπτυξης, για την διεξαγωγή πολλών πειραματικών μελετών με στόχο την προσέγγιση και κατανόηση περιπτώσεων σε πειράματα θρέψης, προσαρμογής σε ειδικά μικροπεριβάλλοντα, σε πειράματα καταπονήσεων και οξειδωτικού στρες, σε υδροπονικές μελέτες για αξιολόγηση υποστρωμάτων κτλ. Λόγω της εκτενούς μελέτης του μαρουλιού, καλλιεργείται με την πλέον εντατική μορφή καλλιέργειας, με διάφορες μορφές υδροπονίας (Nutrient Film Technique –NFT, Αεροπονία και την



Επιπλέον υδροπονία) με σημαντικά οικονομικά οφέλη και βελτίωση της ποιότητας του παραγόμενου προϊόντος.

### 3.2 Βοτανικά χαρακτηριστικά

Το μαρούλι ανήκει στην κατηγορία των δικοτυλήδων και συγκεκριμένα στην οικογένεια *Asteraceae*. Ανήκει στο γένος *Lactuca* και είδος *Sativa*. Το καλλιεργούμενο μαρούλι ή μαρούλι το εδάδιμο ή ήμερο είναι διπλοειδές και έχει 18 χρωμοσώματα  $2n=18$ . Σε κανονικές συνθήκες είναι φυτό μακράς ημέρας, που σημαίνει ότι δε θα παράγει ανθικό στέλεχος και άνθη, εφόσον η διάρκεια της ημέρας δεν ξεπεράσει κατά πολύ τις 12 ώρες φωτός (Ολύμπιος, 2001). Το καλλιεργούμενο μαρούλι είναι φυτό ποώδες και μονοετές με ρίζα πασσαλώδη, η οποία κατά τη μεταφύτευση καταστρέφεται για να αναπτυχθεί αργότερα ένα επιπόλαιο θυσσανώδες ριζικό σύστημα. Τα φύλλα σχηματίζονται από ένα βραχύ στέλεχος και είναι πλατιά, με επιφάνεια λεία ή κυματοειδή, χρώματος πράσινου ή πρασινοκίτρινου και σε μερικές ποικιλίες με απόχρωση κόκκινη, ενώ το μέγεθος και το σχήμα ποικίλει ανάλογα την ποικιλία. Τα φύλλα είναι πολύ κοντά το ένα στο άλλο κατά τρόπο που να σχηματίζουν κατά την ανάπτυξη του φυτού σφαιροειδή ή προμήκη.



**Εικόνα 3.1.** Απεικόνιση φυτού μαρουλιού, σφαιροειδής μορφής, στα μέσα της ανάπτυξης του.

Κατά την εποχή της αναπαραγωγής το στέλεχος του φυτού επιμηκύνεται φτάνοντας συνήθως το ύψος των 0,8-1,2 m και σχηματίζει διακλαδώσεις, οι οποίες καταλήγουν

σε ταξιανθίες με 15-25 ερμαφρόδιτα άνθη η καθεμιά. Τα άνθη είναι μικρά, κίτρινου χρώματος με στεφάνη από 5 ενωμένα πέταλα και 5 στήμονες που σχηματίζουν σωλήνα γύρω από το στύλο. Ο τελευταίος είναι εφοδιασμένο με λεπτές τρίχες και φέρει δίλοβο στίγμα, το οποίο είναι επιδεκτικό επικονίασης μόνο για μερικές ώρες το πρωί. Η αυτογονιμοποίηση είναι ο κυριότερος τρόπος γονιμοποίησης των ανθέων ενώ σπάνια συμβαίνει να σταυρογονιμοποιηθούν μερικά άνθη. Ο σπόρος είναι μικρός, επιμήκης, ενώ το χρώμα διαφοροποιείται ανάλογα την ποικιλία και εφοδιασμένος με πάππο (φούντα) από λεπτές και λευκές τρίχες.



**Εικόνα 3.2.** Απεικόνιση σπόρων μαρουλιού.

### 3.3 Έδαφος και κλιματικές συνθήκες

Το μαρούλι, ως φυτό ψυχρής εποχής, ευδοκimeί καλύτερα στη χώρα μας κατά την περίοδο του φθινόπωρου μέχρι την άνοιξη ενώ όπως προαναφέρθηκε είναι φυτό μεγάλης ημέρας. Γενικώς τα μαρούλια και ιδιαιτέρως τα κεφαλωτά απαιτούν χαμηλές θερμοκρασίες κυρίως κατά τη περίοδο σχηματισμού της κεφαλής. Ειδάλλως, αν σχηματιστεί η κεφαλή, αυτή θα είναι μάλλον χαλαρή και η γεύση των φύλλων υπόπικρη. Ως προς το έδαφος το μαρούλι είναι λιγότερο απαιτητικό. Αναπτύσσεται και αποδίδει ικανοποιητικά σε διάφορους τύπους εδαφών, οπωσδήποτε όμως ευδοκimeί καλύτερα σε γόνιμα, μέσης σύστασης εδάφη. Ιδιαιτέρως απαιτητικό σε εδαφική υγρασία είναι το κεφαλωτό μαρούλι, η υπερβολική όμως υγρασία του εδάφους μπορεί να προκαλέσει ασθένειες και ιδίως τη σκληρωτινίαση. Εδάφη συνεκτικά-βαριά, τα οποία συγκρατούν υγρασία, είναι περισσότερο κατάλληλα για καλλιέργεια στις θερμότερες εποχές, ενώ τα ελαφρύτερα εδάφη θα εξυπηρετούσαν καλύτερα χειμερινές καλλιέργειες. Ως προς την οξύτητα των εδαφών, καταλληλότερα

εδάφη είναι τα ουδέτερα ή τα ελαφρώς όξινα (pH 6-7). Περισσότερο όξινα εδάφη δεν είναι ευνοϊκά για το μαρούλι και πρέπει να διορθώνονται με ενσωμάτωση της αναγκαίας ποσότητας ασβεστίου. Επίσης πρέπει να αποφεύγονται και τα πολύ αλκαλικά εδάφη, στα οποία τα φυτά μπορούν να παρουσιάσουν χλώρωση. Δροσερή θερμοκρασία, δηλαδή 12-15°C βοηθά στην άριστη ανάπτυξη των φυτών. Τα μαρούλια παθαίνουν ζημιά κάτω από -5°C, ενώ υψηλές θερμοκρασίες δηλαδή 21-26°C την εποχή σχηματισμού της κεφαλής προκαλούν επιμήκυνση του στελέχους και πίκρυνση των φύλλων. Η άριστη θερμοκρασία είναι 15-18°C και όχι μεγαλύτερη από 24°C (Ολύμπιος, 1994). Οι σπόροι φυτρώνουν άριστα σε θερμοκρασία εδάφους 5-25°C.



**Εικόνα 3.3.** Απεικόνιση σποροφύτων μαρουλιού.

Τα επίπεδα γονιμότητας του εδάφους πρέπει να είναι επαρκή όσον αφορά το άζωτο (N), το φώσφορο (P) και το κάλιο (K) καθώς επίσης και για δευτερεύοντα στοιχεία. Το μαρούλι παρουσιάζει μικρή ευαισθησία στη υψηλή αλατότητα του εδάφους. Η αλατότητα έχει γενικότερα αρνητική επίδραση στη γονιμότητα των εδαφών με αποτέλεσμα την περιορισμένη αύξηση και ανάπτυξη των φυτών. Το έδαφος για τη καλλιέργεια του μαρουλιού πρέπει να είναι εύθρυπτο και απαλλαγμένο από σβόλους. Οι συμβατικές πρακτικές οργώματος τείνουν να συμπιέσουν το έδαφος με συνέπεια τη μείωση διείσδυσης των ριζών και του ύδατος μέσα σε αυτό. Για να αποφευχθεί τυχόν πρόβλημα συμπίεσης, κατά τη διάρκεια του οργώματος το έδαφος θα πρέπει να είναι σχετικά στεγνό, ευκατέργαστο. Στη περίπτωση που κατά την άρδευση

χρησιμοποιούνται σταλάκτες είναι προτιμότερο το επιφανειακό όργανο. Εδαφοκάλυψη με μαύρο πλαστικό κατά μήκος των γραμμών φύτευσης πριν τη τοποθέτηση των φυτών βοηθάει στη μείωση του πληθυσμού των ανεπιθύμητων ζιζανίων που δρουν ανταγωνιστικά στην καλλιέργεια, συμβάλει στην εξοικονόμηση υγρασίας αλλά και θέρμανση του εδάφους εφόσον αυτό είναι επιθυμητός παράγοντας. Για εμπορική καλλιέργεια πριν τη τοποθέτηση των φυτών πραγματοποιείται η βασική λίπανση και παρέχεται αρκετό νερό στο έδαφος. Η επιφανειακή λίπανση πραγματοποιείται κατά την διάρκεια της ανάπτυξης των φυτών.

### 3.4 Θρεπτική αξία

Η κεφαλή του μαρουλιού περιέχει περίπου 94% νερό, 1,6% πρωτεΐνες, 2% υδατάνθρακες και 0,2% λίπη, είναι δε πλούσια σε βιταμίνη Α και C και δευτερευόντως σε B<sub>1</sub> και B<sub>2</sub>. Η περιεκτικότητα σε θρεπτικά στοιχεία ποικίλει και εξαρτάται από το χρώμα των φύλλων. Τα εξωτερικά φύλλα πράσινου χρώματος έχουν περισσότερη αξία από τα υπόλευκα εσωτερικά. Τέλος τα πρόσθετα θρεπτικά και άλλα οφέλη υγείας μπορούν να προέλθουν από τα διάφορα βιολογικά ενεργά, ενώσεις όπως το γλωρογενές οξύ που μπορεί να συμβάλει στις αντικαρκινολογικές ιδιότητες. Το μαρούλι τύπου 'Ρωμάνα' (Cos ή Romaine) είναι πιο θρεπτικό από τους κεφαλωτούς τύπους μαρουλιού, αφού έχει μεγαλύτερη ποσότητα βιταμίνης Α και C.

**Πίνακας 3.1.** Ποσότητα στοιχείων, κατά προσέγγιση, ανά 100 γραμμάρια φαγώσιμου προϊόντος (φύλλα)

Στοιχεία	Κεφαλωτό μαρούλι (Butterhead)	Τύπος Μαρουλιού Ρωμάνα (Cos or Romaine)	Κατσαρό κεφαλωτό (Crisphead)
Ενέργεια (θερμίδες)	11	16	11
Νερό (gr)	96	94	95
Πρωτεΐνες (gr)	1.2	1.6	0.8
Λίπη(gr)	0.2	0.2	0.1
Υδατάνθρακες (gr)	1.2	2.1	2.3
Βιταμίνη Α (IU)	1200	2600	300
B1 (mg)	0.07	0.10	0.07

<b>B2 (mg)</b>	0.07	0.10	0.03
<b>C (mg)</b>	9	24	5
<b>Νιασίνη (mg)</b>	0.4	0.5	0.3
<b>Άλατα Ca (mg)</b>	40	36	13
<b>Fe (mg)</b>	1.1	1.1	1.5
<b>Mg (mg)</b>	16	6	7
<b>P (mg)</b>	31	45	25

Πηγή Howard et. al., (1962)

### 3.5 Καλλιεργητική πρακτική

Η καλλιεργητική πρακτική στο μαρούλι περιλαμβάνει την άρδευση, τη λίπανση, την πυκνότητα και την εποχή φύτευσης καθώς επίσης και τον έλεγχο των ζιζανίων, εντόμων και ασθενειών. Μια σχετικά νέα πρακτική για το μαρούλι όσον αφορά την άρδευση, είναι η χρήση της επιφανειακής ή κάτω από την επιφάνεια άρδευσης μέσω σταλάκτη. Με αυτό τον τρόπο ελαχιστοποιείται η χρήση του νερού, γιατί η τοποθέτηση του σταλάκτη γίνεται μόνο στη ζώνη της ρίζας. Συνήθως η πρώτη άρδευση πραγματοποιείται με ψεκαστήρες για την προώθηση της βλάστησης ενώ το υπόλοιπο του νερού κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής των φυτών παρέχεται μέσω σταλάκτων. Οι αλληλεπιδράσεις αζώτου και νερού μπορούν να είναι ιδιαίτερα σημαντικές στα συστήματα που χρησιμοποιούνται σταλάκτες. Στις περισσότερες σύγχρονες φυτείες μαρουλιού τα χημικά λιπάσματα χρησιμοποιούνται με διάφορες μορφές για να καλυφθούν οι θρεπτικές ανάγκες. Η βασική λίπανση περιλαμβάνει και τα τρία σημαντικά στοιχεία, το N, τον P και το K ή μπορεί να γίνει εφαρμογή μόνο P και K. Το N γίνεται όλο και περισσότερο σημαντικό κατά τη διάρκεια ανάπτυξης των φυτών και προστίθεται αρκετές εβδομάδες πριν τη συγκομιδή. Στο θερμοκήπιο τα φυτά φυτεύονται σε ζεύγη γραμμών (απόσταση γραμμών ζεύγους 0,5 m απόσταση φυτών επί της γραμμής 0,25 m και πλάτος διαδρομής 1,2 m) με τοποθέτηση ενός σταλάκτη ανά φυτό και το βάθος του ριζικού συστήματος πρέπει να είναι 45-60 cm. Η ποσότητα σπόρου που χρησιμοποιείται είναι 110-120 γραμμάρια/στρέμμα. Τέλος ο χρόνος βλάστησης είναι 7 ημέρες από τη σπορά.

### 3.6 Πρόσφατες μελέτες καλλιέργειας μαρουλιού σε υδροπονία

Τα τελευταία χρόνια άρχισε και στην Ελλάδα η καλλιέργεια του μαρουλιού σε υδροπονικά συστήματα με κυρίαρχο το NFT. Το μαρούλι θεωρείται μία σχετικά εύκολη καλλιέργεια σε υδροπονικά συστήματα (Ολύμπιος, 2001).

Πρόσφατες έρευνες σε επιπλέουσα υδροπονία και σε στερεά υποστρώματα έχουν δείξει ότι η καλλιέργεια μαρουλιού, προωθεί την αύξηση και την πρωίμηση της παραγωγής κάτω από σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες, ενώ υστερεί σε σχέση με τα στερεά υποστρώματα κάτω από υψηλές θερμοκρασίες (Κώτσιρας κ.α., 2009).

Όσον αφορά τη σύσταση των θρεπτικών διαλυμάτων σε καλλιέργεια μαρουλιού σε σύστημα Βαθεία Θρεπτική Στοιβάδα (DFT-Deep Flow Technique), έχει βρεθεί ότι η χαμηλή συγκέντρωση νιτρικού αζώτου ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) μείωσε το βάρος του μαρουλιού, τον αριθμό των φύλλων καθώς και την φυλλική επιφάνεια. Ακόμη, οι υψηλές συγκεντρώσεις σιδήρου (Fe) προκάλεσαν ξήρανση κορυφής. Η αύξηση της ποσότητας Fe ή η ελάττωση των επιπέδων  $\text{NO}_3\text{-N}$  δεν έδειξαν να έχουν ιδιαίτερη σημασία στην απόδοση της παραγωγής (Keat et al., 1999).



**Εικόνα 3.4.** Καλλιέργεια μαρουλιού σε σύστημα NFT.



**Εικόνα 3.5.** Καλλιέργεια μαρουλιού σε σύστημα NFT.



**Εικόνα 3.6.** Καλλιέργεια μαρουλιού σε σύστημα επιπλέουσας υδροπονίας.

### 3.7 Εχθροί και ασθένειες

Μυκητολογικές ασθένειες που έχουν βρεθεί στο μαρούλι είναι η ανάπτυξη του βοτρυτί, η σκληρωτινίαση, ο περονόσπορος, και το ωίδιο. Οι εντομολογικές προσβολές που έχουν παρατηρηθεί στο μαρούλι είναι από αφίδες, αλευρώδη, θρίπας, κοχλίες, έντομα εδάφους και από κάποια λεπιδόπτερα. Εκτός από αυτές τις προσβολές από παθογόνα και έντομα υπάρχουν και οι φυσιολογικές ανωμαλίες του μαρουλιού (Ολύμπιος, 2001).



**Εικόνα 3.7.** Σήψη κεφαλής από ανάπτυξη μύκητα (*Botrytis cinerea*) σε καλλιέργεια μαρουλιού σε σύστημα NFT.

### 3.8 Σημαντικότερες ποικιλίες που διατίθενται για καλλιέργεια

Οι σημαντικότερες ποικιλίες που διατίθενται στην Ελλάδα από διάφορα οργανωμένα φυτώρια και σποροπαραγωγικούς οίκους φαίνονται παρακάτω.

- Ποικιλίες τύπου *Cos* ή *Romaine* (Κως ή Ρωμάνα)

Parris Island Cos, Gramsi, Paris White noga, Paris Cos, Fairen, Marvel.



- Ποικιλίες κεφαλωτού τυπου (*Iceberg* ή *Crisphead*)

Salinas, Great Lakes 659-700, Empire, Itatica, Brogan

- Ποικιλίες κεφαλωτού τυπου (*Butterhead*)

White Boston, Citation, Bibb, Artemis, Rachel, E 3033

- Ποικιλίες με χαλαρό ανοικτό φύλλωμα (*Looseleaf*)

Grand rapids, Prizehead, Simpson's Curled, Salad Bowl, E 9908, Terra (Ολύμπιος, 2001).

Παρακάτω αναλύονται οι δύο ποικιλίες που μελετήθηκαν στην παρούσα μελέτη:

- Η Parris Island Cos είναι η πιο διαδεδομένη ποικιλία μαρουλιού τύπου «Ρωμάνα» που καλλιεργείται στην Ελλάδα. Τα φυτά αυτής της ποικιλίας είναι όρθια και ύψους 20-25cm. Τα εσωτερικά νεαρά φύλλα σχηματίζουν κεφαλή, ενώ τα εξωτερικά έχουν ελαφρά κυματοειδές σχήμα. Το χρώμα των φύλλων είναι ελαφρά γκριζοπράσινο. Είναι μεσοπρώιμη ποικιλία κατάλληλη για φθινοπωρινή και χειμερινή καλλιέργεια και απαιτεί περίπου 70 ημέρες μέχρι τη συγκομιδή. Είναι ανεκτική στο μωσαϊκό του μαρουλιού (Εικόνα 3.8) (Ολύμπιος, 2001).



**Εικόνα 3.8.** Απεικόνιση φυτού μαρουλιού ποικιλίας *Paris Island*.

- Η Toledo είναι βελτιωμένη ποικιλία «Ρωμάνα». Φυτά μεγαλύτερου μεγέθους από την κλασική Ρωμάνα. Εξαιρετικής υφής και άριστης γεύσης. Ανεκτική στο μωσαϊκό του μαρουλιού. Συνιστάται για παραγωγή μέσα στο Χειμώνα (Εικόνα 3.9) (Ανόνημος, 2010).



**Εικόνα 3.9.** Απεικόνιση φυτού μαρουλιού ποικιλίας *Toledo*.

## **Μέρος Β.**

### **Κεφάλαιο 4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

#### **4.1 Τύπος και χρόνος διεξαγωγής του πειράματος**

Η πειραματική μελέτη αναφέρεται στην αξιολόγηση του πριονιδιού (προερχόμενη από ξύλο οξιάς και δρυς) ως υπόστρωμα ανάπτυξης σε υδροπονική καλλιέργεια δυο ποικιλιών μαρουλιού. Πραγματοποιήθηκε στο αγρόκτημα του ΤΕΙ Κρήτης στο Ηράκλειο, της Σχολής Τεχνολογίας Γεωπονίας στο θερμοκήπιο του εργαστηρίου “Καλλιέργειες εκτός εδάφους”. Η διάρκεια του πειράματος ήταν 5 εβδομάδες και πιο συγκεκριμένα από 6\11\2009 έως 21\12\2009. Μέσα στο διάστημα αυτό πραγματοποιήθηκαν, η προετοιμασία και εγκατάσταση των υποδομών του πειράματος, η ανάπτυξη της καλλιέργειας και οι μετρήσεις των φυτών (ο αριθμός των φύλλων και μήκος μεγαλύτερου φύλλου, η συνολική φυλλική επιφάνεια, τα επίπεδα χλωροφύλλης και φθορισμού των φύλλων, η φωτοσυνθετική ικανότητα, η στοματική αγωγιμότητα και η εσωτερική συγκέντρωση CO<sub>2</sub> των φύλλων, το νερό και ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος, η διακύμανση του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) του διαλύματος απορροής, η κατανάλωση νερού, θρεπτικού διαλύματος και οξέος (για την ρύθμιση του pH). Επιπλέον προσδιορίστηκε η απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων (K, Na, P).

#### **4.2 Προετοιμασία και τοποθέτηση σποροφύτων μαρουλιού**

Στις 30 Σεπτεμβρίου 2009 τοποθετήθηκαν σπόροι δύο διαφορετικών ποικιλιών μαρουλιού, Toledo Ferry – Morse USA και Clanse Paris Island Cos France, σε φυτόχωμα (Favorit Kultursubstrat) και τοποθετήθηκαν σε πλαστικούς δίσκους πολλαπλών θέσεων 48 x 27,5 cm και 36 x 26,5 cm. Σε κάθε θέση τοποθετήθηκαν 2 με 3 σπόροι ώστε να αποφευχθούν τυχόν ‘κενές’ θέσεις εφόσον κάποιοι σπόροι θα μπορούσαν να μη βλαστήσουν/εκπτυχθούν. Οι δίσκοι παρέμειναν σε σύστημα υδρονέφωσης αρχικά και στην συνέχεια μεταφέρθηκαν σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο στο θερμοκήπιο, με σκοπό την ανάπτυξη των σποροφύτων και ποτίζονταν καθημερινά, κατά την διάρκεια της ημέρας. Όταν τα σπορόφυτα απέκτησαν το κατάλληλο μέγεθος, τότε πραγματοποιήθηκε αραίωμα αυτών, όπου και παρέμεινε ένα μόνο φυτό σε κάθε θέση (Εικόνα 4.1). Τα σπορόφυτα έμειναν στους δίσκους μέχρι και στις 6 Νοεμβρίου όπου ακολούθησε η μεταφύτευσή τους, στους σάκους και στα

κανάλια NFT. Μία εβδομάδα πριν την μεταφύτευση των σποροφύτων, εφαρμόστηκε συμπληρωματική λίπανση με 18-18-18 Miller Nutrient express.



**Εικόνα 4.1.** Παραγωγή σποροφύτων μαρουλιού για τις ανάγκες της πειραματικής εργασίας.

#### **4.3 Προετοιμασία συστημάτων Υδροπονικής Καλλιέργειας σε σάκους και NFT**

Καθ' όλη τη διάρκεια ανάπτυξης των σποροφύτων στο σπορείο, πραγματοποιούνταν στο θερμοκήπιο διάφορες εργασίες καθαρισμού του θερμοκηπίου και εγκατάστασης των καναλιών. Αναλυτικότερα, πραγματοποιήθηκε το 'στήσιμο' των καναλιών με το σύστημα **H** και τοποθετήθηκαν 8 διπλά κανάλια (γαλβανιζέ λαμαρίνες) διαστάσεων 3,8 x 0,78 m. Τα κανάλια τοποθετήθηκαν με την επιθυμητή κατά μήκος κλίση 1,5 - 3%, ώστε να είναι δυνατή η ροή του διαλύματος. Χρησιμοποιήθηκαν ένα ανόργανο υλικό (περλίτης) και ένα οργανικό υλικό (πριονίδι), ως υποστρώματα ανάπτυξης φυτών σε διαφορετικές αναλογίες (Πίνακα 4.1). Συνολικά δημιουργήθηκαν τα εξής υποστρώματα: 1) πριονίδι (100%), 2) πριονίδι –περλίτης (75%-25%), 3) πριονίδι – περλίτης (50%-50%), 4) πριονίδι –περλίτης (25%-75%), 5) περλίτης (100%). Δημιουργήθηκαν λοιπόν, 5 μεταχειρίσεις (υποστρώματα) με τρεις επαναλήψεις η καθεμιά. Το κάθε υπόστρωμα σε σάκους, τοποθετήθηκε σε ξεχωριστό κανάλι (4 σάκους/κανάλι). Σε κάθε σάκο, τοποθετήθηκαν 4 φυτά, με 2 σάκους για κάθε

ποικιλία μαρουλιού. Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 8 φυτά/υπόστρωμα/επανάληψη (3 επαναλήψεις) για κάθε ποικιλία. Επιπλέον φυτά αναπτύχθηκαν σύμφωνα με το σύστημα NFT {6 κανάλια (3 για κάθε ποικιλία) με 11 φυτά σε κάθε κανάλι}.

**Πίνακας 4.1.** Αναλογίες (%) πριονιδιού και περλίτη

ΠΡΙΟΝΙΔΙ %	ΠΕΡΛΙΤΗΣ %
100	0
75	25
50	50
25	75
0	100

Επάνω στα κανάλια απλώθηκε διπλής όψης (λευκό-μαύρο) πλαστικό, με την λευκή επιφάνεια προς τα επάνω, όπου σε αυτό τοποθετήθηκαν αργότερα οι σάκοι (Εικόνα 4.2).



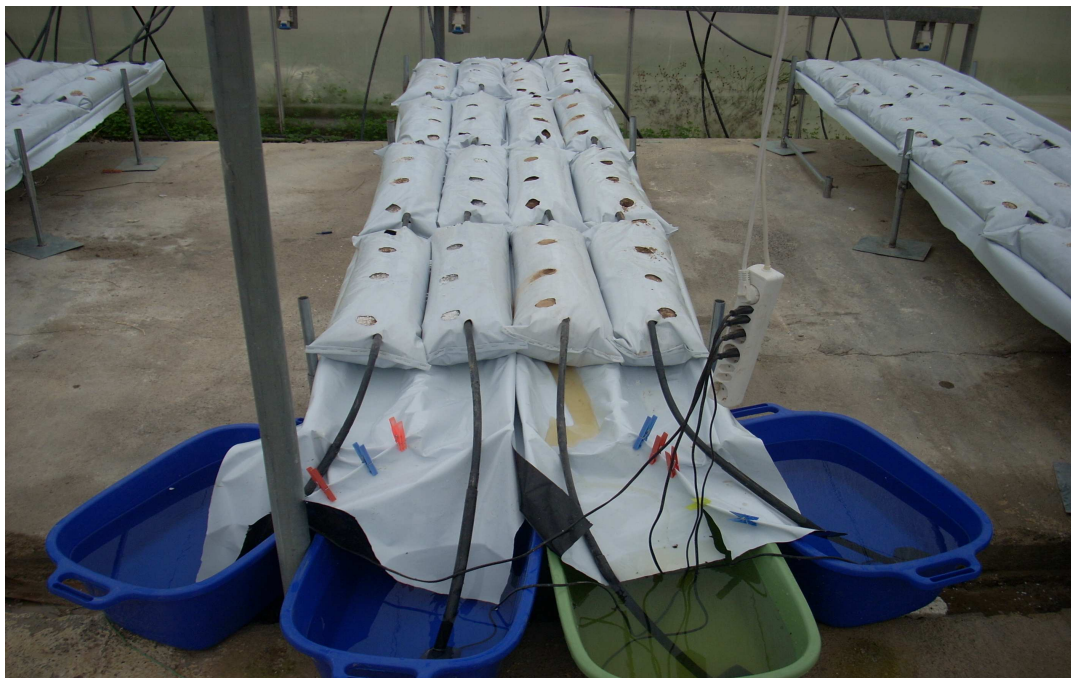
**Εικόνα 4.2.** Τοποθέτηση της λευκής όψης του πλαστικού νάιλον στην βάση της λαμαρίνας.

Οι σάκοι που χρησιμοποιήθηκαν από διπλής όψης (λευκό-μαύρο) πλαστικό είχαν μήκος 90 εκ. Πραγματοποιήθηκε γέμισμα των σάκων (με πριονίδι και περλίτη σε

διάφορες αναλογίες, βλέπε Εικόνα 4.3) και τοποθετήθηκαν στα κανάλια. Σε κάθε σάκο δημιουργήθηκαν 4 θέσεις (κάθε 20 cm) φυτών. Έγινε εγκατάσταση του συστήματος άρδευσης (στάγδην άρδευση), ενώ η απόσταση των σταλακτών ήταν ανά 40 εκ (2 σταλάκτες σε κάθε σάκο) (Εικόνα 4.4). Το σύστημα άρδευσης λειτούργησε για μια μέρα, πριν την μεταφύτευση των σποροφύτων, ώστε να διαβραχούν πλήρως τα υποστρώματα αλλά και για να διαπιστωθούν τυχόν απώλειες.



**Εικόνα 4.3.** Πριονίδι και περλίτης πριν την εισαγωγή τους στους σάκους.



**Εικόνα 4.4.** Τοποθέτηση σάκων στα κανάλια, δημιουργία τρυπών στους σάκους για την μεταφύτευση των σποροφύτων, τοποθέτηση λάστιχων και λεκάνες 35 λίτρων που χρησιμοποιήθηκαν ως δεξαμενές απορροής.

Τοποθετήθηκαν οι αντλίες στις άκρες των λάστιχων και οι 15 λεκάνες, μία για κάθε κανάλι, οι οποίες περιείχαν το θρεπτικό διάλυμα. Το θρεπτικό διάλυμα ξεκινούσε από τις λεκάνες όπου περιείχαν τις αντλίες και το μετέφεραν μέσω των λάστιχων σε όλους τους σάκους. Αφού ποτίζονταν οι σάκοι με τα φυτά, το πλεονάζον θρεπτικό διάλυμα κατέληγε πάλι στις λεκάνες και γίνονταν με αυτόν τον τρόπο η ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος. Αφού πραγματοποιήθηκε η ολοκλήρωση του συστήματος τα σπορόφυτα μεταφυτεύθηκαν στους σάκους και ξεκίνησε η διαδικασία του πρώτου ποτίσματος με το σύστημα υδροπονικής καλλιέργειας σε σάκους (Εικόνα 4.5). Σε κάθε κανάλι, οι δύο πρώτοι σάκοι περιείχαν μαρούλια της ποικιλίας Toledo και οι άλλοι δύο σάκοι της ποικιλίας Paris Island.



**Εικόνα 4.5.** Ολοκλήρωση των εργασιών με την τοποθέτηση σπορόφυτων στους σάκους και τελική εμφάνιση του πειράματος.

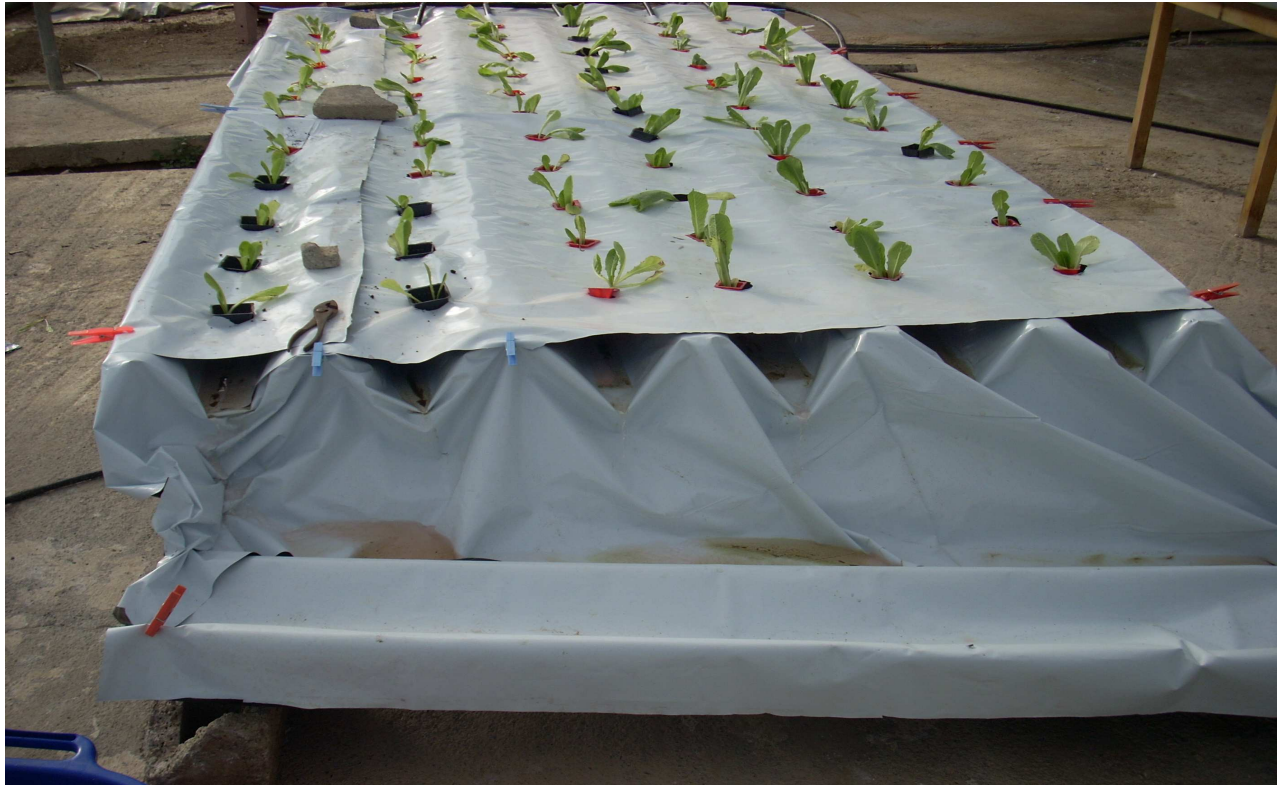
Για την προετοιμασία των καναλιών στο σύστημα NFT το οποίο δημιουργήθηκε την ίδια χρονική περίοδο με το σύστημα υδροπονικής καλλιέργειας σε σάκους, χρησιμοποιήθηκαν έξι κανάλια διαστάσεων 3,8 x 0,78 cm όπου πάνω τους τοποθετήθηκε πλαστικό το οποίο μπήκε με τέτοιο τρόπο ώστε να πάρει το σχήμα των καναλιών. Επάνω ακριβώς από αυτό, τοποθετήθηκε ένα δεύτερο πλαστικό, του

οποίου η κάτω επιφάνεια ήταν μαύρου χρώματος ώστε να διατηρείται ο χώρος του ριζικού συστήματος σκοτεινός και να εμποδιστεί η ανάπτυξη αλγών, ενώ η πάνω πλευρά ήταν λευκού χρώματος για καλύτερη αξιοποίηση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και αποφυγή της υπερθέρμανσης της ρίζας. Το πλαστικό αυτό τοποθετήθηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι τεντωμένο και στο τμήμα του πλαστικού που βρισκόταν ακριβώς απάνω από κάθε κανάλι έγιναν έντεκα θέσεις για τα φυτά. Μία μέρα πριν την μεταφύτευση τοποθετήθηκαν τα λάστιχα στα κανάλια τα οποία κατέληγαν σε δεξαμενή (βαρέλι) ανακύκλωσης που περιείχε το θρεπτικό διάλυμα. Το θρεπτικό διάλυμα μεταφέρονταν στα κανάλια μέσω μίας αντλίας και κατέληγε πάλι στο βαρέλι όπου με αυτόν τον τρόπο γινόταν η ανακύκλωση του. Στις 6 Νοεμβρίου έγινε η μεταφύτευση των σποροφύτων στο σύστημα NFT. Οι ρίζες των φυτών ξεπλύθηκαν, αφαιρέθηκε το φυτόχωμα τους, πριν μπουν στις τελικές τους θέσεις επάνω στο σύστημα. Στα τρία πρώτα κανάλια μεταφυτευτήκαν μαρούλια ποικιλίας Toledo και στα άλλα τρία κανάλια, φυτά ποικιλίας Paris Island (Εικόνες 4.6α-4.6β).



**Εικόνα 4.6α.** Τοποθέτηση σπορόφυτων στο σύστημα NFT.





**Εικόνα 4.6β.** Τοποθέτηση σπορόφυτων στο σύστημα NFT.

#### 4.4 Παρασκευή θρεπτικού διαλύματος

Για τις θρεπτικές ανάγκες της καλλιέργειας, χρησιμοποιήθηκε βασικό πυκνό (1\100) θρεπτικό υδροπονικό διάλυμα, το οποίο διαχωριζόταν σε δύο δοχεία, το δοχείο Α και το δοχείο Β χωρητικότητας 30 lit έκαστο. Τα χημικά λιπάσματα ή στοιχεία τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος ήταν για το δοχείο Α: Calcium nitrate (Νιτρικό ασβέστιο), Potassium nitrate (Νιτρικό κάλιο), Ammonium nitrate (Νιτρικό αμμώνιο), Fe-chelate (Χηλικός σίδηρος) και για το δοχείο Β: Potassium nitrate (Νιτρικό κάλιο), Magnesium sulphate (Θεικό μαγνήσιο) Magnesium nitrate (Νιτρικό μαγνήσιο) Potassium sulfate (Θεικό κάλιο) Phosphoric acid (Φωσφορικό οξύ – 86% κ.ο.) Manganese sulfate (Θεικό μαγγάνιο), Zinc sulphate (Θεικός ψευδάργυρος) Copper sulphate (Θεικός χαλκός) Boric acid (Βορικό οξύ) Ammonium heptamolybdate (Αμμωνιακό μολυβδαίνιο), 5% κ.ο., Nitric acid (Νιτρικό οξύ). Επομένως το βασικό θρεπτικό διάλυμα είχε την παρακάτω σύσταση:  $\text{NO}_3\text{-N}=14,29$ ;  $\text{K}=10,23$ ;  $\text{PO}_4\text{-P}=0,97$ ;  $\text{Ca}=3,74$ ;  $\text{Mg}=2,88$ ;  $\text{SO}_4\text{-S}=1,56$  και  $\text{Na}=1,30 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  και Β= $18,52$ ;  $\text{Fe}=71,56$ ;  $\text{Mn}=18,21$ ;  $\text{Cu}=4,72$ ;  $\text{Zn}=1,53$  και  $\text{Mo}=0,52 \text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  αντίστοιχα με επιθυμητή τιμή pH 6 και EC 1,5 dS/m.

#### **4.5 Καλλιεργητικές φροντίδες**

Μετά την τελική εγκατάσταση των φυτών στα συστήματα υδροπονικής καλλιέργειας σε σάκους και NFT πραγματοποιήθηκε καταγραφή του pH και της EC του θρεπτικού διαλύματος με φορητό πεχάμετρο \ αγωγημόμετρο. Οι μετρήσεις αυτές γινόταν κάθε 1 ή 2 ημέρες. Στόχος αυτών των μετρήσεων ήταν η διατήρηση του pH στο 6 και της EC στο 1,5 dS\m. Αν η ένδειξη της EC ήταν χαμηλότερη από την απαιτούμενη για τη σωστή ανάπτυξη των φυτών, τότε γινόταν προσθήκη επιπλέον θρεπτικού διαλύματος. Στην περίπτωση όπου το pH ήταν υψηλότερο από 6 τότε γινόταν προσθήκη αραιού νιτρικού οξέος ( 5 % κ. ο. ). Επίσης καθημερινά ελεγχόταν οι αντλίες για να τη σωστή λειτουργία τους και για τυχόν βλάβη. Κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας σημειώθηκε προσβολή από κάμπιες που αντιμετωπίστηκαν κατάλληλα με ψεκασμό ο οποίος έγινε με Permanent Stabilo (8 ml/lit) στις 26 Νοεμβρίου.

#### **4.6. Μετρήσεις και προσδιορισμοί**

Για τη μελέτη της αξιολόγησης του πριονιδιού ως υπόστρωμα ανάπτυξης σε υδροπονική καλλιέργεια δυο ποικιλιών μαρουλιού μελετήθηκαν οι παρακάτω παράμετροι.

##### **4.6.1 Μέτρηση του αριθμού των φύλλων**

Η μέτρηση του αριθμού των φύλλων πραγματοποιήθηκε δύο φορές ( ενδιάμεση στις 2\12\2009 και τελική στις 18\12\2009 κατά τη διάρκεια του πειράματος. Επιλέχτηκε από κάθε σάκο ένα φυτό έτσι ώστε να είναι αντιπροσωπευτικό το δείγμα για την κάθε μία ποικιλία.

##### **4.6.2 Μέτρηση του ύψους του φυτού**

Η μέτρηση του ύψους του φυτού έγινε με τη χρήση απλού χάρακα, όπου μετρήθηκε το ύψος του πιο ψηλού φύλλου. Οι μετρήσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν δύο φορές καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος, μία ενδιάμεση και μία τελική.

#### 4.6.3 Μέτρηση νωπού βάρους και ξηρού βάρους του υπέργειου μέρους των φυτών. Προσδιορισμός φυλλικής επιφάνειας.

Για τον προσδιορισμό του νωπού βάρους, έγινε πρώτα επιλογή των δύο πιο αντιπροσωπευτικών φυτών ανά ποικιλία και ανά κανάλι. Κατόπιν διαχωρίστηκε το υπόγειο μέρος του φυτού και το υπόλοιπο ζυγίστηκε (Εικόνα 4.7). Στη συνέχεια τα φυτά τοποθετήθηκαν σε ειδικό πυραντήριο με μηχανικό αερισμό για ξήρανση (Εικόνα 4.8). Η ξήρανση έγινε σε θερμοκρασία 70 °C για 3 ημέρες. Στην συνέχεια τα δείγματα ζυγίστηκαν πάλι και υπολογίστηκε η επί τοις εκατό περιεκτικότητα σε ξηρή ουσία. Η μέτρηση νωπού και ξηρού βάρους του υπέργειου μέρους των φυτών πραγματοποιήθηκε δύο φορές κατά τη διάρκεια του πειράματος (ενδιάμεση και τελική). Ο προσδιορισμός της φυλλικής επιφάνειας έγινε με αναγωγή του ξηρού βάρους δίσκων φύλλων συγκεκριμένης διαμέτρου σε σχέση με το ολικό ξηρό βάρος.



**Εικόνα 4.7.** Δημιουργία δειγμάτων μαρουλιού και τοποθέτηση τους σε θήκες αλουμινοχαρτού ώστε να γίνει η ξήρανση τους για τον προσδιορισμό νωπού και ξηρού βάρους.



**Εικόνα 4.8.** Ειδικό πυραντήριο για την απομάκρυνση της υγρασίας.

#### **4.6.4 Μέτρηση στα επίπεδα χλωροφύλλης και φθορισμού των φύλλων**

Ο προσδιορισμός της περιεχόμενης χλωροφύλλης στα φυτά έγινε με εξειδικευμένη συσκευή (Minolta SPAD) ενώ η ένδειξη εμφανίζονταν σε οθόνη LCD (Εικόνα 4.9). Η μέτρηση της χλωροφύλλης και του φθορισμού γινόταν πάντα στα ίδια φυτά, στα ίδια φύλλα, σε ίδιες ώρες ανά εβδομάδα. Ο προσδιορισμός του φθορισμού των φύλλων πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια ενός πρακτικού οργάνου μέτρησης, το φθορίμετρο (opti-sciences OS-30p, UK). Χρησιμοποιώντας κάποια ειδικά μανταλάκια καλύφθηκε η πάνω επιφάνεια των φύλλων για τουλάχιστον 5 λεπτά. Έπειτα χρησιμοποιώντας το φθορίμετρο μετρήθηκε το  $F_0-F_{max}$  στο πιο αντιπροσωπευτικό φύλλο κάθε φυτού. Το φθορίμετρο μπορεί να μετρήσει την ικανότητα της φωτοχημικής δράσης του φωτοσυστήματος II και να αποτελέσει αξιόπιστο δείκτη της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας του φυτού. Αυτό συμβαίνει επειδή η χλωροφύλλη εκπέμπει ερυθρό φθορισμό σε μεγάλο μήκος κύματος από 680nm-720nm που μπορεί εύκολα να μετρηθεί χρησιμοποιώντας οπτικοηλεκτρονικό εξοπλισμό.



**Εικόνα 4.9.** Αριστερά φθορίμετρο, opti-sciences OS-30p, UK και δεξιά όργανο για τη μέτρηση της χλωροφύλλης με το εξειδικευμένο όργανο Minolta SPAD.

#### **4.6.5 Μέτρηση φωτοσυνθετικής ικανότητας, στοματικής αγωγιμότητας και εσωτερικής συγκέντρωσης CO<sub>2</sub> των φύλλων**

Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε με την φορητή συσκευή υπέρυθρης ανάλυσης αερίων (model LI-6200, Li-Cor, Inc., Lincoln, NE) (Εικόνα 4.10). Οι μετρήσεις πραγματοποιούνταν το πρωί μεταξύ 9:00 – 11:00, σε πλήρως διαμορφωμένα φύλλα (2 φύλλα από 2 διαφορετικά φυτά ανά ποικιλία και ανά κανάλι), υγιή και άμεσα εκτεθειμένα στον ήλιο.



**Εικόνα 4.10.** Φορητή συσκευή υπέρυθρης ανάλυσης αερίων (model LI-6200, Li-Cor, Inc., Lincoln, NE)

#### **4.6.6 Μέτρηση pH και EC και απορρόφηση θρεπτικού διαλύματος**

Το pH και η EC καταγράφονταν κάθε μία ή δύο ημέρες με φορητό πεχάμετρο /αγωγημόμετρο (Εικόνα 4.11). Με βάση τις ενδείξεις γινόταν και οι απαραίτητες διορθώσεις στις τιμές του pH και της EC, ώστε να βρίσκονται πάντα στα επιτρεπτά για την ανάπτυξη των φυτών όρια. Οι διορθώσεις αυτές γινόταν με την προσθήκη νιτρικού οξέος για την διόρθωση του pH και την προσθήκη θρεπτικού διαλύματος για την διόρθωση της EC. Η κατανάλωση νερού και θρεπτικού διαλύματος υπολογίστηκε σε εβδομαδιαία κλίμακα.



**Εικόνα 4.11.** Φορητό πεχάμετρο και αγωγιμόμετρο (Hanna HI 98130).

#### **4.6.7 Προσδιορισμός θρεπτικών στοιχείων**

Κάθε εβδομάδα γινόταν συλλογή δείγματος από κάθε λεκάνη όπου τοποθετούταν σε μπουκαλάκια προκειμένου να πραγματοποιηθεί η ανάλυση θρεπτικών στοιχείων. Έγιναν οι στοιχειομετρικές αναλύσεις K, Na, P με τον τρόπο που αναλύεται παρακάτω και αναλυτικότερα στο Παράρτημα Α.

Ο υπολογισμός απορρόφησης θρεπτικών στοιχείων που μελετήθηκαν βασίζεται στην παρακάτω υπολογιστική προσέγγιση, για παράδειγμα του K.

Ποσότητα K, που καταναλώθηκε κατά την διάρκεια της 2η εβδομάδας = ποσότητα K στο διάλυμα απορροής την αρχή της 2ης εβδομάδας + προστιθέμενη ποσότητα K.

Η ίδια προσέγγιση γίνεται για όλα τα υπό μελέτη στοιχεία, ανά εβδομάδα.

## Προσδιορισμός Καλίου

Για τον προσδιορισμό του Κ χρησιμοποιήθηκε φλογοφωτόμετρο (JENWAY, ΑΓΓΛΙΑ) όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.12. Η συγκέντρωση του Κ, για τα διαλύματα απορροής υπολογίστηκε, αφού είχε χρησιμοποιηθεί διάλυμα γνωστής συγκέντρωσης Κ, όπως αναφέρεται στο Παράρτημα Α.



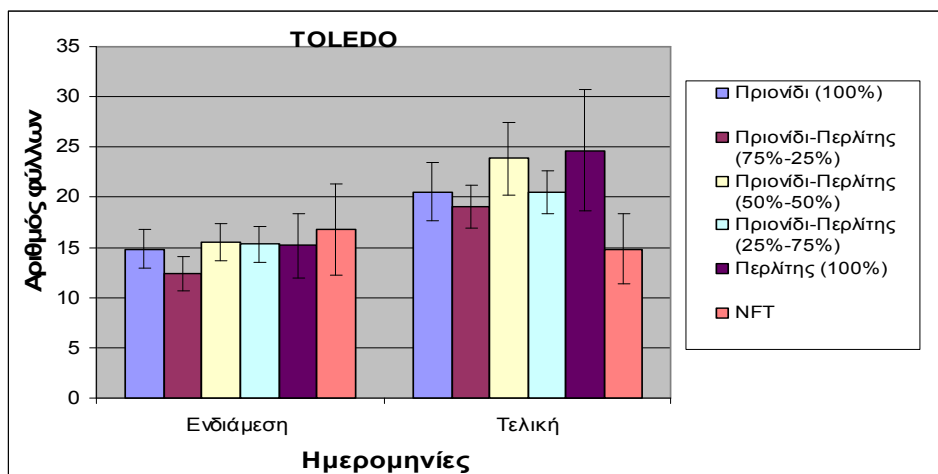
Εικόνα 4.12. Φλογοφωτόμετρο για την στοιχειομετρική ανάλυση Κ.

## Προσδιορισμός Νατρίου

Για τον προσδιορισμό του Na χρησιμοποιήθηκε ομοίως φλογοφωτόμετρο (βλέπε και Παράρτημα Α).

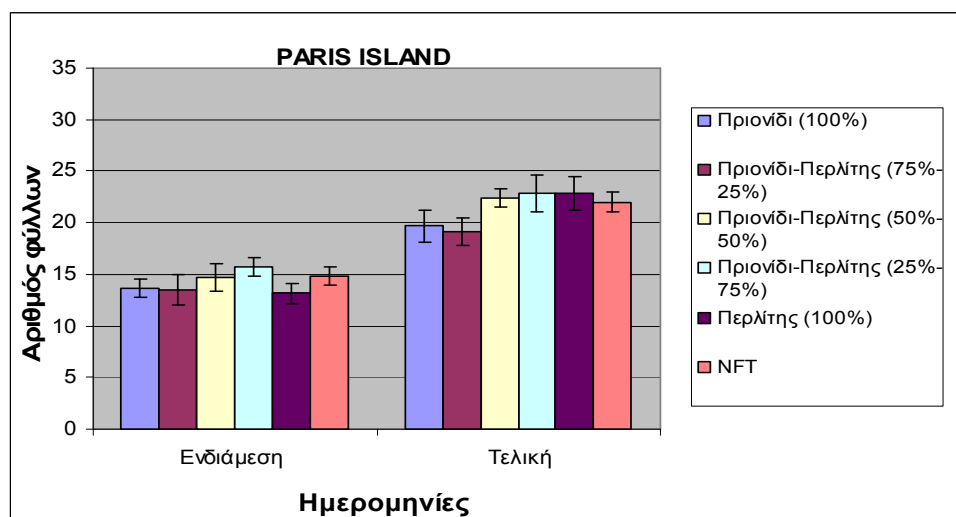






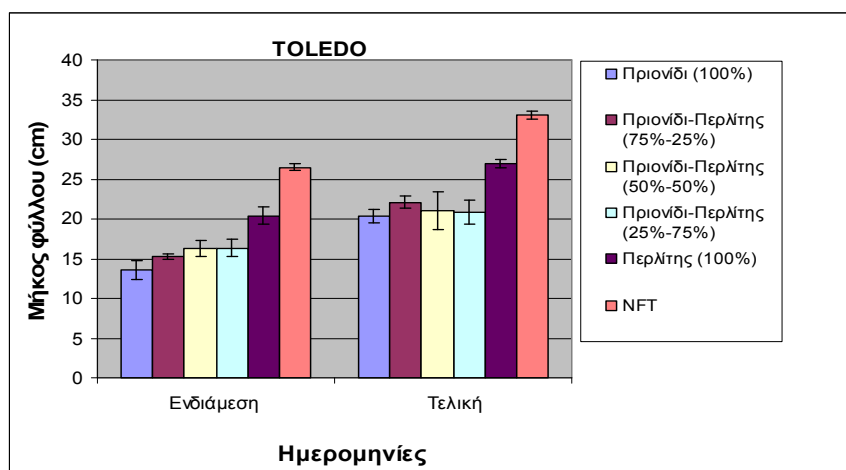
**Εικόνα 4.14.** Επίδραση διαφορετικών υποστρωμάτων (μείγματα από πριονίδι και περλίτη) και καλλιέργειας σε NFT στον αριθμό φύλλων σε 2 ημερομηνίες (ενδιάμεση και τελική) σε υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού, σε κλειστό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Test (MRT).

Ο αριθμός των φύλλων μαρουλιού ποικ. Paris Island δεν επηρεάστηκε από τα διαφορετικά μείγματα περλίτη με πριονίδι κατά την λήξη της καλλιέργειας. Στην περίπτωση που τα φυτά αναπτύχθηκαν σε αναλογία πριονίδι-περλίτη 75%-25% σημειώθηκε μειωμένος αριθμός φύλλων (κατά 15%) σε σχέση με τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε περλίτη, όπου αντιπροσωπεύει την μεταχείριση του μάρτυρα (Εικόνα 4.15). Δεν σημειώθηκαν διαφορές στον αριθμό των παραγόμενων φύλλων στα μέσα της καλλιέργειας μεταξύ των μεταχειρίσεων.



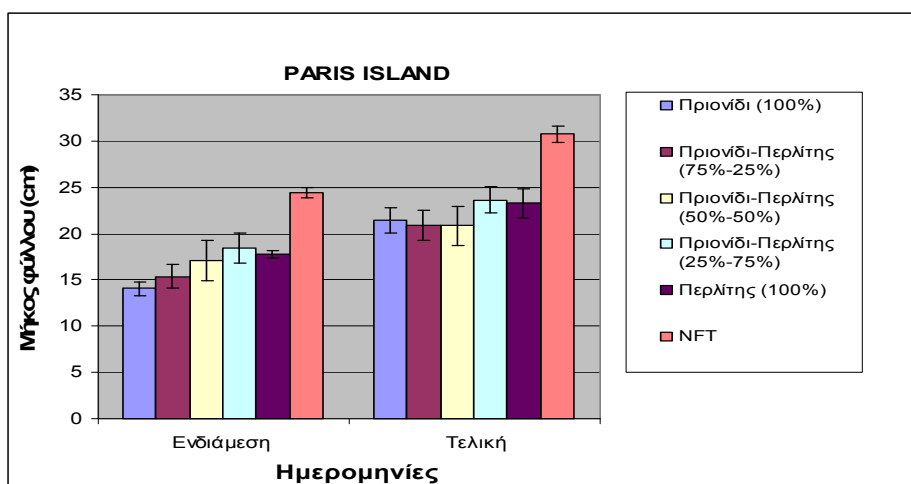
**Εικόνα 4.15.** Επίδραση διαφορετικών υποστρωμάτων (μείγματα από πριονίδι και περλίτη) και καλλιέργειας σε NFT στον αριθμό φύλλων σε 2 ημερομηνίες (ενδιάμεση και τελική) σε υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού, σε κλειστό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Test (MRT).

Το μήκος των φύλλων μαρουλιού ποικ. Toledo δεν επηρεάστηκε από τα διαφορετικά μείγματα περλίτη με πριονίδι κατά την λήξη της καλλιέργειας. Τόσο τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε περλίτη όσο και σε NFT, σημείωσαν αυξημένο μήκος φύλλου και συγκεκριμένα στα φυτά που αναπτυχθήκαν σε NFT, αυξήθηκε το μήκος φύλλων (κατά 21%) σε σχέση με τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε περλίτη (Εικόνα 4.16). Παρόμοια τάση βρέθηκε και στα μέσα της καλλιέργειας.



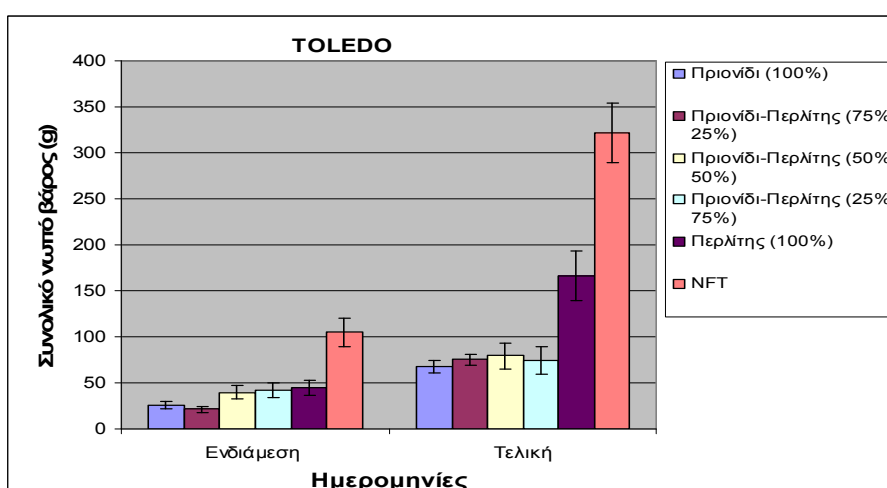
**Εικόνα 4.16.** Επίδραση διαφορετικών υποστρωμάτων (μείγματα από πριονίδι και περλίτη) και καλλιέργειας σε NFT στο μήκος φύλλων σε 2 ημερομηνίες (ενδιάμεση και τελική) σε υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού, σε κλειστό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Test (MRT).

Το μήκος των φύλλων μαρουλιού ποικ. Paris Island δεν επηρεάστηκε από τα διαφορετικά μείγματα περλίτη με πριονίδι κατά την λήξη της καλλιέργειας, ενώ τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε NFT σημείωσαν αύξηση στο μήκος φύλλων (κατά 27%) σε σχέση με τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε περλίτη (Εικόνα 4.17). Στα μέσα της καλλιέργειας τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε NFT είχαν το μεγαλύτερο μήκος φύλλων (24,3 cm) σε σχέση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Αξίζει να σημειωθεί ότι, τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε υποστρώματα με αυξημένη περιεκτικότητα σε πριονίδι (75-100% πριονίδι) σημείωσαν μικρότερο μήκος φύλλου σε σχέση με τον περλίτη.



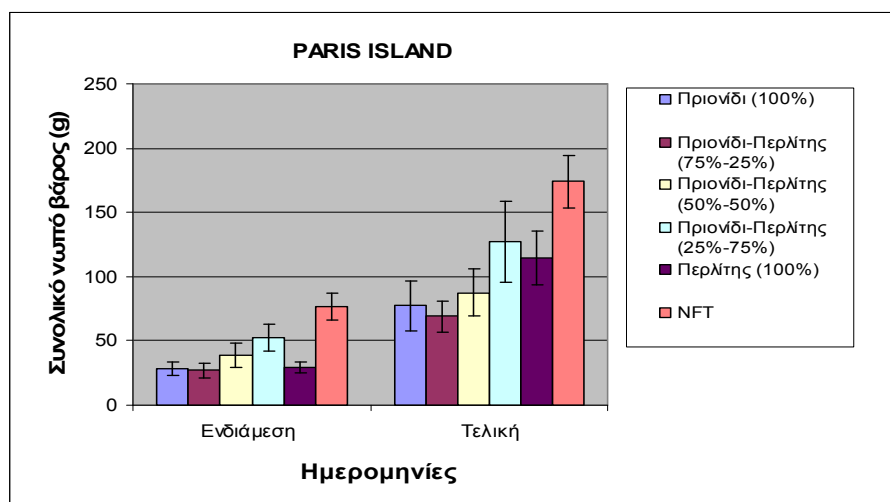
**Εικόνα 4.17.** Επίδραση διαφορετικών υποστρωμάτων (μείγματα από πριονίδι και περλίτη) και καλλιέργειας σε NFT στο μήκος φύλλων σε 2 ημερομηνίες (ενδιάμεση και τελική) σε υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού, σε κλειστό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Test (MRT).

Το συνολικό νωπό βάρος μαρουλιού ποικ. Toledo δεν επηρεάστηκε από τα διαφορετικά μείγματα περλίτη με πριονίδι κατά την λήξη της καλλιέργειας. Τόσο τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε περλίτη όσο και σε NFT, σημείωσαν αυξημένο συνολικό νωπό βάρος και συγκεκριμένα στα φυτά που αναπτυχθήκαν σε NFT, σημειώθηκε αύξηση (κατά 47%) στο συνολικό νωπό βάρος σε σχέση με τα φυτά που αναπτυχθήκαν σε περλίτη (Εικόνα 4.18). Στα μέσα της καλλιέργειας, μονάχα τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε NFT είχαν υψηλότερο νωπό βάρος σε σχέση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις.



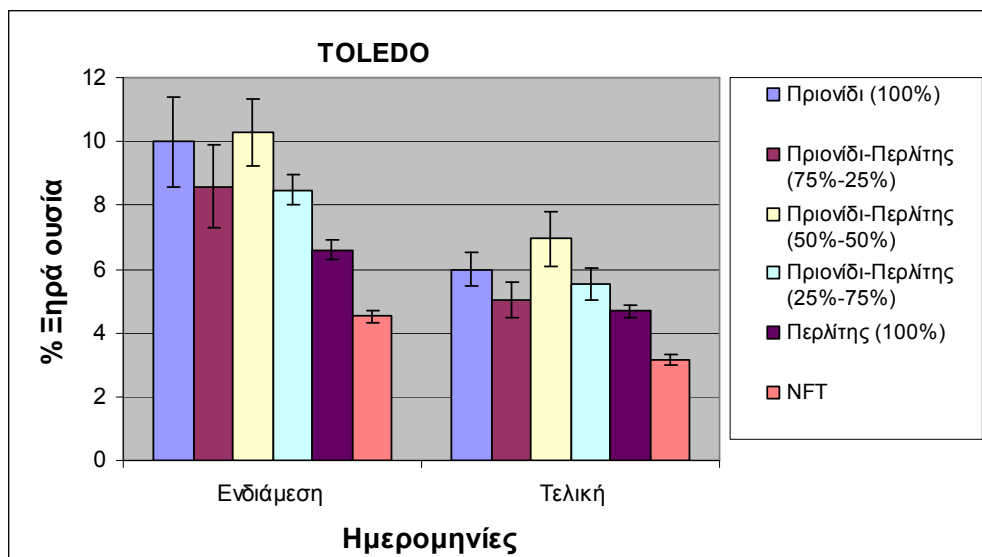
**Εικόνα 4.18.** Επίδραση διαφορετικών υποστρωμάτων (μείγματα από πριονίδι και περλίτη) και καλλιέργειας σε NFT στο συνολικό νωπό βάρος σε 2 ημερομηνίες (ενδιάμεση και τελική) σε υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού, σε κλειστό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Test (MRT).

Το συνολικό νωπό βάρος μαρουλιού ποικ. Paris Island ήταν αυξημένο στην μεταχείριση του NFT, ενώ δεν διέφερε από την μεταχείριση του πριονίδι-περλίτης (25%-75%) (Εικόνα 4.19). Αυξανομένης της περιεκτικότητας πριονιδιού μέσα στο υπόστρωμα είχε ως αποτέλεσμα την μείωση του νωπού βάρους μαρουλιού.



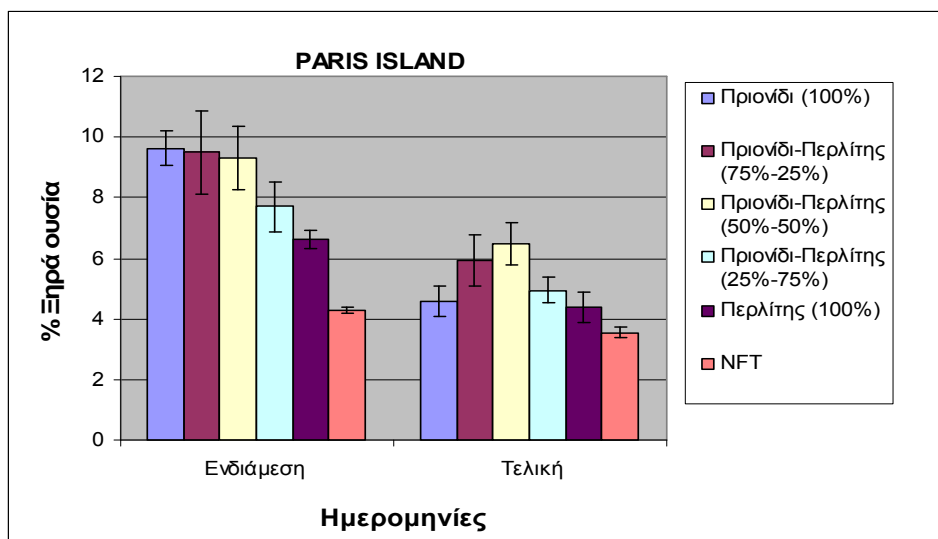
**Εικόνα 4.19.** Επίδραση διαφορετικών υποστρωμάτων (μείγματα από πριονίδι και περλίτη) και καλλιέργειας σε NFT στο συνολικό νωπό βάρος σε 2 ημερομηνίες (ενδιάμεση και τελική) σε υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού, σε κλειστό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Test (MRT).

Στο ποσοστό (%) της ξηράς ουσίας μαρουλιού ποικ. Toledo στην περίπτωση όπου τα φυτά αναπτύχθηκαν σε πριονίδι (100%) ή σε μίγματα πριονιδιού με περλίτη σημειώθηκε αύξηση (έως 38%) σε σχέση με τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε περλίτη. Επίσης τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε NFT παρουσίασαν μείωση (κατά 30%) στο ποσοστό της ξηράς ουσίας σε σχέση με τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε περλίτη (Εικόνα 4.20).



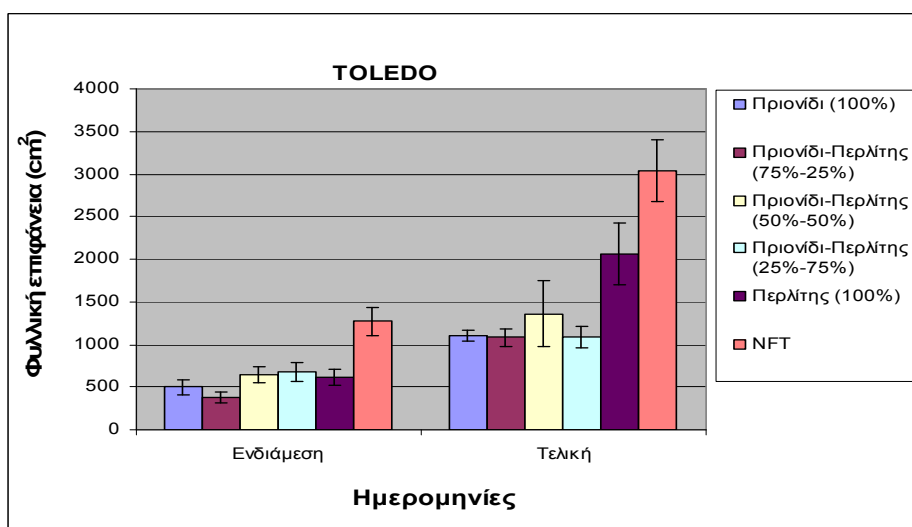
**Εικόνα 4.20.** Επίδραση διαφορετικών υποστρωμάτων (μείγματα από πριονίδι και περλίτη) και καλλιέργειας σε NFT στο ποσοστό % ξηράς ουσίας σε 2 ημερομηνίες (ενδιάμεση και τελική) σε υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού, σε κλειστό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Test (MRT).

Στο ποσοστό % της ξηράς ουσίας μαρουλιού ποικ. Paris Island στην περίπτωση όπου τα φυτά αναπτύχθηκαν σε μίγμα πριονίδι-περλίτη (75%-25%) και πριονίδι – περλίτη (50%-50%) σημειώθηκε αύξηση (κατά 23% και 29% αντίστοιχα) σε σχέση με τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε περλίτη. Τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε NFT είχαν το μικρότερο ποσοστό ξηράς ουσίας, από όλες τις μεταχειρίσεις (Εικόνα 4.21). Στα μέσα της καλλιέργειας σημειώθηκε αύξηση στο ποσοστό ξηράς ουσίας των φυτών που αναπτύχθηκαν στο πριονίδι, στα μίγματα πριονίδι-περλίτη (75-25%) και πριονίδι-περλίτη (50-50%) κατά 30%, 36% και 31% αντίστοιχα, σε σχέση με τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε περλίτη. Τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε NFT σημείωσαν μειωμένο ποσοστό ξηράς ουσίας (κατά 57%) σε σχέση με τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε περλίτη.



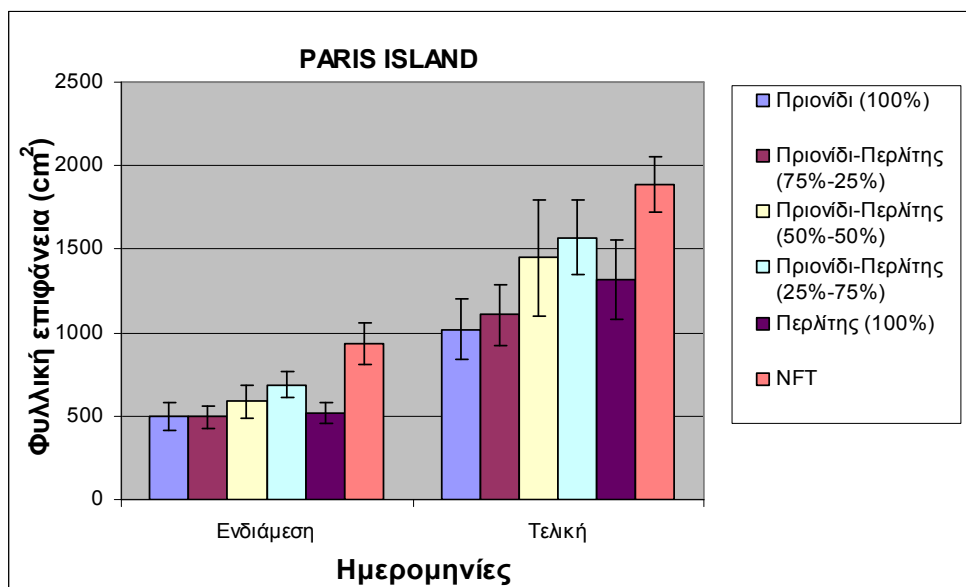
**Εικόνα 4.21.** Επίδραση διαφορετικών υποστρωμάτων (μείγματα από πριονίδι και περλίτη) και καλλιέργειας σε NFT στο ποσοστό % ξηράς ουσίας σε 2 ημερομηνίες (ενδιάμεση και τελική) σε υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού, σε κλειστό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Test (MRT).

Η φυλλική επιφάνεια μαρουλιού ποικ. Toledo δεν επηρεάστηκε από τα διαφορετικά μείγματα περλίτη με πριονίδι κατά την λήξη της καλλιέργειας, ενώ η μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια σημειώθηκε σε φυτά που αναπτύχθηκαν σε περλίτη όσο και σε NFT (Εικόνα 4.22). Στα μέσα της καλλιέργειας παρατηρήθηκε παρόμοια αύξηση της φυλλικής επιφάνειας μονάχα στην μεταχείριση του NFT και όχι στην μεταχείριση του περλίτη.



**Εικόνα 4.22.** Επίδραση διαφορετικών υποστρωμάτων (μείγματα από πριονίδι και περλίτη) και καλλιέργειας σε NFT στην φυλλική επιφάνεια σε 2 ημερομηνίες (ενδιάμεση και τελική) σε υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού, σε κλειστό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Test (MRT).

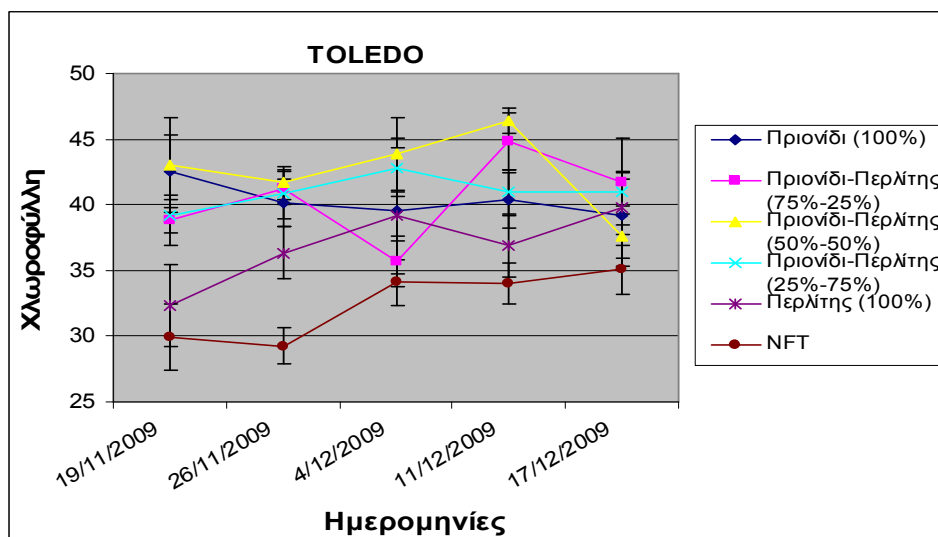
Η φυλλική επιφάνεια μαρουλιού ποικ. Paris Island δεν επηρεάστηκε από τα διαφορετικά μείγματα περλίτη με πριονίδι. Τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε NFT, σημείωσαν αυξημένη φυλλική επιφάνεια (κατά 24%) σε σχέση με τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε περλίτη (Εικόνα 4.23). Την μικρότερη φυλλική επιφάνεια βρέθηκε σε υποστρώματα με αυξημένη περιεκτικότητα σε πριονίδι.



**Εικόνα 4.23.** Επίδραση διαφορετικών υποστρωμάτων (μείγματα από πριονίδι και περλίτη) και καλλιέργειας σε NFT στην φυλλική επιφάνεια σε 2 ημερομηνίες (ενδιάμεση και τελική) σε υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού, σε κλειστό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Test (MRT).

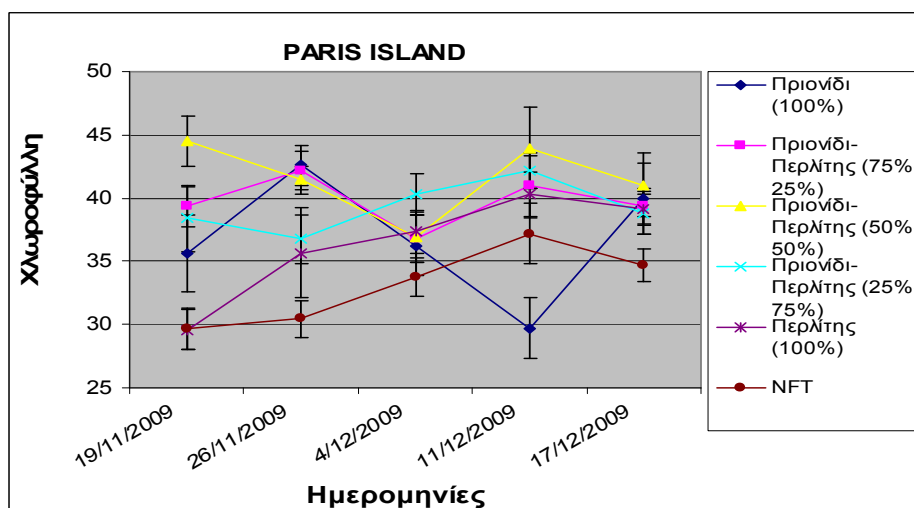
Όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.24, στις πρώτες εβδομάδες ανάπτυξης των φυτών, τα επίπεδα της χλωροφύλλης σε μαρούλια ποικ. Toledo που αναπτύχθηκαν σε περλίτη και NFT ήταν μειωμένα σε σχέση με τα φυτά που αναπτύχθηκαν στις διάφορες αναλογίες πριονίδι-περλίτη ενώ με την λήξη της καλλιέργειας δε σημειώθηκαν διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων.





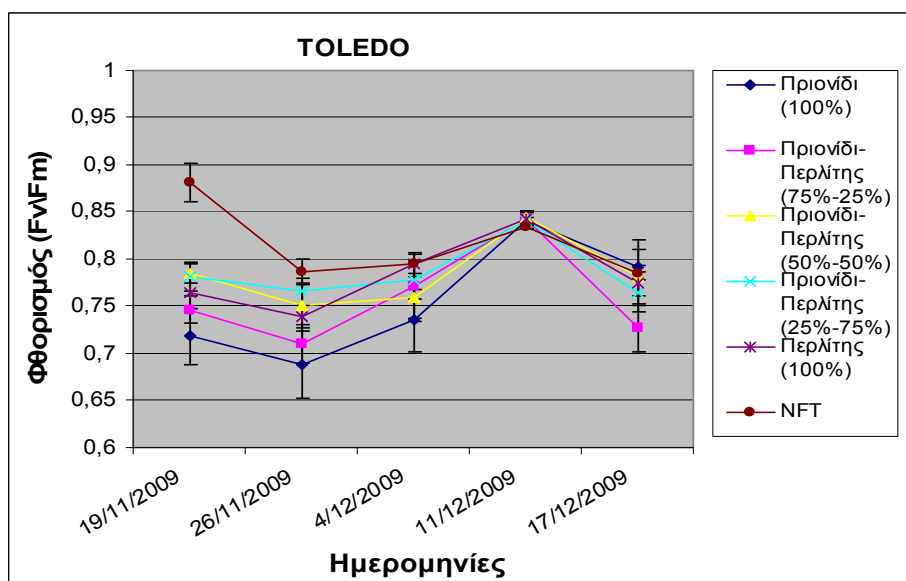
**Εικόνα 4.24.** Επίδραση διαφορετικών υποστρωμάτων (μείγματα από πριονίδι και περλίτη) και καλλιέργειας σε NFT στα επίπεδα της χλωροφύλλης σε 2 ημερομηνίες (ενδιάμεση και τελική) σε υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού, σε κλειστό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Test (MRT).

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.25 τα επίπεδα της χλωροφύλλης σε μαρούλια ποικ. Paris Island που αναπτύχθηκαν σε αναλογία πριονίδι-περλίτη (50%-50%) ήταν αυξημένα (κατά 32%) σε σχέση με τα επίπεδα χλωροφύλλης σε μαρούλια που αναπτύχθηκαν σε περλίτη και NFT. Επίσης σημειώθηκε μείωση (κατά 25 %) του επιπέδου χλωροφύλλης την τέταρτη βδομάδα σε μαρούλια που αναπτύχθηκαν σε πριονίδι (100%) σε σχέση με τον μάρτυρα.



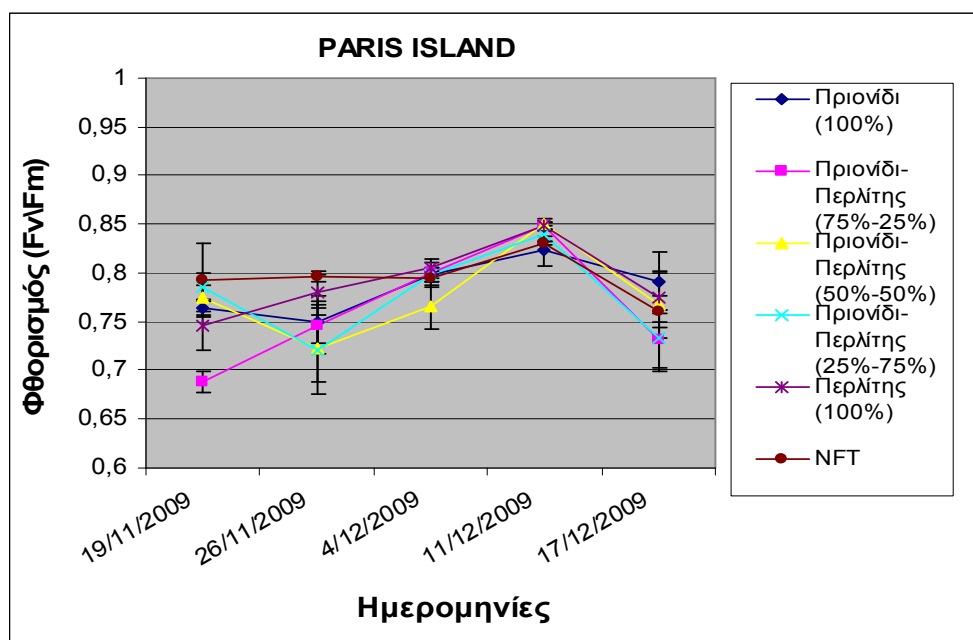
**Εικόνα 4.25.** Επίδραση διαφορετικών υποστρωμάτων (μείγματα από πριονίδι και περλίτη) και καλλιέργειας σε NFT στα επίπεδα της χλωροφύλλης σε 2 ημερομηνίες (ενδιάμεση και τελική) σε υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού, σε κλειστό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Test (MRT).

Τα επίπεδα φθορισμού των φύλλων μαρουλιού ποικ. Toledo δεν επηρεάστηκαν από τα διαφορετικά μείγματα περλίτη με πριονίδι κατά την λήξη της καλλιέργειας, ενώ τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε NFT σημείωσαν αυξημένο επίπεδο φθορισμού των φύλλων (κατά 13%) στην αρχή του πειράματος, σε σχέση με τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε περλίτη (Εικόνα 4.26). Όπως προκύπτει από το διάγραμμα, η μείωση της περιεκτικότητας πριονιδιού στο υπόστρωμα προκάλεσε αύξηση στις τιμές φθορισμού των φύλλων μαρουλιού.



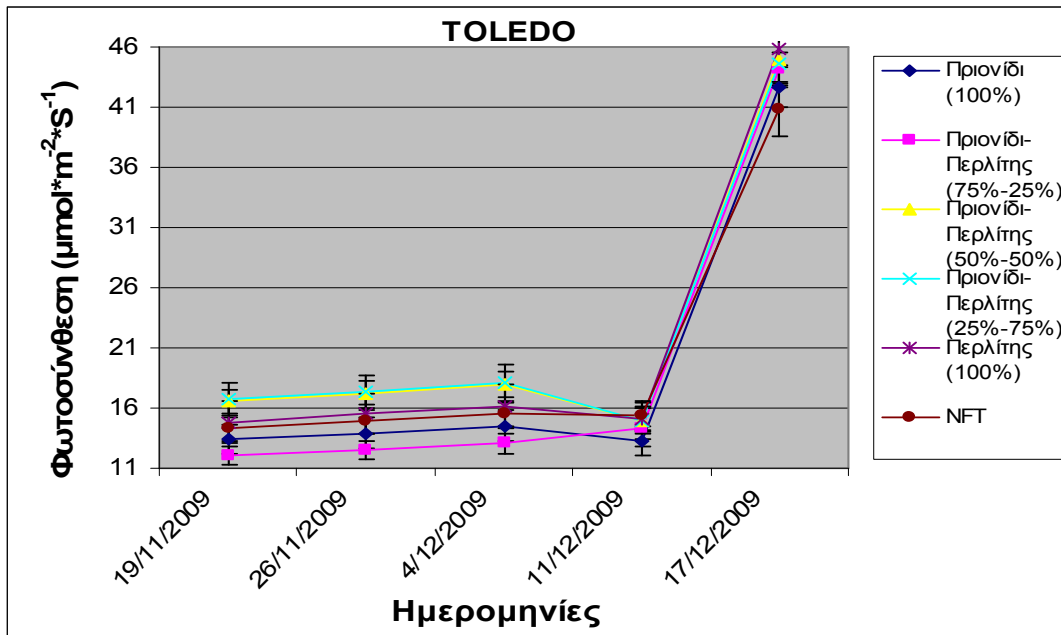
**Εικόνα 4.26.** Επίδραση διαφορετικών υποστρωμάτων (μείγματα από πριονίδι και περλίτη) και καλλιέργειας σε NFT στα επίπεδα φθορισμού σε 2 ημερομηνίες (ενδιάμεση και τελική) σε υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού, σε κλειστό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Test (MRT).

Τα επίπεδα φθορισμού των φύλλων μαρουλιού ποικ. Paris Island δεν επηρεάστηκαν από τα διαφορετικές μεταχειρίσεις (Εικόνα 4.27).

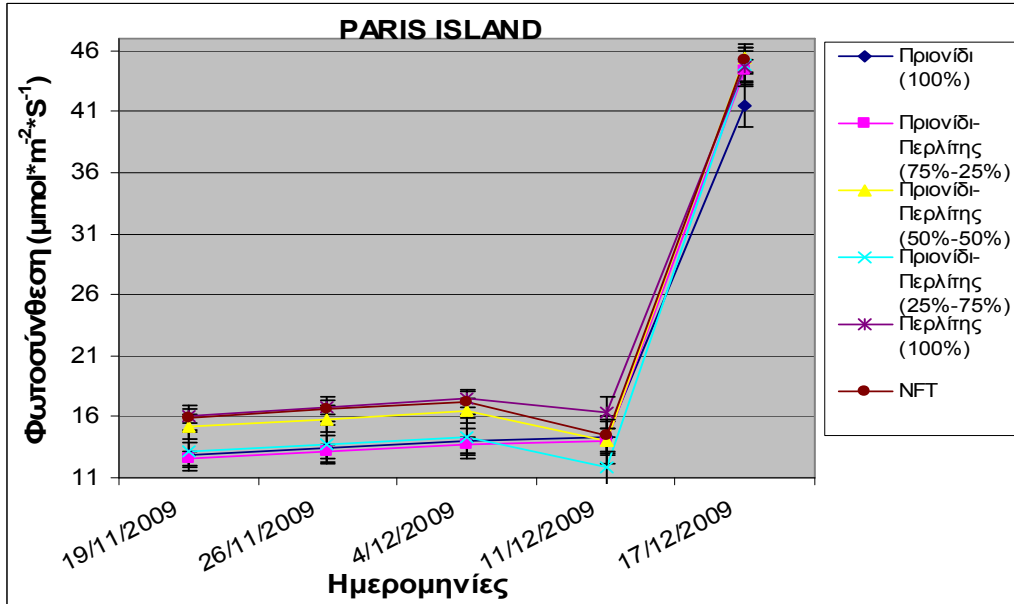


**Εικόνα 4.27.** Επίδραση διαφορετικών υποστρωμάτων (μείγματα από πριονίδι και περλίτη) και καλλιέργειας σε NFT στα επίπεδα φθορισμού σε 2 ημερομηνίες (ενδιάμεση και τελική) σε υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού, σε κλειστό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Test (MRT).

Η φωτοσυνθετική ικανότητα των φύλλων μαρουλιού ποικ. Toledo δεν επηρεάστηκε από τα διαφορετικά μείγματα περλίτη με πριονίδι καθ' όλη σχεδόν τη διάρκεια της καλλιέργειας, ενώ προς την ολοκλήρωση του πειράματος σημειώθηκε αύξηση της φωτοσυνθετικής ικανότητας των φύλλων μαρουλιού σε όλα τα μέσα ανάπτυξης όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.28. Η ίδια τάση βρέθηκε και για την ποικ. Paris Island (βλέπε Εικόνα 4.29).

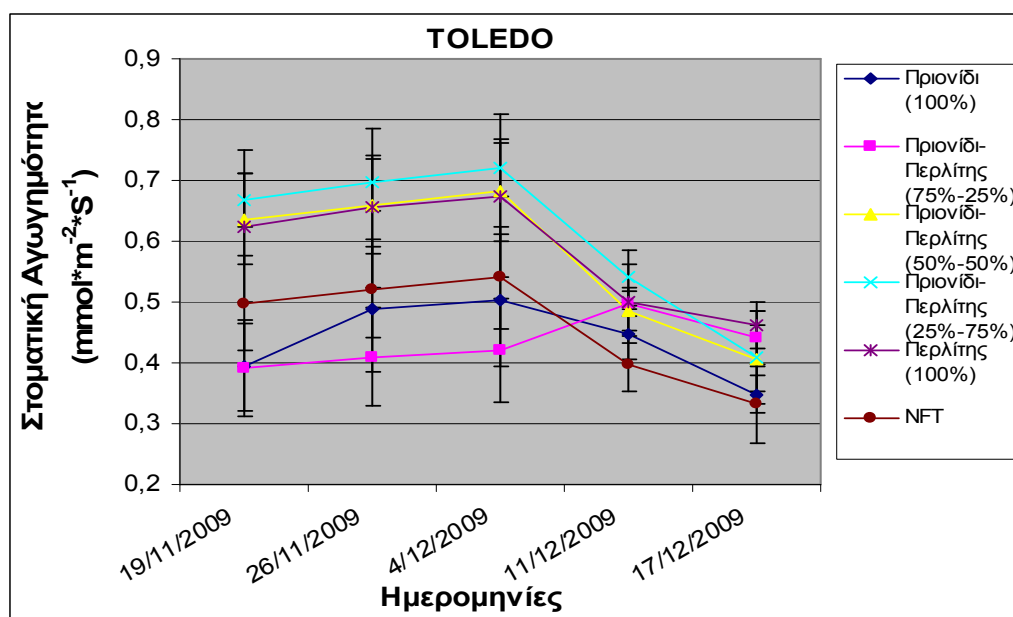


**Εικόνα 4.28.** Επίδραση διαφορετικών υποστρωμάτων (μείγματα από πριονίδι και περλίτη) και καλλιέργειας σε NFT στη φωτοσυνθετική ικανότητα των φύλλων σε 2 ημερομηνίες (ενδιάμεση και τελική) σε υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού, σε κλειστό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Test (MRT).



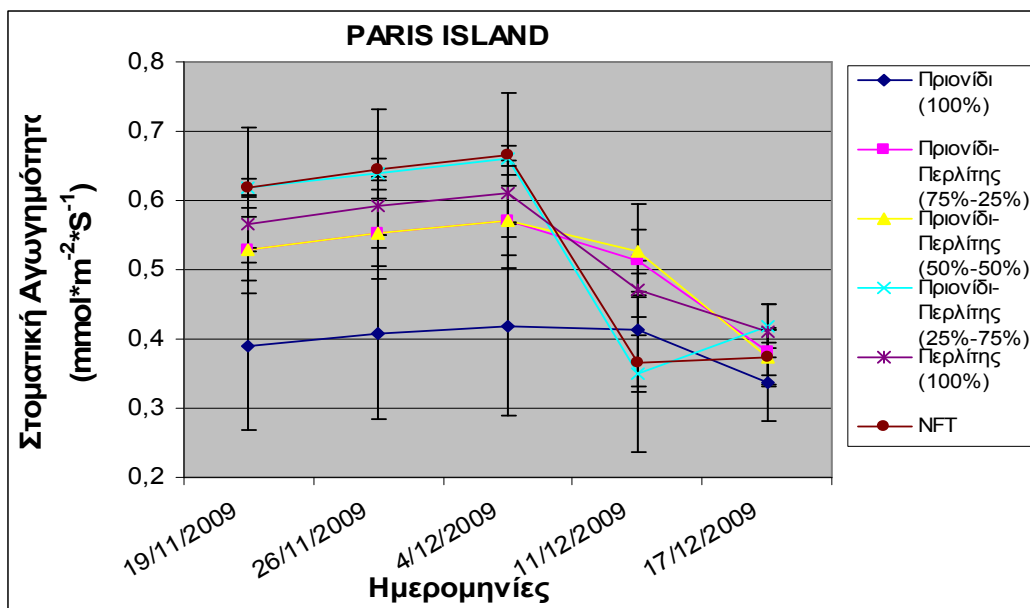
**Εικόνα 4.29.** Επίδραση διαφορετικών υποστρωμάτων (μείγματα από πριονίδι και περλίτη) και καλλιέργειας σε NFT στη φωτοσυνθετική ικανότητα των φύλλων σε 2 ημερομηνίες (ενδιάμεση και τελική) σε υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού, σε κλειστό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Test (MRT).

Η στοματική αγωγιμότητα μαρουλιού ποικ. Toledo βρέθηκε αυξημένη (έως και 38%) στα μαρούλια που αναπτύχθηκαν σε πριονίδι-περλίτης (50%-50%), σε πριονίδι-περλίτης (25%-75%) και περλίτη (100%) σε σχέση με τα μαρούλια που αναπτύχθηκαν σε σύστημα NFT. Από τη μέση έως και την ολοκλήρωση του πειράματος σημειώθηκε μείωση της στοματικής αγωγιμότητας σε όλα τα μέσα ανάπτυξης χωρίς να παρατηρηθεί κάποια διαφορά μεταξύ τους (Εικόνα 4.30).



**Εικόνα 4.30.** Επίδραση διαφορετικών υποστρωμάτων (μείγματα από πριονίδι και περλίτη) και καλλιέργειας σε NFT στη στοματική αγωγιμότητα σε 2 ημερομηνίες (ενδιάμεση και τελική) σε υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού, σε κλειστό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Test (MRT).

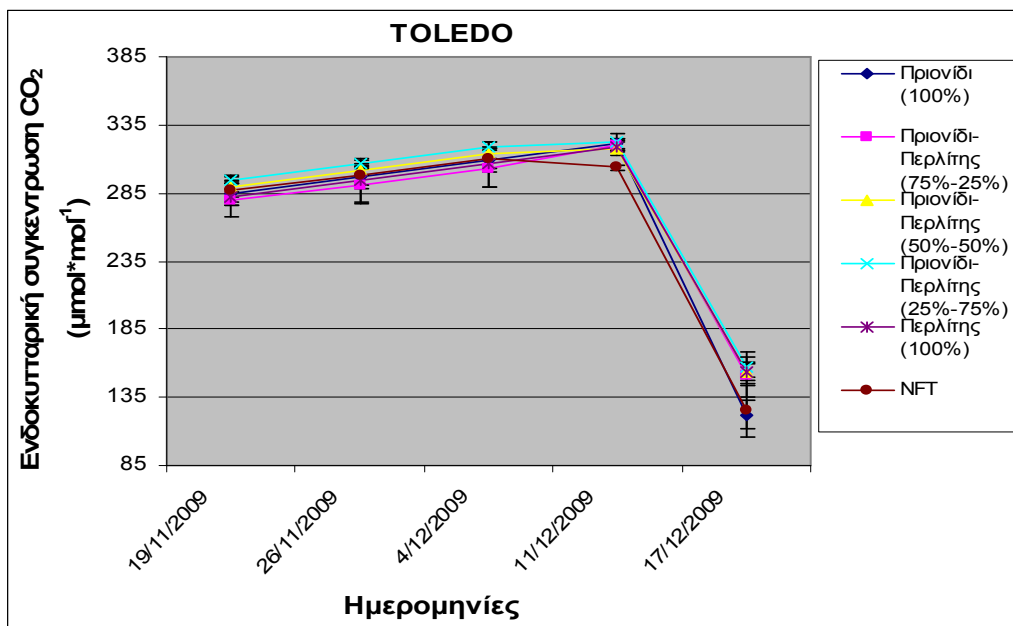
Στη στοματική αγωγιμότητα φύλλων μαρουλιού ποικ. Paris Island ήταν μειωμένη όταν χρησιμοποιήθηκε το πριονίδι ως υπόστρωμα, ενώ δεν βρέθηκε η ίδια τάση όταν το πριονίδι αναμείχθηκε με τον περλίτη (Εικόνα 4.31).



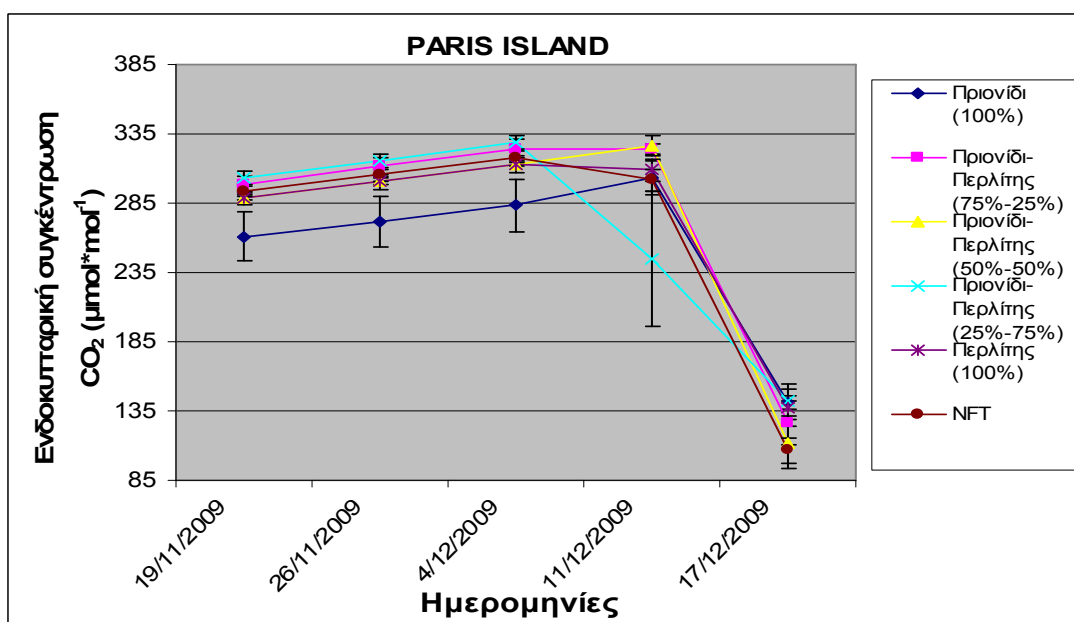
**Εικόνα 4.31.** Επίδραση διαφορετικών υποστρωμάτων (μείγματα από πριονίδι και περλίτη) και καλλιέργειας σε NFT στη στοματική αγωγιμότητα σε 2 ημερομηνίες (ενδιάμεση και τελική) σε υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού, σε κλειστό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Test (MRT).

Η ενδοκυτταρική συγκέντρωση  $\text{CO}_2$  των φύλλων μαρουλιού ποικ. Toledo δεν επηρεάστηκε από τα διαφορετικά μείγματα περλίτη με πριονίδι καθ' όλη τη διάρκεια σχεδόν της καλλιέργειας, ενώ προς την ολοκλήρωση του πειράματος σημειώθηκε μείωση της ενδοκυτταρικής συγκέντρωσης  $\text{CO}_2$  των φύλλων μαρουλιού με όλα τα μέσα ανάπτυξης όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.32.

Αντιθέτως, όσο αφορά την ποικιλία Paris Island, η ενδοκυτταρική συγκέντρωση  $\text{CO}_2$  των φύλλων ήταν στατιστικά μειωμένη όταν χρησιμοποιήθηκε σκέτο πριονίδι, ως υπόστρωμα ανάπτυξης (Εικόνα 4.33).


















**Εικόνα 4.32.** Επίδραση διαφορετικών υποστρωμάτων (μείγματα από πριονίδι και περλίτη) και καλλιέργειας σε NFT στην ενδοκυτταρική συγκέντρωση CO<sub>2</sub> σε 2 ημερομηνίες (ενδιάμεση και τελική) σε υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού, σε κλειστό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (± τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Test (MRT).


















**Εικόνα 4.33.** Επίδραση διαφορετικών υποστρωμάτων (μείγματα από πριονίδι και περλίτη) και καλλιέργειας σε NFT στην ενδοκυτταρική συγκέντρωση CO<sub>2</sub> σε 2 ημερομηνίες (ενδιάμεση και τελική) σε υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού, σε κλειστό σύστημα. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (± τυπικό σφάλμα) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Test (MRT).

## 4.7.2 Εμφάνιση φυτών μαρουλιού κατά την διάρκεια της καλλιέργειας










### 4.7.2.1. Ποικιλία Toledo













	Πριονίδι	Πριονίδι-περλίτης (75%-25%)	Πριονίδι-περλίτης (50%-50%)
19\11\2009			
26\11\2009			
4\12\2009			
11\12\2009			
16\12\2009			



	Πριονίδι-περλίτης (25%-75%)	Περλίτης	NFT
19\11\2009			
26\11\2009			
4\12\2009			
11\12\2009			
16\12\2009			

**4.7.2.2. Ποικιλία Paris Island**

	<b>Πριονίδι</b>	<b>Πριονίδι-περλίτης (75%-25%)</b>	<b>Πριονίδι-περλίτης (50%-50%)</b>
<b>19\11\2009</b>			
<b>26\11\2009</b>			
<b>4\12\2009</b>			
<b>11\12\2009</b>			
<b>16\12\2009</b>			

	<b>Πριονίδι (25%-75%)</b>	<b>Περλίτης</b>	<b>NFT</b>
<b>19\11\2009</b>			
<b>26\11\2009</b>			
<b>4\12\2009</b>			
<b>11\12\2009</b>			
<b>16\12\2009</b>	