



ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

# ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΥΠΟΔΟΧΕΩΝ ΣΕ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΦΡΑΟΥΛΑΣ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΕΥΑΝΘΗΣ ΜΑΡΙΝΟΥ  
ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΔΡ. ΝΙΚΟΣ ΤΖΩΡΤΖΑΚΗΣ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2011



**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

# **ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΥΠΟΔΟΧΕΩΝ ΣΕ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΦΡΑΟΥΛΑΣ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΕΥΑΝΘΗΣ ΜΑΡΙΝΟΥ**  
**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΔΡ. ΝΙΚΟΣ ΤΖΩΡΤΖΑΚΗΣ**

**ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2011**

**«Η εργασία αυτή είναι αφιερωμένη με πολύ αγάπη στην  
οικογένεια μου που με στήριξαν και πίστεψαν σε εμένα»**

## **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 για την επιλογή αυτού του θέματος, και την υπομονή που έκανε κατά τη διάρκεια υλοποίησης της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας. Τέλος θέλω να πω σε όλους τους ανθρώπους, που μου συμπαραστάθηκαν και με βοήθησαν σε αυτό το κομμάτι της ζωής μου, πως τώρα που φεύγω και δεν θα τους ξαναδώ, πως ποτέ δεν θα τους ξεχάσω και πάντα θα θυμάμαι τις όμορφες και δύσκολες στιγμές που περάσαμε μαζί στη ζωή αλλά και στα πλαίσια της πτυχιακής μου εργασίας. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω των αδελφό μου Σωτήρη Μαρίνου, τους καθηγητές Δρ Θρασύβουλο Μανιό, Γιάννης Σαμπαθιανάκη και τους συμφοιτητές μου Ελένη Νταγιαντά , Ανδρέα Βογανάτση, Στέλιο Δρύλλη, Φίλιππο Κατσούγκρη, Γιάννη Νικολάου, Γιώργο Πιλατάκη, Κατερίνα Ψαραύτη για την πολύτιμη βοήθεια και συμπαράσταση.

	<i>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</i>	<i>Σελίδες</i>
	<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b>	5
	<b>ABSTRACT</b>	7
	<b>ΜΕΡΟΣ Α</b>	8
<b>1.</b>	<b>ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ-ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ</b>	8
1.1	Ανάγκη διαχείρισης στερεών υπολειμμάτων	8
1.2	Εμπλουτισμός οργανικής ουσίας στην καλλιέργεια φυτών και ο ρόλος της στο έδαφος	9
1.3	Το νερό και το πορώδες στο υπόστρωμα	10
1.4	Πριονίδι: ένα οργανικό υλικό	11
1.5	Κριτήρια αξιολόγησης οργανικού υλικού	12
1.6	Χρήση πριονιδιού στην αύξηση/ ανάπτυξη των φυτών – πρόσφατες μελέτες	15
1.7	Καλλιέργεια σε ζυμωμένο φλοιό κωνοφόρων	17
1.8	Καλλιέργεια σε ίνες καρύδας (coco soil)	18
1.9	Καλλιέργεια με ελαφρόπετρα	20
<b>2.</b>	<b>ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ</b>	21
2.1	Ιστορική αναδρομή	21
2.2	Ορισμός της υδροπονίας	22
2.2.1	Υδροπονικά συστήματα καλλιέργειας	22
2.2.2	Τρόποι διάκρισης των υδροπονικών τεχνικών	22
2.3	Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα υδροπονικής καλλιέργειας	23
2.4	Γενική περιγραφή καλλιέργειας σε τεχνητά υποστρώματα	24
2.4.1	Το περιβάλλον του θερμοκηπίου	25
2.4.2	Το σύστημα τροφοδοσίας νερού και θρεπτικών στοιχείων	25
2.4.3	Υποστρώματα και υποδομές	26
2.4.4	Αυτοματισμοί και δικλείδες ασφάλειας	26
2.5	Εγκαταστάσεις και εξοπλισμός	27
2.5.1	Εγκαταστάσεις για την ανάπτυξη των φυτών σε ανοιχτό σύστημα	27
2.5.1.1	Δοχεία καλλιέργειας	28
2.5.1.2	Σύστημα υδροπονίας με υδρορροή PVC 110 MAPAL	28
<b>3.</b>	<b>ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΦΡΑΟΥΛΑΣ</b>	31
3.1	Γενικά	31
3.2	Καταγωγή	31
3.3	Εξέλιξη καλλιέργεια στην Ελλάδα	32
3.4	Περιγραφή του φυτού	33
3.4.1	Φυτό	33
3.4.2	Ρίζα	33
3.4.3	Βλαστός	34
3.4.4	Στόλωνες	35
3.4.5	Φύλλα	36
3.4.6	Ταξιανθία	37
3.4.7	Άνθος	38
3.4.8	Καρπός	39
3.4.9	Σπέρματα (αχαίνια)	40

3.5	Εδαφοκλιματικές συνθήκες	41
3.5.1	Κλίμα	41
3.5.2	Έδαφος	42
3.6	Εγκατάστασης της φυτείας	42
3.6.1	Επιλογή των κατάλληλων φυτών	42
3.6.2	Κατηγορίες πολλαπλασιαστικού υλικού	42
3.6.3	Φύτευση και γονιμοποίηση	44
3.7	Τρόπος συγκομιδής	44
3.8	Συσκευασία	44
3.9	Διατήρηση σε ψυγεία	45
3.10	Σύγκριση υδροπονίας με υπαίθρια καλλιέργεια φράουλας	45
3.11	Ποικιλίες	46
3.11.1	Επιλογή ποικιλίας	46
3.11.2	Ποικιλία San Andreas	46
3.12	Εχθροί και Ασθένειες	47
	<b>ΜΕΡΟΣ Β</b>	49
4.	<b>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	49
4.1	Τόπος και χρόνος διεξαγωγής του πειράματος	49
4.2	Προετοιμασία και εγκατάσταση γυμνόριζων φυτών ψυγείου φράουλας	50
4.3	Παρασκευή θρεπτικού διαλύματος	58
4.4	Καλλιεργητικές φροντίδες	58
4.5	Μετρήσεις	60
4.6	Αποτελέσματα	64
4.6.1	Επίδραση υποστρωμάτων και υποδοχέων στην αύξηση/ανάπτυξη υδροπονικής καλλιέργειας φράουλας.	64
4.6.2	Στάδια ανάπτυξης των φυτών φράουλας	79
4.6.2.1.	Σε γλάστρες	79
4.6.2.2	Σε κανάλια	81
4.6.3	Επίδραση υποστρωμάτων και υποδοχέων στην παραγωγή υδροπονικής καλλιέργειας φράουλας.	83
4.7	Συζήτηση-Συμπεράσματα	88
5.	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	93
	<b>ΜΕΡΟΣ Γ</b>	98
6.	<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ</b>	98
6.1	Δημοσιεύσεις	98

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας είναι η αξιολόγηση ανόργανων και οργανικών υλικών με δύο διαφορετικούς υποδοχείς (γλάστρες και πολυκανάλια) ως εναλλακτικό μέσο ανάπτυξης και απόδοσης σε παραγωγή φυτών φράουλας σε ανοιχτό υδροπονικό σύστημα κατά τους θερινούς μήνες. Χρησιμοποιήθηκαν πριονίδι (Π), κοκκοφοίνικας (Κ) και ελαφρόπετρα (Ε) και μείγματα αυτών. Συγκεκριμένα τα υποστρώματα ήταν τα εξής: Ε 100% (ως μάρτυρα), Π 100%, Κ 100%, Π-Κ 50%-50%, Π-Ε 50%-50% και Ε-Κ 50%-50%. Μελετήθηκαν η ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών φράουλας με τρεις επαναλήψεις με 10 φυτά (σε πολυκανάλια των 11 θέσεων ) και 1 φυτό ανά γλάστρα (5 γλάστρες ανά επανάληψη). Ο αριθμός των φύλλων και στους δύο υποδοχείς σχεδόν διπλασιάστηκε όταν χρησιμοποιήθηκε Π 100% σε σχέση με το μάρτυρα, ενώ δεν βρέθηκαν διαφορές όταν χρησιμοποιήθηκαν τα μείγματα των 3 υποστρωμάτων. Ο συνολικός αριθμός των σχηματισμένων ανθέων και καρπών αυξήθηκε στα φυτά που αναπτύχθηκαν σε Ε 100% σε σχέση με τα φυτά Κ 100% σε πολυκανάλια ενώ στις γλάστρες δεν σημειώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Ο αριθμός των στολώνων αυξήθηκε κατά 70% όταν χρησιμοποιήθηκε το Κ 100% σε σχέση με το Π 100% και Ε 100%, ενώ δεν διαφοροποιήθηκε στα μείγματα σε αναλογίες 50-50 σε πολυκανάλια. Μεγαλύτερη στοματική αγωγιμότητα των φύλλων σημειώθηκε σε Ε 100% και Π-Κ 50-50 σε σχέση με τα υπόλοιπα υποστρώματα. Δεν σημειώθηκαν διαφορές ως προς το φθορισμό, τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα και την εσωτερική συγκέντρωση CO<sub>2</sub> των φύλλων μεταξύ των διαφορετικών υποστρωμάτων. Το νωπό βάρος των φύλλων και βλαστών αλλά και η φυλλική επιφάνεια ήταν αυξημένα (κατά 44%) σε φυτά που αναπτύχθηκαν σε Κ 100% σε σχέση με την Ε 100% και το Π 100% ενώ δεν βρέθηκαν διαφορές μεταξύ των μειγμάτων. Δεν βρέθηκαν διαφορές σχετικά με την περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία των φυτών που αναπτύχθηκαν σε διαφορετικά υποστρώματα. Η παραγωγή των φυτών σε απόλυτους αριθμούς αυξήθηκε όταν χρησιμοποιήθηκε μείγμα υποστρωμάτων Ε-Π 50-50 σε πολυκανάλια και γλάστρες όπου αυτό συσχετίζεται και στην αύξηση (κατά 34%) στο αριθμό των συγκομισμένων καρπών σε κανάλια. Επιπλέον, το νωπό βάρος των καρπών κυμάνθηκε σε κανονικά επίπεδα από 12 έως 17 g ανά καρπό. Στα κανάλια εμπορικότητα των καρπών κυμάνθηκε στην κατηγορία 3 (Β) σε όλα τα υποστρώματα χωρίς ουσιαστικές διαφορές μεταξύ των υποστρωμάτων, ενώ στις γλάστρες κυμάνθηκε μεταξύ κατηγορίας 2(Α) και 3(Β) με καλύτερα αποτελέσματα τα υποστρώματα Ε-100% και Π-100%. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, προκύπτει ότι η χρήση μειγμάτων (π.χ. Π σε Ε σε αναλογία 50-50) θα μπορούσε να βελτιώσει τις φυσικοχημικές ιδιότητες του υποστρώματος με άμεσο

αποτέλεσμα την βελτίωση της παραγωγής και πιθανώς των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών σε υδροπονική καλλιέργεια φράουλας.



## 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, strawberry (*Fragaria x ananasa.*), cv. San Andreas, plants were grown over a four-month period in an open soilless culture system in six different substrates with cocosoil (Coc), sawdust (Saw) and/or pumice (Pum) mixtures [(Coc (100%); Saw (100%); Pum (100%); Saw:Pum 50:50%; Saw:Coc 50:50%; Coc:Pum 50:50%)], in plastic pots (5 pots/replication) or in multichannels (10 planets/multichannel), with 3 replication per treatment, in an unheated plastic greenhouse. Substrate and receptor affected some characteristics of plant growth and yield. Leaf number was duplicated in case of Saw 100% comparing to the control while no differences observed in the 3 substrates mixtures of 50-50%. The number of flower and fruits increased in plant grown in Pum 100% comparing to the Coc 100% only in case of multichannels but not in the case of plants grown in pots. Increased leaf stomatal conductance observed in plants grown in Pum 100% and Saw-Coc 50-50 comparing to others substrates. No differences observed in leaf fluoresces, photosynthetic rate and internal concentration of CO<sub>2</sub> among the different substrates. Leaf and shoot biomass as well as leaf area increased (up to 44%) in plants grown in Coc 100% comparing to Saw 100% and Pum 100%. Plant yield was greater in Coc-Pum 50-50 in multichannels and pots due to the increased fruit number produced (up to 34%). Fruit marketability varied in scale 2 to 3 among treatments while the best results obtained in Pum 100% and Saw 100%. The results indicate that use of 50-50 ratio in substrate might improve the physicochemical properties of different substrate with possible benefits in plant yield as well as fruit quality related characteristics in hydroponically grown strawberry.

## ΜΕΡΟΣ Α.

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ-ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ

#### 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. Επιπλέον, 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 δυσσομία, 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. 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.
- ❖ 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 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.
- ❖ 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.

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 ενσωμάτωσή 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 Το νερό και το πορώδες στο υπόστρωμα**

Τα υποστρώματα καλλιέργειας των φυτών είναι πορώδη υλικά τα οποία τοποθετούνται σε εύκαμπτα ή άκαμπτα δοχεία, κλειστά ή ανοιχτά, με στράγγιση στις πλευρές ή στη βάση (π.χ πλαστικούς σάκους, γλάστρες κ.λπ.). Τα υποστρώματα δημιουργούν το χώρο που αναπτύσσεται η ρίζα και επηρεάζουν άμεσα τους παράγοντες του περιβάλλοντος των ριζών.

Τα γενικά χαρακτηριστικά που καθορίζουν την καταλληλότητα ενός υποστρώματος, για να χρησιμοποιηθεί στην υδροπονία, είναι η δυνατότητα του να επιτρέπει την άφθονη ροή:

- Του νερού,
- Των ανόργανων θρεπτικών στοιχείων,

- Του οξυγόνου στο ριζικό σύστημα καθώς και
- Την απομάκρυνση του CO<sub>2</sub> και άλλων αερίων από το ριζικό σύστημα

Επίσης θα πρέπει να :

- Είναι απαλλαγμένο από παθογόνους μικροοργανισμούς,
- Επιτρέπει εύκολη μεταχείριση και να μην πληγώνει τις ρίζες,
- Είναι σταθερή η ποιότητα του προϊόντος στην αγορά,
- Έχει χαμηλό κόστος και μεγάλο χρόνο ωφέλιμης χρήσης και
- Να ανακυκλώνεται εύκολα ή να απορρίπτεται ασφαλώς.

#### 1.4 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).

Όταν χρησιμοποιήθηκε πριονίδι και περλίτης σε διαφορετικές αναλογίες (0-25-50-75-100%) σε υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού (*Lactuca sativa* L.), ποικ. Toledo και Paris Island και σε σύγκριση με το σύστημα NFT (Nutrient Film Technique) επηρεάστηκαν τα χαρακτηριστικά ανάπτυξης και παραγωγής των φυτών. Η προσθήκη πριονιδιού μείωσε το μήκος του φύλλου, την φυλλική επιφάνεια και το νωπό βάρος σε σχέση με τον μάρτυρα (περλίτη) 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. Προέκυψε λοιπόν 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 (Christoulaki et al., 2010).

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) (Savidon, 2005). Για το λόγο αυτό, συχνά χρησιμοποιούνται μείγματα πριονιδιού με ανόργανα υλικά (π.χ. ζεόλιθο, περλίτης κτλ) (Savidon, 2005).

### 1.5 Κριτήρια αξιολόγησης οργανικού υλικού

Τα κριτήρια αξιολόγησης ενός οργανικού υλικού (Χουλιάρης, 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 (Χουλιάρης, 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
Ποσότητα υγρασίας που συγκρατείται ανά Kg υλικού στρώμνης (Kg H <sub>2</sub> O\Kg στρώμνης)	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 (Χουλιάρης, 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 αποχνόωσης 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	



## 1.6 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 X. 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 περιεκτικότητα 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. 613,8 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 πολύ υψηλή (42%) αεροικανότητα (AFP-air filled porosity) και πολύ χαμηλό (3,8%) εύκολα διαθέσιμο νερό (EAW-easily available water) (Goh and Haynes, 1997).

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 Lipiecki (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 ελατώνουν 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.

### **1.7 Καλλιέργεια σε ζυμωμένο φλοιό κωνοφόρων**

Είναι οργανικό υλικό με υψηλή συγκράτηση νερού και θρεπτικών στοιχείων. Έχει σχετικά υψηλό πορώδες (73-83%) και χαμηλή ως μέτρια πυκνότητα (250- 450% kg/m<sup>3</sup>). Παρουσιάζει υψηλή ρυθμιστή και εναλλακτική ικανότητα. Το pH είναι σχετικά υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα και υψηλή σχέση C:N.

Χρησιμοποιείται, αφού έχει υποστεί ενός έως δύο μηνών ζύμωση. Χρησιμοποιείται περισσότερο σε μείγματα και σπάνια μόνο του ως υπόστρωμα υδροπονικών καλλιεργειών.

Το σύστημα που χρησιμοποιείται συνήθως στα οργανικά υποστρώματα είναι το ανοιχτό σύστημα. Γενικά, στις εξελιγμένες υδροπονικές μονάδες παραγωγής υποστρώματα (οργανικά ή ανόργανα) με υψηλή ρυθμιστική και εναλλακτική ικανότητα συνήθως δεν προτιμούνται, γιατί δεν παρέχουν στον καλλιεργητή τη δυνατότητα για πλήρη έλεγχο της σχέσης των διαφόρων ιόντων του θρεπτικού διαλύματος που οδηγείται τελικά στη ρίζα.

Επίσης, στην περίπτωση μερικών οργανικών υποστρωμάτων, που περιέχουν μεγάλες ποσότητες εύκολα διαθέσιμων υδατανθράκων, δημιουργείται έντονη μικροβιακή δράση στο υπόστρωμα και παρουσιάζεται αξιόλογη μεταβολή της διαθεσιμότητας των θρεπτικών στοιχείων.

### **1.8 Καλλιέργεια σε ίνες καρύδας (coco soil)**

Η καρύδα αναπτύσσεται στις τροπικές περιοχές, ενώ μεγάλη παραγωγή υπάρχει στην Ινδία. Πρωτοεμφανίστηκε στην αγορά ως υπόστρωμα καλλιέργειας το 1980. Πριν προωθηθεί στο εμπόριο, πλένεται, ζυμώνεται για μερικές εβδομάδες ή και μήνες και αφυδατώνεται κατά ένα μεγάλο μέρος. Το υπόστρωμα παρουσιάζει σταθερότητα παρουσιάζει σταθερότητα και πολύ ευνοϊκό περιβάλλον για ανάπτυξη της ρίζας.

Είναι υλικό με υψηλό πορώδες 95-97% και χαμηλή πυκνότητα  $82\text{kg/m}^3$ . Το pH κυμαίνεται μεταξύ 5 έως 6 και έχει μέση ως υψηλή ρυθμιστική και εναλλακτική ικανότητα (39-69 meq/100g). Έχει επίσης υψηλή υδατοϊκανότητα.

Σήμερα χρησιμοποιείται ευρύτατα για να αντικαταστήσει την τύρφη. Η καλλιέργεια γίνεται σε σάκους ή σε δοχεία, όπως και στην περίπτωση της τύρφης. Στην αγορά υπάρχουν προϊόντα λιγότερο ή περισσότερο ζυμωμένα που προσφέρουν περισσότερο ή λιγότερο αερισμό στην περιοχή της ρίζας, ανάλογα με τις απαιτήσεις των διαφόρων καλλιεργειών. Το 2003 το 30% των καλλιεργούμενων τριαντάφυλλων (συνολικά 9.000 στρέμματα) στην Ολλανδία ήταν σε υπόστρωμα από ίνες καρύδες, που έχουν υποστεί μικρή μόνο αποδόμηση του υλικού (μικρής διάρκειας ζύμωση) για καλύτερο αερισμό της ρίζας.

Συχνά βρίσκονται προϊόντα με υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα. Για αυτό θα πρέπει να μετράται η περιεκτικότητά τους σε άλατα, πριν χρησιμοποιηθούν, και να ξεπλένονται με άφθονο νερό, όταν χρειάζεται.

Ο κοκκοφοίνικας είναι ένα υλικό οργανικής προέλευσης με πολύ καλά χαρακτηριστικά σχετικά με την υδατοϊκανότητα, την αεροϊκανότητα κ.α.. Παράγεται μετά από επεξεργασία της καρύδας και τα βασικά συστατικά του είναι:

1. Το τρίμα του φλοιού cocopeat
2. Οι λεπτές ίνες coco fibre
3. Τα κομμάτια φλοιού coco husks

Το κατάλληλο μίγμα των παραπάνω δημιουργεί το υλικό που είναι γνωστό ως coco soil. Ο κοκκοφοίνικας προέρχεται από το παχύ μεσοκάρπιο του καρπού της καρύδας. Έτσι είναι ένα υλικό απαλλαγμένο από ασθένειες. Συγκρινόμενο με υποστρώματα όπως ο περλίτης, ο

πετροβάμβακας, η ελαφρόπετρα και άλλα, ο κοκοφοίνικας είναι οργανικό υλικό και χρησιμοποιείται σαν υπόστρωμα καλλιέργειας από το 1980.

Στο εμπόριο διατίθεται σε σάκους καλλιέργειας και σε τούβλα (Blocks) συμπιεσμένου υλικού που μετά από την αποσυμπίεση του μπορεί να χρησιμοποιηθεί για καλλιέργεια σε γλάστρες, σε κανάλια και σε σάκους μετά από ανάμιξη με άλλο υλικό.

Το cocosoil είναι ένα υλικό με πολλά προτερήματα έναντι άλλων υποστρωμάτων καθώς η προέλευση του κάνει την προσφορά του στην αγορά γρήγορη και απρόσκοπτη. Η περιεκτικότητά του σε λιγνίνη είναι 45,5%, διατηρώντας έτσι τα φυσικά του χαρακτηριστικά για μεγάλο σχετικά χρονικό διάστημα. Η οργανική του φύση το κάνει ένα υλικό που προσφέρει θρεπτικά στοιχεία στην εκάστοτε καλλιέργεια. Δεν περιέχει εδαφικές προσμίξεις και το pH του είναι 5,5. Παρόλα αυτά χρειάζεται προετοιμασία πριν τη φύτευση έτσι ώστε να μην υπάρχουν προβλήματα θρέψης καθώς το  $\text{KNO}_3$  - αντικαθίσταται από το  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ .

Σήμερα μπορεί κανείς να βρει στην αγορά εκτός του απλού Cocosoil τα εξής:

- Ουδετεροποιημένο Cocosoil μετά από μεταχείριση με  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
- Ενσωματωμένο με  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
- Ξεπλυμένο Cocosoil

**Πίνακας 1.4:** Φυσικές και χημικές ιδιότητες του Cocosoil.

ΓΕΝΙΚΑ					
Νωπό βάρος (πεπιεσμένης μπάλας)		250 kg/m <sup>3</sup>			
Νωπό βάρος		70-85 kg/m <sup>3</sup>			
Πορώδες		96%			
ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΝΕΡΟΥ/ΑΕΡΑ					
Υγρασιακή τάση	Αέρας %	Νερό %	Στερεά %		
-10cm	25-30	66-71	4		
-50cm	50	46	4		
-100cm	54	42	4		
ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ					
Λιγνίνη	45.5%	$\text{NO}_3$	0.4	Fe	28.5
EC	≤ 0.5 mS/cm	P	0.25	Mn	1.3
pH	5.4	K	2.0	Zn	0.9
		Mg	0.1	Cu	0.8
		Na	≤ 2.0	B	10.0
		Cl	≤ 2.0		

Στην πρώτη περίπτωση το υπόστρωμα είναι έτοιμο για χρήση έχοντας χαμηλή E.C. και σταθερότητα σε σχέση με την αντικατάσταση των στοιχείων που αναφέραμε παραπάνω. Στην δεύτερη περίπτωση το υπόστρωμα χρειάζεται ξέπλυμα για δύο ώρες περίπου με διάλυμα

CaNO<sub>3</sub>, ενώ το ξεπλυμένο προϊόν έχει χαμηλή E.C., δεν είναι όμως σταθεροποιημένο αφού έχει ξεπλυθεί με σκέτο νερό

### 1.9 Καλλιέργεια με ελαφρόπετρα

Η Ελληνική ελαφρόπετρα είναι προϊόν της δράσης του ηφαιστείου της Νισύρου ή της Θήρας πριν 200000 χρόνια. Χαρακτηρίζεται ως πορώδες ηφαιστειογενές ορυκτό με χαλαρή δομή που οφείλεται στο σχηματισμό φυσαλίδων αέρα ή κενών όταν τα διαλυμένα αέρια λάβας ελευθερώνονται και ψύχονται. Είναι σχεδόν λευκού χρώματος πέτρωμα, με εξαιρετικά χαμηλή πυκνότητα αποτέλεσμα των διαστολών που υπέστη κατά την τήξη της, λόγω των αερίων που τα διαπέρασαν ωθούμενα από τον πυρήνα του ηφαιστείου. Τα ηφαιστειακά αυτά αέρια μετέτρεψαν αποτελεσματικά τη λάβα σε αφρό και είναι αυτή η πληθώρα από αεροκανάλια που δίνει στην ελαφρόπετρα τόσο χαμηλή πυκνότητα. Η ελαφρόπετρα χρησιμοποιείται στη φυσική της κατάσταση χωρίς καμία επεξεργασία παρά μόνο μετά από το σπάσιμο της και την κατάταξη της σε μεγέθη. Η χημική της σύσταση δεν διαφέρει από αυτήν του μάγματος του ηφαιστείου. Σε σημαντικές ποσότητες περιέχει πάντα το πυρίτιο. Το pH είναι 8,2 και η EC είναι 0,45 mS/cm. Το πορώδες αποτελεί το 65% του όγκου του υλικού. Το 30% καταλαμβάνεται από αέρα και το 35% από νερό. Η υψηλή ικανότητα συγκράτησης νερού οφείλεται στο μικρό μέγεθος των πόρων και στο κλειστό πορώδες της ελαφρόπετρας. Διατηρεί την μηχανική της σύσταση για μεγάλο χρονικό διάστημα και μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί αρκετές φορές. Στο πίνακα 3 αναφέρεται η χημική ανάλυση της ελαφρόπετρας.

**Πίνακας 1.5:** Χημική ανάλυση ελαφρόπετρας (%).

Χημικές ενώσεις	Τύπος	(%)
Διοξείδιο Πυριτίου	SiO <sub>2</sub>	70,55
Οξείδιο Αργιλίου	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,24
Οξείδιο Σιδήρου	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,89
Οξείδιο Ασβεστίου	CaO	2,36
Οξείδιο Μαγνησίου	MgO	0,16
Οξείδιο θείου	SO <sub>3</sub>	0,03
Οξείδιο Καλίου	K <sub>2</sub> O	4,21
Οξείδιο Νατρίου	Na <sub>2</sub> O	3,49
Λοιπά	---	6,11
Σύνολο	---	100

Πηγή: (Γιώργας και Μισαηλίδης, 1997)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ

### 2.1 Ιστορική αναδρομή

Από το Μεσαίωνα μέχρι το 18<sup>ο</sup> αιώνα πίστευαν ότι τα φυτά τρέφονταν μόνο με το νερό και ότι το έδαφος τους προσέφερε μόνο στήριξη. Η υδροπονία ξεκίνησε μετά το 18<sup>ο</sup> αιώνα, ως εργαλείο για ακαδημαϊκή έρευνα στη θρέψη των φυτών και πολύ αργότερα (20<sup>ο</sup> αιώνα) εξελίχθηκε σε μέθοδο παραγωγής. Κατά την περίοδο 1860 έως το 1900 στη Γερμανία η υδροπονική καλλιέργεια αποτελεί ένα γενικά παραδεκτό εργαλείο έρευνας. Η πυκνότητα των διαλυμάτων σε ανόργανα θρεπτικά στοιχεία κυμαινόταν από 0,1- 0,6 %. Την εποχή αυτή προσδιορίστηκαν ως απαραίτητα 10 από τα αναγκαία ανόργανα στοιχεία για την ανάπτυξη των φυτών.

Μετά το 1900, εκτός από τις χημικές ιδιότητες των στοιχείων, δόθηκε προσοχή και στις φυσικές ιδιότητες του υποστρώματος ανάπτυξης και του περιβάλλοντος της ρίζας γενικά (ωσμωτική πίεση, θερμοκρασία, συγκέντρωση οξυγόνου, οξύτητα).

Το 1914 ο W.E Tottingham δημοσίευσε μια ερευνητική εργασία για την ποσοτική σύνθεση των στοιχείων του διαλύματος και τη φυσιολογική τους επίδραση στο φυτό (προτείνει συνολική συγκέντρωση 0,6% ή 2,5 Atm ωσμωτική πίεση, με βάση το διάλυμα Knops).

Το 1919-1920 ο Hoagland βρήκε ότι διαλύματα με συγκέντρωση λιπαντικών στοιχείων από 0,48 έως 1,45% έδιναν πολύ καλό αποτέλεσμα, αρκεί να ανανεώνονταν συχνά. Κατά την περίοδο αυτή όλες οι πειραματικές εργασίες γίνονταν σε υποστρώματα άμμου.

Το 1923 ο από εργασίες των A.L.Bakke και L.W.Erdman αποδείχτηκε ότι η ανάπτυξη των φυτών με υδροπονία μέθοδο ήταν πολύ καλύτερη από αυτήν του εδάφους.

Το 1938 αρχίζει η πρώτη εμπορική εκμετάλλευση της υδροπονίας καλλιέργειας στις από ΗΠΑ και τη Β. Ευρώπη, όπου γύρω από τις μεγάλες πόλεις αρκετοί καλλιεργητές ξεκίνησαν υδροπονική καλλιέργεια στο θερμοκήπιο. Γρήγορα την εγκατέλειψαν όμως, λόγω διάφορων τεχνικών προβλημάτων και της υψηλής τιμής των χημικών ενώσεων που χρησιμοποιούσαν.

Από το Β Παγκόσμιο Πόλεμο και μετά γίνονται στην ΗΠΑ μερικές εγκαταστάσεις υδροπονικής καλλιέργειας, για παραγωγικούς σκοπούς, σε υπόστρωμα άμμου.

Το 1950 αναπτύχθηκε από τον Steiner (Wabben and Stainer, 1953) η τεχνική καλλιέργειας σε φιλμ θρεπτικού διαλύματος (NFT), που από το 1966 πήρε σημαντική εξάπλωση στην Μ. Βρετανία, με τις προσπάθειες του A.Cooper. Το 1976 αναπτύχθηκε στην Δανία η τεχνική καλλιέργειας με αδρανές υλικό τον πετροβάμβακα, που είναι η περισσότερο χρησιμοποιούμενη εμπορική μέθοδος στη Β. Ευρώπη σήμερα.

Σ' όλο τον κόσμο, χρησιμοποιούνται σε εμπορική κλίμακα, πάρα πολλές μεθόδους υδροπονικής καλλιέργειας. Ο διεθνής οργανισμός International Society for Soilless Culture (ISOSC), καθώς και πολλά εθνικά Ινστιτούτα, ασχολούνται δραστήρια με το θέμα των υδροπονικών καλλιεργειών και προωθούν την έρευνα στον τομέα αυτό.

## **2.2 Ορισμός της υδροπονίας**

Η υδροπονία είναι 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.

### **2.2.1 Υδροπονικά συστήματα καλλιέργειας**

Τα υδροπονικά συστήματα ταξινομούνται ως εξής:

- ❖ Στατική Αεριζόμενη Τεχνική
- ❖ Τεχνική «Αμπωτις-Παλλίρροια»
- ❖ Τεχνική Βαθείας Ροής
- ❖ Τεχνική Ροής Αεριζόμενου Διαλύματος
- ❖ Τεχνική Λεπτής Στρώσης
- ❖ Τεχνική Στάγδην Άρδευσης
- ❖ Τεχνική Ψεκασμού Ριζόσφαιρας
- ❖ Τεχνική Νέφωσης Ριζόσφαιρας (Αγουρίδας, 2006)

### **2.2.2 Τρόποι διάκρισης των υδροπονικών τεχνικών**

Στη διεθνή βιβλιογραφία συναντήθηκαν πολλοί διαφορετικοί τρόποι υδροπονικών τεχνικών και συστημάτων καλλιέργειας. Σύμφωνα με τον καθηγητή Παπαδόπουλο τα υδροπονικά συστήματα προέρχονται από διαφορετικούς συνδυασμούς των στοιχείων από τα οποία απαρτίζονται, τα οποία διαμορφώνονται ως εξής:

#### - Θρεπτικά διαλύματα

- στερεά (ανόργανα, οργανικά, συνθετικά και μικτά)
- ρευστά (υγρά και αέρια)

#### - Μέσα ανάπτυξης

- σταθερά (υδρορροές, πλαίσια, κλπ)
- κινητά (σάκοι, φύλλα, νάιλον, κλπ)



### - Μέσα άρδευσης

- με ασυνεχή ροή (ανακυκλούμενα ή μη)
- με συνεχή ροή ανακυκλούμενα (π.χ. NFT - στοιβάδα θρεπτικού διαλύματος)

Για την περιγραφή των διαφορετικών συστημάτων υδροπονικής καλλιέργειας συνιστάται συνεπώς πώς να γίνεται περιγραφή καθενός από τα παραπάνω συστήματα καλλιέργειας σε σάκους περλίτη με ανακυκλούμενο θρεπτικό διάλυμα με συνεχή ροή κ.α.). Τα συστήματα διακρίνονται σε ανακυκλούμενο και μη διάλυμα και στη συνέχεια αναφέρονται ως κυριότερα συστήματα υδροπονικής καλλιέργειας τα ακόλουθα:

- I. Σύστημα με ψεκασμό του ριζικού συστήματος - Αεροπονική καλλιέργεια
- II. Σύστημα στοιβάδας ανακυκλούμενου θρεπτικού διαλύματος - NFT
- III. Καλλιέργεια σε φυτοδοχεία
- IV. Καλλιέργεια σε πλαίσια
- V. Καλλιέργεια σε πετροβάμβακα
- VI. Καλλιέργεια σε σάκους (Αγουρίδας, 2006)

### **2.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα υδροπονίας**

Οι σημαντικότερες θετικές πτυχές (πλεονεκτήματα) της υδροπονίας παρουσιάζονται παρακάτω:

- ❖ Η ριζική αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκαλούν στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες οι μεταδιδόμενες μέσω του εδάφους ασθένειες,
- ❖ Δεν υφίσταται ανάγκη για απολύμανση του εδάφους ενώ παράλληλα μειώνεται δραστικά η ανάγκη εφαρμογής φυτοφαρμάκων,
- ❖ Λύνεται ριζικά το πρόβλημα της χαμηλής γονιμότητας που εμφανίζουν πολλά εδάφη θερμοκηπίου,
- ❖ Ιδιαίτερη χρήσιμη είναι η υδροπονία όταν το χρησιμοποιούμενο για άρδευση νερό έχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα,
- ❖ Στις υδροπονικές καλλιέργειες το κόστος θέρμανσης είναι μειωμένο,
- ❖ Έχει αποδειχτεί ότι η καλλιέργεια τόσο σε υποστρώματα όσο και σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα επιφέρει σημαντική πρωίμιση,
- ❖ Η θρέψη των φυτών είναι πολύ πιο ακριβής, μπορεί να ελέγχεται και να εποπτεύεται καλύτερα και με μεγαλύτερη αξιοπιστία και επίσης μπορεί να διορθώνεται ευκολότερα 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, κ.λπ.) 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,
- ❖ Αύξηση των αποδόσεων, οι αποδόσεις των υδροπονικών καλλιεργειών είναι κατά μέσο όρο γύρω στο 15-20% υψηλότερες,
- ❖ Τα παραγόμενα στις υδροπονικές καλλιέργειες καλλωπιστικά φυτά είναι καλύτερης ποιότητας, και τέλος,
- ❖ Υπάρχει η δυνατότητα αποτελεσματικότερης προστασίας του περιβάλλοντος όταν η καλλιέργεια λαμβάνει χώρα σε κλειστό υδροπονικό σύστημα με την πλήρη-ορθολογική αξιοποίηση των λιπασμάτων μέσα στο θρεπτικό διάλυμα.

Όμως, μια νέα μορφή καλλιέργειας φυτών, έχει και ορισμένα μειονεκτήματα:

- ❖ Το κόστος της αρχικής εγκατάστασης μιας 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 μία θερμοκηπιακή μονάδα προϋποθέτει ότι ο επικεφαλής της επιχείρησης θα πρέπει να διαθέτει ένα ελάχιστο μορφωτικό επίπεδο,
- ❖ Στα κλειστά υδροπονικά συστήματα υφίσταται κίνδυνος εύκολης εξάπλωσης μίας μόλυνσης μέσω του ανακυκλούμενου 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, 2011).

## 2.4 Γενική περιγραφή καλλιέργειας σε τεχνητά υποστρώματα

Η καλλιέργεια σε τεχνητά υποστρώματα αποτελείται από τέσσερα βασικά συστατικά μέρη τα οποία συνθέτουν την οργάνωση και λειτουργία του όλου συστήματος. Τα συστατικά αυτά μέρη που θεωρητικά είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους, θα πρέπει να οργανωθούν κατά αρμονικό τρόπο ώστε να επέλθει ένα ολοκληρωμένο σύνολο, που είναι απαραίτητη προϋπόθεση για τη επιτυχή λειτουργία της μονάδας. Τα μέρη που αποτελούν τη μονάδα αυτή είναι:

- Το περιβάλλον του θερμοκηπίου
- Το σύστημα τροφοδοσίας νερού και θρεπτικών στοιχείων
- Το υπόστρωμα και η υποδομή που χρειάζεται

- Οι αυτοματισμοί και οι δικλείδες ασφάλειας.

#### **2.4.1 Το περιβάλλον του θερμοκηπίου**

Αναφερόμενοι σε μονάδες υδροπονικής καλλιέργειας, πρέπει να έχουμε υπόψη ότι αυτές πρέπει να είναι πάντοτε υπό κάλυψη με τον κατάλληλο έλεγχο του περιβάλλοντος ούτως ώστε να εξασφαλίζονται οι συνθήκες εκείνες που απαιτούνται για τη μεγιστοποίηση της παραγωγής. Τα περιθώρια αντοχής των καλλιεργειών στην υδροπονία σε ακραίες συνθήκες περιβάλλοντος είναι πολύ πιο στενά. Έτσι, ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες κάθε περιοχής, θα πρέπει να λαμβάνεται πρόνοια ούτως ώστε να εξασφαλίζονται η απαιτούμενη θέρμανση, ο αερισμός, ο κλιματισμός και η υγρασία του θερμοκηπίου στις άριστες συνθήκες που απαιτεί η καλλιέργεια.

#### **2.4.2 Το σύστημα τροφοδοσίας νερού και θρεπτικών στοιχείων**

Το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο σύστημα άρδευσης είναι το στάγδην άρδευσης. Αν και ο σχεδιασμός αλλά και η επιλογή των κατάλληλων εξαρτημάτων παρουσιάζει πολλές ομοιότητες με το σχεδιασμό του συστήματος όταν πρόκειται για συμβατική καλλιέργεια στο έδαφος, εντούτοις υπάρχουν ορισμένες ιδιαιτερότητες που πηγάζουν από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του συστήματος. Το είδος του υποστρώματος, το είδος και η μορφή του δοχείου στο οποίο τοποθετείται το υπόστρωμα και το είδος της φυτείας είναι στοιχεία που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Επίσης, βασικά σημεία που πρέπει να προσεχθούν ιδιαίτερα κατά την εφαρμογή του συστήματος είναι, η ομοιομορφία στην πίεση λειτουργίας και στην παροχή των σταγόνων ώστε να λειτουργούν απόλυτα ομοιόμορφα και να παρέχουν ακριβώς την ίδια ποσότητα νερού και θρεπτικών στοιχείων σε όλα τα φυτά.

Στην υδροπονία, λόγω της ακρίβειας στις συγκεντρώσεις που απαιτούνται κατά την ετοιμασία του θρεπτικού διαλύματος, του μεγάλου αριθμού λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται, σε συνδυασμό με τον έλεγχο και την ρύθμιση της αγωγιμότητα και του pH του θρεπτικού διαλύματος που απαιτείται, η χρήση πολύπλοκων μηχανημάτων που έχουν δημιουργηθεί για το σκοπό αυτό και ονομάζονται αναμίκτες λιπασμάτων (Fertigation Manager). Οι συσκευές αυτές έχουν την δυνατότητα να ετοιμάζουν το θρεπτικό διάλυμα σύμφωνα με το πρόγραμμα που του έχει δοθεί. Παράλληλα, ρυθμίζουν τόσο την άρδευση όσο και το περιβάλλον του θερμοκηπίου με την προσθήκη των απαραίτητων συσκευών-αισθητήρων (Sensors) και των κατάλληλων ρυθμίσεων, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται οι άριστες συνθήκες άρδευσης-θρέψης και κλιματισμού.

### 2.4.3 Υποστρώματα και υποδομές

Η επιλογή του είδους του υποστρώματος που θα χρησιμοποιηθεί διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην όλη διαμόρφωση της μονάδας αλλά και επηρεάζει σημαντικά όλες τις άλλες παραμέτρους που συμμετέχουν στην οργάνωση της. Σαν υπόστρωμα έχουν κατά καιρούς χρησιμοποιηθεί αρκετά υλικά φυτικής προέλευσης χωρίς να έχουν εξαντληθεί όλες οι δυνατές επιλογές. Κριτήρια για την επιλογή ενός υλικού για χρήση ως υπόστρωμα αποτελούν:

- Η δυνατότητα εξεύρεσης του υλικού αυτού στις αναγκαίες ποσότητες.
- Το υλικό να μην παρουσιάζει τοξικές επιδράσεις στο υπό καλλιέργεια φυτό.
- Να μην υπάρχουν τοξικές και/ή επικίνδυνες ουσίες για την ανθρώπινη υγεία.
- Το υλικό να είναι σχετικά αδρανές από πλευράς θρεπτικών στοιχείων ή οι συγκεντρώσεις να είναι τέτοιες που να μην επηρεάζουν το θρεπτικό ισοζύγιο του φυτού.
- Τα φυσικά χαρακτηριστικά να είναι τέτοια που να εξασφαλίζουν τη διατήρηση υγρασίας και αερισμού στις άριστες συνθήκες για την ανάπτυξη του φυτού.
- Το κόστος του υλικού να είναι σε χαμηλά επίπεδα.
- Να παρουσιάζει σταθερότητα στην δομή του για όλη την καλλιεργητική περίοδο.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι ο περλίτης, ο πετροβάμβακας, ο βερμικουλίτης, η άμμος, μικρής διαμέτρου χαλίκια όσον αφορά τα αδρανή υλικά και οι διάφορες κομπόστες οργανικής προέλευσης (Coconut, Peat moss, κτλ). Ανάλογα με την επιλογή του υποστρώματος, πρέπει να λαμβάνεται πρόνοια ούτως ώστε να δημιουργούνται και οι κατάλληλες υποδομές τοποθέτησης του υποστρώματος έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η σταθερότητα στο ριζικό σύστημα, η σωστή στράγγιση, ο αερισμός και η θέρμανση. Για το σκοπό αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν, επίσης, διάφορα υλικά προερχόμενα κυρίως από πλαστικές ύλες (γλάστρες, σωλήνες, πλαστικά, κανάλια κτλ).

### 2.4.4 Αυτοματισμοί και δικλείδες ασφάλειας

Οι αυτοματισμοί αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα στην υδροπονία αφού απώτερος στόχος είναι η επίτευξη της μέγιστης παραγωγικότητας και άριστης ποιότητας προϊόντων. Οι αυτοματισμοί διαχωρίζονται ανάλογα με το τμήμα εκείνο της παραγωγικής διαδικασίας που καλούνται να διαχειριστούν, σε αυτοματισμούς άρδευσης-λίπανσης και αυτοματισμούς ελέγχου του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου.

- **Σε αυτοματισμούς άρδευσης –υδρολίπανσης:** Η εγκατάσταση αυτοματισμού στην άρδευση, παρουσιάζει έντονες διαφορές με την αντίστοιχη εφαρμογή στο έδαφος, αφού στην υδροπονία έχουμε να διαχειριστούμε, εκτός από το νερό που δίνεται στην καλλιέργεια, και την ποσότητα του νερού που αποστραγγίζει από το υπόστρωμα. Επίσης ο προγραμματισμός της άρδευσης έχει άμεση σχέση και αλληλεξάρτηση τόσο με το περιβάλλον του θερμοκηπίου, και ως εκ τούτου προκύπτει άμεσα θέμα συνεργασίας μεταξύ νερού και αλλαγών στις συνθήκες του περιβάλλοντος. Οι αυτοματισμοί που απαιτούνται για την επίτευξη της άριστης θρέψης των φυτών είναι ιδιαίτερα πολύπλοκοι αφού έχουν να διαχειριστούν, εκτός από τα επίπεδα συγκέντρωσης των θρεπτικών στοιχείων, και τη ρύθμιση τόσο της αγωγιμότητας όσο και του pH του θρεπτικού διαλύματος.
- **Αυτοματισμός ελέγχου του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου:** Ο έλεγχος και η ρύθμιση του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου είναι ο παράγοντας που εξασφαλίζει την ποιότητα της παραγωγής και τη λειτουργία της μονάδας σε ασφαλή επίπεδα και σε χαμηλότερο λειτουργικό κόστος. Με τους αυτοματισμούς αυτούς επιδιώκουμε ουσιαστικά τη ρύθμιση στα επιθυμητά επίπεδα της θερμοκρασίας, της υγρασίας, του αερισμού, του φωτισμού και της χημικής σύνθεσης του αέρα του θερμοκηπίου.

## 2.5 Εγκαταστάσεις και Εξοπλισμός

Οι εγκαταστάσεις και εξοπλισμός που χρησιμοποιείται στις διάφορες μεθόδους αφορά κυρίως τα κανάλια, τις δεξαμενές ανακύκλωσης, τα ικρίωματα στήριξης των καναλιών, τα πορώδη υποστρώματα, τα δοχεία, τους αναδευτήρες για την παρασκευή των θρεπτικών διαλυμάτων, τις αντλίες, τις σωληνώσεις, τα όργανα και αισθητήρες για τη ρύθμιση και την τροφοδοσία του θρεπτικού διαλύματος.

### 2.5.1 Εγκαταστάσεις για την ανάπτυξη των φυτών σε ανοιχτό σύστημα

Οι απαιτούμενες εγκαταστάσεις για την ανάπτυξη των φυτών μέσα στο θερμοκήπιο είναι διαφορετικές, όταν πρόκειται η ανάπτυξη των φυτών να γίνει σε δοχεία, σε σάκους σε λεκάνες, σε αυλάκια στο έδαφος, σε στενά κανάλια επί του εδάφους και σε υπερυψωμένα στενά κανάλια.

Σε όλες τις περιπτώσεις μεγάλη σημασία έχει η ισοπέδωση του εδάφους του θερμοκηπίου, πριν αρχίσει η εγκατάσταση. Η κλίση κατά μήκος δε θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 0,3%. Η οριζοντίωση του εδάφους διευκολύνει την τοποθέτηση των αρδευτικών γραμμών

οριζόντια επάνω στο έδαφος, για μια ομοιόμορφη παροχή νερού σε όλη την έκτασή του θερμοκηπίου, εξασφαλίζοντας ομοιόμορφες συνθήκες ανάπτυξης των φυτών.

Μετά την οριζοντίωση του εδάφους το έδαφος συμπιέζεται και όλη η επιφάνεια του εδάφους του θερμοκηπίου καλύπτεται με φύλλο λευκού πλαστικού πάχους 0,2-0,8 mm, ή καλύτερα διπλής όψεως λευκό επάνω και μαύρο στην απομόνωση του εδάφους από το χώρο καλλιέργειας, ώστε να:

- Δημιουργηθεί καθαρό περιβάλλον και να αποφευχθούν οι μολύνσεις από ασθένειες εδάφους.
- Αποτραπεί η ανάπτυξη ζιζανίων στο χώρο του θερμοκηπίου και
- Βελτιωθεί ο φυσικός φωτισμός των κατωτέρων φύλλων με την ανάκλαση του φωτός.

#### **2.5.1.1 Δοχεία καλλιέργειας**

Όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν δοχεία καλλιέργειας (γλάστρες ή άλλα πλαστικά δοχεία), σε ένα ανοιχτό σύστημα καλλιέργειας, τα δοχεία αυτά τοποθετούνται σε γραμμές απλές ή δίδυμες και συγκρατούνται στη θέση τους με μεταλλικές βέργες που τοποθετούνται στις δύο πλευρές των δοχείων και στηρίζονται από κατακόρυφα στηρίγματα που καρφώνονται στο έδαφος. Η βάση της γλάστρας 'κάθεται' σε πλάκα πολυστερίνης που βρίσκονται μέσα σε ένα απλό ανοιχτό κανάλι, για να στραγγίζει και να διασκορπίζεται σε όλη την έκταση το διάλυμα που στραγγίζει ή σε πολυστερίνη που τοποθετείται απευθείας επάνω στο πλαστικό φύλλο που καλύπτει το έδαφος.

Δίπλα στην κάθε γραμμή επί του εδάφους, συνήθως στο χώρο μεταξύ των δύο γραμμών στις δίδυμες γραμμές, τοποθετούνται οι σωληνίσκοι Φ 3mm στο άλλο άκρο των οποίων προσαρμόζεται ο σταλάκτης. Ο σταλάκτης τοποθετείται μέσω ενός κατάλληλου στηρίγματος (που βυθίζεται στο υπόστρωμα του δοχείου) στην γλάστρα λίγο υψηλότερα από το υπόστρωμα. Τοποθετείται ένας σταλάκτης σε κάθε θέση φύτευσης. Ο σταλάκτης δεν πρέπει να βρίσκεται σε επαφή με το υπόστρωμα, γιατί μπορεί να γίνει αναρρόφηση κάποιου σωματιδίου και να βουλώσει.

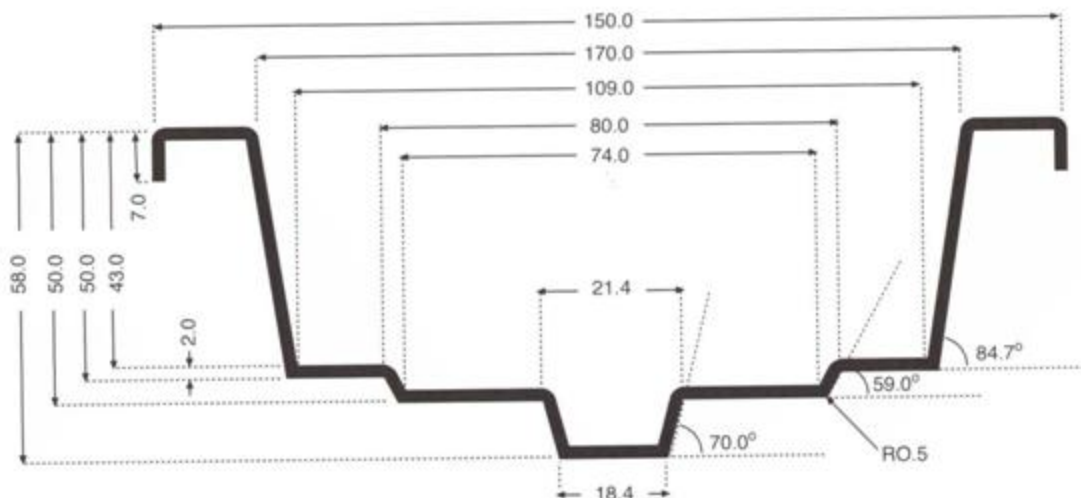
#### **2.5.1.2 Σύστημα υδροπονίας με υδρορροή PVC 110 MAPAL**

Η αυξανόμενη βιομηχανία φραουλών έχει υποβληθεί σε πολλές αλλαγές και πολλά νέα συστήματα υποδοχών για υδροπονία έχουν εισαχθεί στην αγορά αλλά το Marpal με σύστημα υδρορροών σε κανάλια με υλικό PVC 110, ένα καινοτόμο προϊόν του γεωργικού τμήματος Mapals (Agricultural Division Marpal), έχει αποδειχθεί ένα υψηλής ποιότητας, και οικονομικά σημαντικό σύστημα.

Με το σύστημα αυτό, επιτρέπεται να αυξηθεί επιτυχώς έναν υψηλότερο αριθμό εγκαταστάσεων ανά τετραγωνικό μέτρο (μέχρι 20 cm ανά τετραγωνικό μέτρο) επιτρέποντας στον καλλιεργητή να μεγιστοποιήσει τη χρήση των διαστημάτων που προκύπτουν σε ένα θερμοκήπιο και παίρνει έτσι μια υψηλότερη απόδοση στην επένδυση. Χρησιμοποιείται κυρίως με τα διαμορφωμένα κιβώτια που πολυπροπυλενίου MarpaI που τοποθετούνται σε κανάλια υδρορροής όπου μέσα στα κιβώτια αυτά μπορεί να χρησιμοποιηθεί οτιδήποτε υλικό ή οποιοδήποτε είδος υποστρώματος (περλίτης, coco soil, πετροβάμβακας, τύρφη).

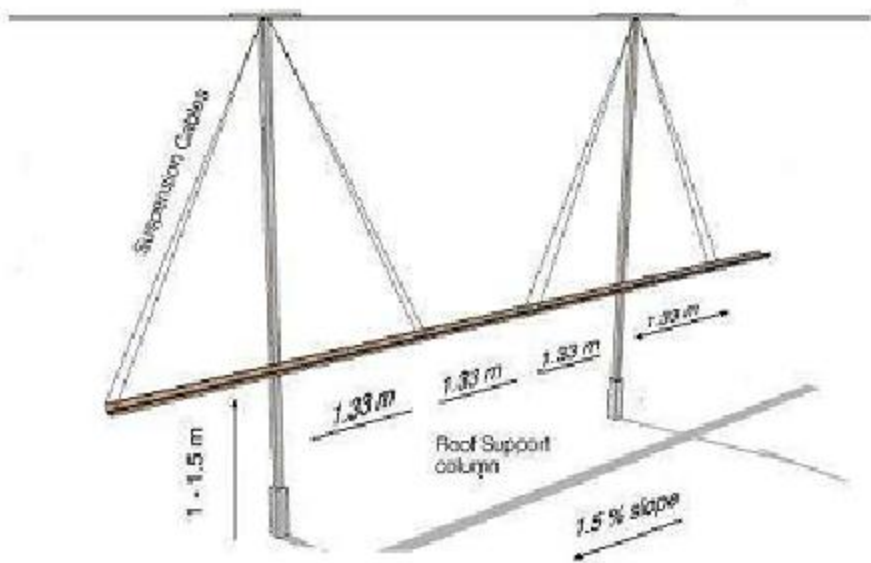
Επιτρέπει την αποδοτικότερη ανακύκλωση του νερού άρδευσης, μειώνει την εξάτμιση του νερού, περιορίζει σημαντικά τα ζιζάνια και επειδή μπορεί να ανασταλεί ή να ανυψωθεί, μειώνει οποιαδήποτε ευκαιρία να σαπίσει ή να ‘χαλάσει’ ο καρπός λόγω της επαφής με το χώμα. Η συγκομιδή των καρπών είναι ευκολότερη και γρηγορότερη λόγω του ύψους, όπου τα κανάλια τίθενται έτσι ώστε οι εργάτες να έχουν πιο εύκολη πρόσβαση στην συγκομιδή των καρπών, που γέρνουν προς τα κάτω ενώ τα φύλλα τείνουν να αυξηθούν προς το φως.

Το μήκος του καναλιού της υδρορροής συνήθως μπορεί να είναι 5.85 m ή και 11.70 m, ενώ το διάστημα μεταξύ των είναι από 50 έως 75 cm, ώστε να βοηθήσει την αύξηση των φυτών στα διάφορα επίπεδα φωτός που δέχονται.



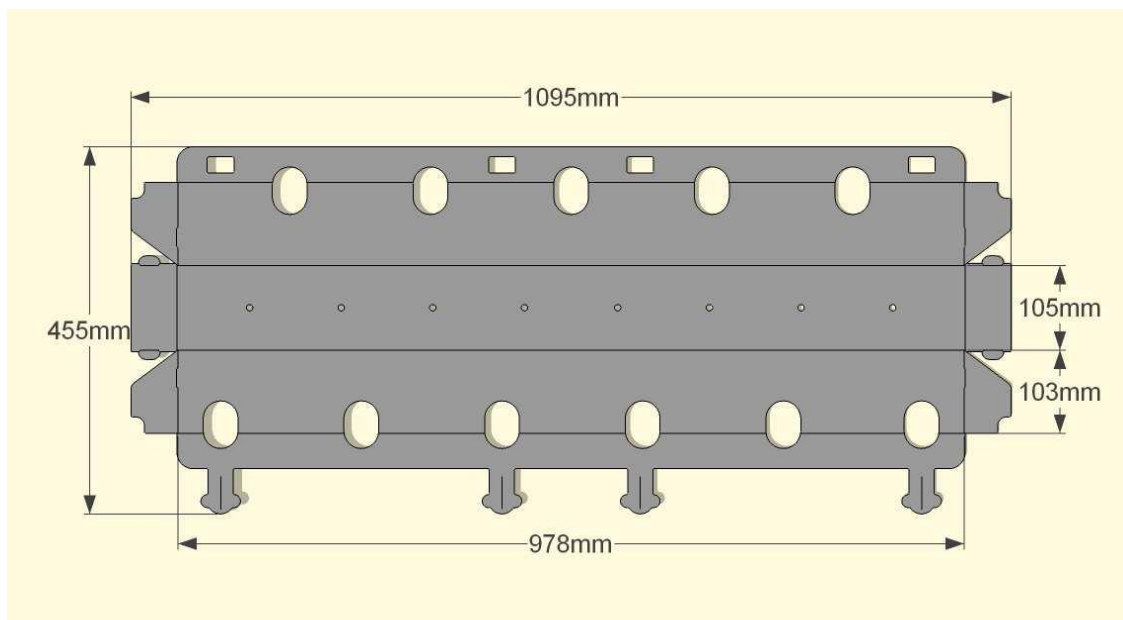
**Εικόνα 2.1:** Προδιαγραφές διαστάσεων για το PVC110 υδρορροής διοχέτευση (κανάλι).

Τα κανάλια κρέμονται, χρησιμοποιώντας κατακόρυφα σύρματα ώστε τελικώς να σχηματίζεται κλίση 1-1.5% στα κανάλια (Ανώνυμος, 2011).



**Εικόνα 2.2:** Αιωρούμενα κανάλια (κρεμαστής μέθοδος).

Η υποδοχές πολυπροπυλενίου που εφαρμόζονται μέσα στα 110 PVC κανάλια, μπορούν να γεμιστούν με οποιοδήποτε υπόστρωμα αλλά και με σάκους. Έτσι επιτυγχάνεται μεγάλη πυκνότητα φύτευσης των φυτών με τον ελάχιστο δυνατό όγκο, ενώ επιτρέπουν καλό αερισμό, εύκολη και καλή διαβροχή, μείωση της εξάτμισης και φυσικά δεν γίνεται επαφή των καρπών με το υπόστρωμα.



**Εικόνα 2.3:** Διαστάσεις του υποδοχέα διαμορφωμένου κουτιού.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΦΡΑΟΥΛΑΣ

### 3.1 Γενικά

Η φράουλα καλλιεργείται σε πολλά μέρη του κόσμου για τον καρπό της, ο οποίος είναι πλούσιος σε άρωμα, γεύσης και βιταμίνες (π.χ. βιταμίνη C). Η μεγάλη ζήτηση που παρουσιάζει ο καρπός της, οδήγησε στην εντατική καλλιέργεια της σε θερμοκήπια αλλά και με την ανάπτυξη υδροπονικής καλλιέργειας φράουλας. Η μέθοδο της υδροπονίας, συμβάλλει στην αύξηση της παραγωγής, την πρωιμότητα και τη βελτίωση της ποιότητας.

Η φράουλα είναι φυτό δικοτυλήδονο και ανήκει στο γένος *Fragaria spp* και στην οικογένεια των ροδιδών (Rosaceae). Οι περισσότερες καλλιεργούμενες ποικιλίες με μεγάλους καρπούς που ανήκουν σε αυτό το νοθομορφικό υβρίδιο, το οποίο προσδιορίστηκε το 1766 ως προϊόν της διασταύρωσης *F. chiloensis* x *F. virginiana* από τον Antoine Nicholas Duchesne, ο οποίος και το ονόμασε *Fragaria x ananasa* (Darrow, 1966)



Εικόνα 3.1: Φυτά φράουλας: Αριστερά *Fragaria x ananasa* και Δεξιά *Fragaria vesca*.

### 3.2 Καταγωγή

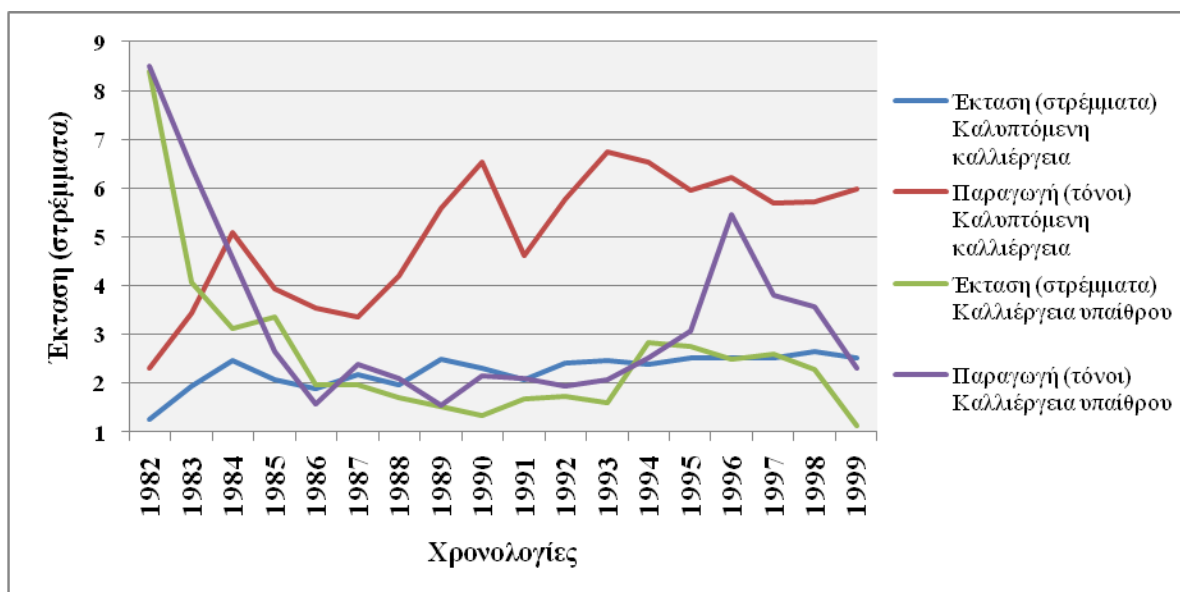
Στο γένος *Fragaria* ανήκουν περίπου 12 αυτοφυή είδη τα οποία, κατά το Darrow (1966), κατάγονται από τις παρακάτω γεωγραφικές περιοχές:

- **Αυτοφυή της Ευρώπης:** *Fragaria vesca* ( $2x=2n=14$ ), *F. Viridis* ( $2x=2n=14$ ), *F. moschata* ( $2x=6n=42$ ) και *F. semperflorens* ( $2x=2n=14$ ).

- **Αυτοφυή της Ασίας:** *F. vesca*, *F. mascata*, *F. daltoniana* ( $2x=2n=14$ ), *F. nubicola* ( $2x=2n=14$ ), *F. nilgerrensis* ( $2x=2n=14$ ), *F. orientalis* ( $2x=4n=28$ ) και *F. moupinensis* ( $2x=4n=28$ ). Από τα παραπάνω είδη τα διπλοειδή *F. daltoniana*, *F. nubicola* και *F. nilgerrensis* αυτοφύονται μόνο στη χερσόνησο της Ινδίας και τη Ν.Α. Ασία και όχι στα υπόλοιπα μέρη της Ασίας.
- **Αυτοφυή της Αμερικής:** *F. chiloensis* ( $2x=8n=56$ ), *F. virginiana* ( $2x=8n=56$ ), *F. oualis* ( $2x=8n=56$ ) και *F. vesca*

### 3.3 Εξέλιξη καλλιέργεια στην Ελλάδα

Στην δεκαετία του 1970 έλαβαν χώρα σημαντικές μεταβολές στην καλλιέργεια φράουλας στη χώρα μας. Τέτοιες μεταβολές ήταν: α) η χρησιμοποίηση υγιούς πολλαπλασιαστικού υλικού (φρέσκα φυτάρια ή έρριζα μοσχεύματα ψυγείου), β) η κάλυψη της φυτείας για προώμιση της παραγωγής και η εγκατάσταση των φυτειών στις νοτιότερες περιοχές της χώρας μας (Πελοπόννησος, Κρήτη, Δωδεκάνησα), η μετατροπή της καλλιέργειας από πολυετή σε διετή φυτείες ή μονοετή καλλιέργεια και δ) η εφαρμογή σύγχρονων τεχνικών καλλιέργειας. Οι παραπάνω μεταβολές, σταδιακά εφαρμοζόμενες, άλλαξαν τον συσχετισμό των υπαίθριων προς τις υπό κάλυψη φυτείες προς όφελος των δευτέρων. Έτσι το ποσοστό των επιτραπέζιων καταναλισκόμενων καρπών αυξήθηκε σημαντικά και ένα μικρό μόνο ποσοστό καρπών προορίζεται για τη βιομηχανία (Γράφημα 3.1). Η σύγχρονες φυτείες, που προορίζονται για την παραγωγή πρώιμων καρπών (από αρχές Φεβρουαρίου), καλύπτονται είτε από χαμηλά σκέπαστρα είτε από υψηλά σκέπαστρα (θερμοκήπια) σε αναλογίες περίπου 50:50%. Η αυξητική μεταβολή των καλλιεργούμενων εκτάσεων την τελευταία τριακονταετία υπήρξε σταδιακή. Έτσι στις αρχές της δεκαετίας του 1980 το σύνολο των καλυπτόμενων με φύλλα πλαστικού φυτειών φράουλας έφθανε περίπου στα 1.200 στρέμματα και από τα τέλη της ίδιας δεκαετίας σταθεροποιήθηκε μεταξύ των 2.200 και 2.600 στρεμμάτων, αριθμός που αντιστοιχεί περίπου στο 50% της συνολικής καλλιεργούμενης με φράουλας έκτασης στη χώρα μας, η οποία ανέρχεται περίπου στις 5.000-5.200 στρέμματα. Οι παραπάνω μεταβολές συνετέλεσαν ώστε η μέση στρεμματική απόδοση να ανέλθει στα 1.800- 2.200 κιλά την τελευταία πενταετία, αρκετά υψηλότερη της παγκόσμιας που κυμαίνεται περί τα 1.350 κιλά.



**Γράφημα 3.1:** Εξέλιξη της καλλιέργειας της φράουλας στην Ελλάδα κατά την περίοδο 1982-1999. **Πηγή:** Υπουργείο Γεωργία (Δ/ση Αγρ. Πολιτικής, Τμήμα Στατιστικής) και ΕΣΥΕ.

### 3.4 Περιγραφή του φυτού

#### 3.4.1 Φυτό

Είναι πολυετής πόα μικρού μεγέθους, της οποίας τα φύλλα ξηραίνονται και απορρίπτονται κάθε φθινόπωρο. Το υπέργειο τμήμα σε φυσικές συνθήκες περιβάλλοντος αναγεννάτε κάθε άνοιξη. Τους μήνες Δεκέμβριο-Ιανουάριο το φυτό βρίσκεται σε λήθαργο.

#### 3.4.2 Ρίζα

Το μέγεθος της ποικίλλει ανάλογα με το είδος της φράουλας και εξαρτάται πρωτίστως από την τάση που έχει κάθε φυτό να σχηματίζει μικρό ή μεγάλο αριθμό στολώνων, επειδή τα νέα φυτά παράγονται από αυτούς. Όταν υπάρχουν λίγοι στόλωνες ανά φυτό, το ριζικό σύστημα που παράγεται σε κάθε νέο φυτό του στόλωνα είναι μεγαλύτερο και πλουσιότερο. Επομένως είναι θέμα απόφασης του καλλιεργητή παραγωγής του αγενούς πολλαπλασιαστικού υλικού να ρυθμίσει έτσι τον αριθμό των στολώνων ανά φυτό ώστε να υπάρξει μια ισορροπία ανάμεσα στον αριθμό των παραγομένων νέων φυτών και το μέγεθός τους, τέτοια που να διασφαλίζει και το καλό οικονομικό αποτέλεσμα της επιχείρησης.

Στο ριζικό σύστημα διακρίνονται οι πρωτοταγείς και οι δευτεροταγείς ρίζες. Πρωτοταγείς είναι οι ρίζες εκείνες που παράγονται απευθείας από την κεφαλή του φυτού ή από τη βάση των κόμβων των στολώνων. Οι πρωτοταγείς ρίζες είναι συνήθως 20-35 και σπανίως φθάνουν και τις 100 ανά φυτό. Από τις πρωτοταγείς ρίζες εκφύονται οι δευτεροταγείς ρίζες και τα

τριχίδια τα οποία ανέρχονται ακόμη και σε χιλιάδες και σχηματίζουν ένα πλούσιο θυссανώδες ριζικό σύστημα. Οι πρωτοταγείς ρίζες εκφύονται από το νεότερο τμήμα της κεφαλής και μάλιστα από τον εξωτερικό αγγειακό κώνο στη βάση κάθε φύλλου. Έτσι, στις περιπτώσεις που η κεφαλή είναι πολύ έξω από το έδαφος η ριζοβόληση μπορεί να μην ξεκινήσει καν ή εφόσον ξεκινήσει οι ρίζες ξηραίνονται πριν φθάσουν στο έδαφος. Η ταχύτητα ανάπτυξης της ρίζας είναι μεγάλη το φθινόπωρο και την άνοιξη, όταν τα επίπεδα θερμοκρασίας και εδαφικής υγρασίας είναι τα καταλληλότερα. Οι ρίζες είναι βραχύβιες. Στο είδος *F. chiloensis* καταστρέφονται και αναγεννώνται κάθε χρόνο, ενώ στο *F. virginiana* και σ' όλες τις καλλιεργούμενες ποικιλίες οι πλείστες των ριζών διατηρούνται ζωντανές για ένα έως δύο χρόνια. Η διάταξη στο χώρο είναι χαρακτηριστική και ακολουθεί το σπειροειδή χαρακτήρα των φύλλων, από τη βάση των οποίων εκφύονται και τα οποία έχουν φυλλοταξία 2/5.

Έχει διαπιστωθεί από πολύ παλαιά (White, 1929) ότι υπάρχει συμβίωση μεταξύ των ριζών της φράουλας και μυκόρριζων. Η συμβίωση αυτή είναι εντελώς απαραίτητη στη *F. chiloensis*, γι' αυτό και η διάδοση αυτού του είδους είναι περιορισμένη σε μερικές μόνο περιοχές της Δ. Αμερικής, όπου στα εδάφη υπάρχει μια συγκεκριμένη μυκόρριζα.

### 3.4.3 Βλαστός

Είναι βραχύτατος με μεσογονάτια διαστήματα ελάχιστου μήκους και καλείται κεφαλή ή ρόδακας (crown). Το ύψος του ρόδακα είναι μόνο μερικά εκατοστά (στα περισσότερα είδη) και μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 50-60 εκ. (*F. chiloensis*). Η κεφαλή συνιστάται από τους αγγειώδες ιστούς (στήλη), οι οποίοι σχηματίζουν έναν κύλινδρο στο κέντρο του οποίου υπάρχει η εντεριώνη και από τους εξωτερικούς ιστούς, που αποτελούνται από τις βάσεις των φύλλων στο εσωτερικό μέρος των οποίων βρίσκονται οι οφθαλμοί. Ακόμη και αν αποκοπούν ή καταστραφούν όλες οι ρίζες μιας πλευράς του φυτού, τα φύλλα έχουν την δυνατότητα να τροφοδοτηθούν από υπόλοιπες ζωντανές ρίζες και αποφεύγουν έτσι το μαρασμό και την πτώση τους.

Στην περίπτωση ελαφρού ή μέτριου παγετού τα κύτταρα της εντεριώνης είναι αυτά που καταστρέφονται πρώτα, ενώ μένουν ανέπαφα τα αγγεία της στήλης και του καμβίου, επειδή αντέχουν περισσότερο. Μόνο σε σοβαρούς και μεγάλης διάρκειας παγετούς καταστρέφονται, μετά την εντεριώνη, πρώτα τα αγγεία και αργότερα τα κύτταρα του καμβίου, τα οποία και λαμβάνουν χρώμα καφετί. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού ένα μέρος των μασχαλιαίων οφθαλμών παραμένει σε λήθαργο, ένα μέρος αυτών εξελίσσεται αυτών σε στόλωνες και περιστασιακά μερικοί μετατρέπονται σε μια πλευρική κεφαλή. Στη διάρκεια όμως του

φθινοπώρου, ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες και το γονότυπο, οι μασχαλιαίοι οφθαλμοί διαφοροποιούνται πιο συχνά σε πλευρικές κεφαλές και ανθοφόρους οφθαλμούς.

#### 3.4.4 Στόλωνες

Είναι ετήσιοι βλαστοί που εκπύσσονται από τους μασχαλιαίους οφθαλμούς και εκτείνονται πλαγίως έρποντας επί του εδάφους. Ο βλαστός αυτός έχει δύο γόνατα. Το δεύτερο (ή ακραίο) γόνατο όταν ακουμπήσει σε υγρό έδαφος ριζοβολεί και παράγεται ταυτόχρονα ένας βλαστός. Σχηματίζεται έτσι μια έρριζη παραφυάδα. Από το βλαστό αυτό παράγεται νέος στόλωνας, ο οποίος θα δώσει γέννηση σε καινούργια έρριζη παραφυάδα και νέο στόλωνα. Η διαδικασία αυτή είναι συνεχής και διαρκεί όλο το καλοκαίρι εφόσον οι συνθήκες θερμοκρασίας, φωτοπεριόδου και θρέψης είναι κατάλληλες. Οι στόλωνες που παράγονται από το μητρικό φυτό καλούνται πρωτοταγείς (πρώτης τάξης). Απ' αυτών παράγονται οι δευτεροταγείς (δεύτερης τάξης), έπονται οι τριτοταγείς (τρίτης τάξης) κ.ο.κ., έτσι που τελικά σχηματίζονται ένας τάπητας από αρκετές δεκάδες ή εκατοντάδες θυγατρικούς στόλωνες και αντίστοιχος αριθμός θυγατρικών φυτών. Οι ρίζες που παράγονται απευθείας από τους βλαστούς των στολώνων είναι πρωτοταγείς και απ' αυτές παράγονται αργότερα οι δευτεροταγείς και τα ριζικά τριχίδια, έτσι που τελικά σχηματίζεται ένα θυσσανώδες ριζικό σύστημα. Όταν τα φυτά των στολώνων αποκτήσουν πλούσιο ριζικό σύστημα αποκόπτονται από το μητρικό φυτό, οπότε καθίστανται αυτόνομα και μπορούν να μεταφερθούν και να μεταφυτευθούν σε άλλη θέση. Εάν τα φυτά που παράγονται από τους στόλωνες δεν αποκοπούν από το μητρικό φυτό και δεν μεταφερθούν σ' άλλη θέση, με την έλευση του χειμώνα καταστρέφονται το υπέργειο τμήμα τους καθώς και ο στόλωνας από τον οποίο προήλθαν. Παραμένει όμως ζωντανό το υπόγειο μέρος, το οποίο την επόμενη άνοιξη δίνει ένα αυτόνομο φυτό. Με αυτό τον τρόπο η φράουλα αυτοπολλαπλασιάζεται αγενώς τόσο στη φύση όσο και σε συνθήκες συστηματικής καλλιέργειας. Το σύνολο των φυτών που παράγονται από τους στόλωνες ενός φυτού συνιστούν έναν κλώνο.



**Εικόνα 3.2:** Φυτά φράουλα στην έναρξη παραγωγής στολώνων.

### 3.4.5 Φύλλα

Όπως προαναφέρθηκε η διάταξη των φύλλων επί της κεφαλής είναι σπειροειδής σε φυλλοταξίες 2/5, που σημαίνει ότι ακριβώς, στην ίδια κάθετη γραμμή βρίσκονται το 1<sup>ο</sup> και το 6<sup>ο</sup> φύλλο. Η διάταξη αυτή επιτρέπει τη μέγιστη έκθεση του φυτού στον ήλιο. Στα περισσότερα είδη και ποικιλίες φράουλας το φύλλο είναι σύνθετο και αποτελείται από τρία φυλλάρια, ωοειδή, οδοντωτά, έμμισχα. Υπάρχουν και ποικιλίες στις οποίες τα φύλλα φέρουν τέσσερα ή πέντε φυλλάρια, χαρακτηριστικό γνώρισμα της *F. chiloensis*. Στη βάση του μίσχου υπάρχουν δύο παράφυλλα, τα οποία προστατεύουν το μασχαλιαίο οφθαλμό. Το πάχος του ελάσματος στο φύλλο διαφέρει ανάλογα με το είδος. Η *F. vesca* έχει λεπτό έλασμα και αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι ως αυτοφυής απαντάται στα σκιερά δασοσκεπή ή θαμνοσκεπή μέρη. Αντίθετα η *F. chiloensis*, η οποία ως αυτοφυής απαντάται σε χορτολιβαδικές πεδινές ή λοφώδεις περιοχές με άφθονο ήλιο, έχει το πλέον παχύ έλασμα φύλλων. Ενδιάμεσα των ανωτέρω βρίσκονται οι *F. virginiana* και *F. nilgerrensis*. Στης καλλιεργούμενες ποικιλίες και υβρίδια της *Fragaria x ananasa* το πάχος του ελάσματος των φύλλων κυμαίνεται μεταξύ εκείνου των *F. chiloensis* και *F. virginiana*. Ο μίσχος των φύλλων είναι συνήθως μακρύς και καλύπτεται από πλήθος αστεροειδών τριχών. Λευκές τρίχες φέρει και η κάτω επιφάνεια του ελάσματος. Η διάρκεια ζωής του κάθε φύλλου κυμαίνεται από 1 έως 3 μήνες. Η πτώση των φύλλων είναι σταδιακή και σύμφωνη με το χρόνο εμφάνισης του καθενός. Τη μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια το φυτό την έχει τον Ιούλιο μέχρι αρχές Αυγούστου, με την προϋπόθεση ότι αυτό αναπτύσσεται στο ύπαιθρο και όχι σε καλυπτόμενες φυτείες. Εκείνο όμως που λαμβάνεται σοβαρά υπόψη, επειδή καθορίζει τη μελλοντική παραγωγή, είναι ο αριθμός των φύλλων που υπάρχουν στο φυτό το φθινόπωρο. Την εποχή αυτή γίνεται η διαφοροποίηση των βλαστοφόρων σε ανθοφόρους οφθαλμούς, οι οποίοι την επόμενη άνοιξη θα δώσουν τους

καρπούς. Επειδή οι οφθαλμοί αυτοί είναι μασχαλιαίοι συνεπάγεται ότι όσο περισσότερα είναι τα φύλλα τόσο περισσότεροι θα είναι και οι οφθαλμοί που θα διαφοροποιηθούν, άρα τόσο μεγαλύτερη και η παραγωγή καρπών την επόμενη άνοιξη. Η διαφοροποίηση των οφθαλμών αρχίζει τα τέλη Αυγούστου, συνεχίζεται τους μήνες Σεπτέμβριο και Οκτώβριο και ολοκληρώνεται περί τα τέλη Νοεμβρίου. Υπάρχουν και ποικιλίες (Auchincruive, Climax), στις οποίες η έναρξη διαφοροποίησης των οφθαλμών λαμβάνει χώρα στις αρχές Αυγούστου (Robertson and Wood, 1954; Robertson, 1955). Στα περισσότερα είδη και τις καλλιεργούμενες ποικιλίες φράουλας τα φύλλα πέφτουν με την έναρξη του χειμώνα και το φυτό εισέρχεται σε λήθαργο. Υπάρχουν όμως και ποικιλίες της *F. chiloensis* οι οποίες μπορούν να διατηρήσουν τα φύλλα τους καθ' όλη τη διάρκεια του χειμώνα, εφόσον το μικρόκλιμα της περιοχής όπου καλλιεργούνται είναι ήπιο.

### 3.4.6 Ταξιανθία

Νωρίς την άνοιξη από τους διαφοροποιημένους το προηγούμενο φθινόπωρο οφθαλμούς αναπτύσσεται το ανθοφόρο στέλεχος, το οποίο σχηματίζει ταξιανθία κόρυμβος. Το ανθοφόρο στέλεχος προέρχεται από το μασχαλιαίο οφθαλμό ενός βράκτιου φύλλου, το οποίο σε μια ταξιανθία παραμένει στην βάση του κυρίου στελέχους. Το κύριο στέλεχος σε κάποιο ύψος διχάζεται σε δύο δεύτερης τάξης βραχίονες. Στο σημείο διχασμού (κόμβος), το οποίο είναι το ανώτερο σημείο του κύριου στελέχους, υπάρχει το πρώτης τάξης άνθος. Οι δεύτερης τάξης βραχίονες σε κάποιο ύψος διχάζονται και αυτοί (νέος κόμβος) δίδοντας τους τρίτης τάξης βραχίονες, ενώ στο σημείο διχασμού υπάρχει το δεύτερο τάξης άνθος. Το ανωτέρω αναφερόμενο ανθοφόρο στέλεχος δεν έχει την γέννηση του απευθείας στον οφθαλμό αλλά αποτελεί συνέχεια του ποδίσκου, ο οποίος στα περισσότερα είδη και ποικιλίες φράουλας είναι βραχύς (μερικά χιλιοστά) και είναι αυτός που συνδέει το στέλεχος με την κεφαλή. Συνήθως από κάθε ποδίσκο εκφύεται ένα μόνο στέλεχος. Μερικές φορές αντί του ενός εκφύονται από διάφορα σημεία του ποδίσκου περισσότερα ανθικά στελέχη. Στις περισσότερες καλλιεργούμενες ποικιλίες υπάρχει δεύτερο ανθικό στέλεχος το οποίο όμως εκφύεται από το μασχαλιαίο οφθαλμό ενός άλλου βράκτιου φύλλου. Τα ανθικά στελέχη φέρουν τρίχες.

Κάθε κύριο ανθικό στέλεχος συνιστάται συνήθως από τρία μεσογονάτια διαστήματα, εκ των οποίων το βασικό, που αρχίζει από τον ποδίσκο και τελειώνει στο σημείο διχασμού, είναι το μακρύτερο. Ακολουθεί το μεσαίο που είναι το βραχύτερο (λίγα μόνο χιλιοστά), που οριοθετείται μεταξύ του σημείου διχασμού και ενός βράκτιου φύλλου, από το μασχαλιαίο οφθαλμό του οποίου προέρχεται ο βραχίονας δεύτερης τάξης. Το τρίτο μεσογονάτιο είναι

κάπως μεγαλύτερο (μερικά εκατοστά) και στην κορυφή του φέρει το άνθος. Τρία μεσογονάτια διαστήματα φέρει κάθε ανθοφόρος βραχίονας, ανεξάρτητα από την τάξη γέννησης του (δεύτερης, τρίτης, κτλ.). Έτσι, σε μία τυπική ανθοταξία υπάρχουν: ένα πρώτης τάξης άνθος (το πρωιμότερο), δύο δεύτερης τάξης, τέσσερα τρίτης τάξης και οκτώ τέταρτης τάξης άνθη. Το μέγεθος έκαστου βράκτιου φύλλου εξαρτάται από την τάξη του βραχίονα στο οποίο ανήκει. Έτσι, το μεν βράκτιο του πρώτου βραχίονα το οποίο βρίσκεται επί της κεφαλής (ρόδακα) είναι αρκετά μεγάλο, μοιάζει με τα πραγματικά φύλλα, ιδίως στις περιπτώσεις που είναι και αυτό σύνθετο με τρία φυλλάρια, ενώ το βράκτιο της τέταρτης τάξης βραχίονα είναι τόσο μικρό που μόλις διακρίνεται για να υποδηλώσει ότι από εκεί (το μασχαλιαίο του οφθαλμού) αναδύθηκε ο βραχίονας.



**Εικόνα 3.3:** Αριστερά: Βράκτια φύλλα στην βάση της κύριας ταξιανθίας Δεξιά: Πρωταρχικό άνθος από την βάση της ταξιανθίας.

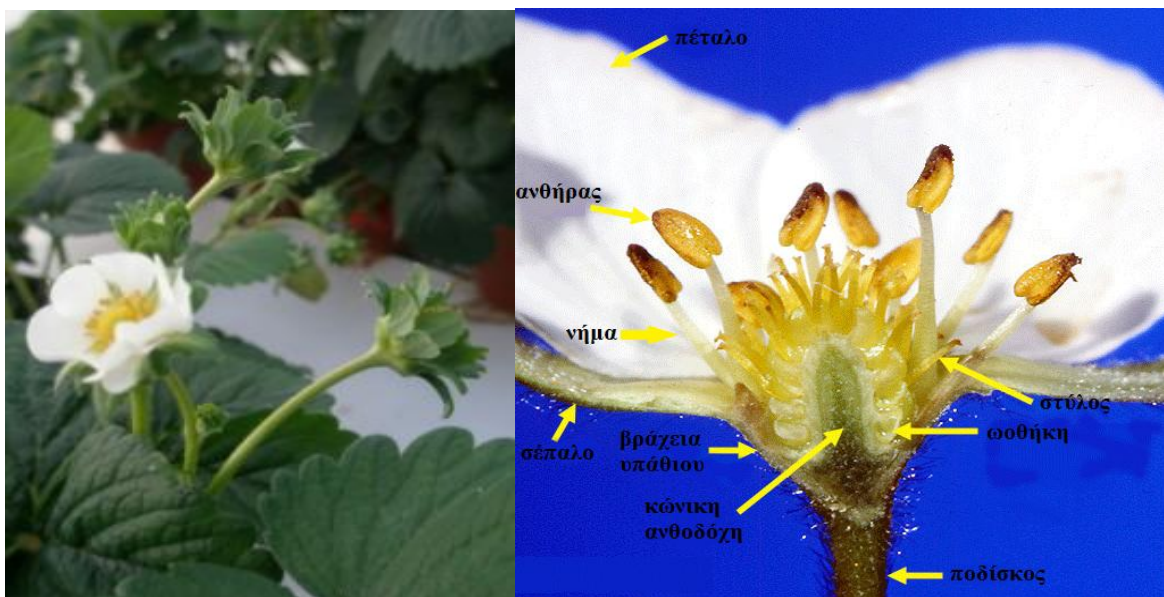
### 3.4.7 Άνθος

Κανονικά το άνθος της φράουλας είναι τέλειο, δηλαδή ερμαφρόδιτο. Έχει στεφάνη με πέντε λευκά ωοειδή πέταλα, κάλυκα με 10 λοβούς τακτοποιημένους σε δύο σπονδύλους, από τους οποίους (λοβούς) οι τρεις είναι εξωτερικοί, μικρότεροι σε μέγεθος και συνιστούν ένα είδος υποκάλυκα. Οι στήμονες είναι πολυάριθμοι, συνήθως πολλαπλάσιοι του 5 (20-35), τοποθετούμενοι σε τρεις (Darrow, 1966) ή κατ' άλλους σε δύο σπονδύλους (σπείρες). Οι στήμονες διαφέρουν μεταξύ τους στο μήκος και το πάχος του νήματος τους και έχουν ένα χρυσαφί χρώμα όταν περιέχουν αρκετή ποσότητα γύρης. Υπάρχουν και στήμονες οι οποίοι δεν έχουν καλή ανάπτυξη και ονομάζονται «στημονοειδή». Σε ένα άνθος μπορεί να



συνυπάρχουν καλοσχηματισμένοι, κανονικοί στήμονες και στημονοειδή. Η γύρη ωριμάζει πριν ακόμη ανοίξει ο ανθήρας ή το άνθος, αλλά συνήθως ο ανθήρας διαρρηγνύεται μετά το άνοιγμα των ανθέων, οπότε και επέρχεται μερική αφύγρανσή του. Η απελευθερωμένη γύρη αρχικά είναι βαριά και κολλώδης, αργότερα όμως αποξηραίνεται και μπορεί να μεταφερθεί και με τα ρεύματα του αέρα. Σε κανονικές συνθήκες η γύρη παραμένει ζωτική για αρκετές ημέρες και αν αποξηραθεί ελαφρώς διατηρείται στο ψυγείο για αρκετές εβδομάδες.

Οι ύπεροι είναι πολυάριθμοι και τακτοποιημένοι σε σπειροειδή διάταξη επί της ανθοδόχης. Κάθε ύπερος έχει μία ωοθήκη, το στύλο και το στίγμα. Η ωοθήκη περιέχει ένα μόνο ωάριο. Το στίγμα είναι τραχύ και κολλώδες. Όταν γονιμοποιηθεί το ωάριο και παραχθεί το έμβρυο, η ωοθήκη μετατρέπεται σε αχάινιο, που είναι ο κανονικός καρπός, αλλά συνήθως αποκαλείται σπέρμα. Εκτός από τα τέλεια άνθη, απαντώνται και ατελή (αρσενικά και θηλυκά). Τέτοια άνθη φέρουν τα πολυπλοειδή αυτοφυή είδη (εξαπλοειδή και οκταπλοειδή) αλλά και οι καλλιεργούμενες ποικιλίες που προέκυψαν από αυτά.



Εικόνα 3.4: Άνθος φράουλας και κατά μήκος τομή του.

### 3.4.8 Καρπός

Μετά τη γονιμοποίηση του ωαρίου, αναπτύσσεται γρήγορα η ωοθήκη και ταυτόχρονα αρχίζει η διόγκωση της ανθοδόχης. Το μούρο είναι το εμπορεύσιμο προϊόν της φράουλας. Το μέγεθος του μούρου ποικίλλει από μικρό έως πολύ μεγάλο, ανάλογα με το είδος, την ποικιλία, τη θέση του στο ανθικό στέλεχος και τις συνθήκες θρέψης.

Το σχήμα του καρπού ποικίλλει από κανονικό κωνικό, ωοειδές, σφαιροκωνικό, σφαιρικό, επίμηκες κωνικό με λαιμό προς τη βάση του, κωνικό με διευρυμένη κορυφή, σφαιροκωνικό με περισσότερες κορυφές έως ανώμαλο. Το σχήμα επηρεάζεται κυρίως από τις καιρικές

συνθήκες που επικρατούν το φθινόπωρο, όταν γίνεται η διαφοροποίηση των οφθαλμών ή την άνοιξη την περίοδο της ανθοφορίας και από το αν έχουν γονιμοποιηθεί όλες οι ωοθήκες.

Το χρώμα του μούρου ποικίλλει από λευκορόδινο, ρόδινο, ανοιχτό κόκκινο μέχρι και έντονο άλικο ή σκούρο κόκκινο, ανάλογα με το γονότυπο. Οι εμπορεύσιμοι καρποί της φράουλας χαρακτηρίζονται από το άρωμα τους αλλά και από τις οργανοληπτικές ιδιότητες τους, οι οποίες εξαρτώνται κυρίως από τη σύνθεση της σάρκας τους σε διαλυτά σάκχαρα και οργανικά οξέα. Θεωρούνται πλούσιοι σε βιταμίνη C. Η μέση χημική σύσταση του μούρου της φράουλας φαίνεται στον Πίνακα 3.1.

**Πίνακας 3.1:** Μέση χημική σύνθεση 100 γρ. καρπού (μούρου) φράουλας.

Συστατικό	Περιεκτικότητα	Συστατικό	Περιεκτικότητα
Νερό	89.9 g	Νάτριο	1.0 mg
Ενέργεια (kcal)	37	Κάλιο	164.0 mg
Πρωτεΐνες	0.7 g	Βιταμίνη Α	60 ΔΜ
Λίπη	0.5 g	Θειαμίνη	0.03 mg
Υδατάνθρακες	8.4 g	Νιασίνη	0.07 mg
Ασβέστιο	21 mg	Ριβοφλαβίνη	0.60 mg
Φωσφόρος	21 mg	Ασκορβικό οξύ (βιταμίνη C)	59.0 mg
Σίδηρο	1 mg		

**Πηγή:** Παπανικολάου, Γ. (1983) και Watt and Merrill (1963)



**Εικόνα 3.5:** Εξέλιξη από ανθοδόχης σε καρπό φράουλας.

### 3.4.9 Σπέρματα (αχαίνια)

Τα αχαίνια ολοκληρώνουν την ανάπτυξη τους πολύ νωρίτερα από την ωρίμανση του μούρου. Το αχαίνιο φέρει εξωτερικά ένα σκληρό περικάρπιο, το οποίο συνίσταται από πολλές στρώσεις κυττάρων, ακολουθεί το μαλακό εξωκάρπιο και ενδοκάρπιο, το οποίο αποτελείται από το μιας στρώσης κυττάρων ενδοσπέρμιο που περικλείει το έμβρυο.

Αποθηκευτικό μέρος τροφών συνιστούν αποκλειστικά οι κοτυληδόνες στις οποίες υπάρχουν πρωτεΐνες και λίπη και καθόλου άμυλο.

### 3.5 Εδαφοκλιματικές Συνθήκες

#### 3.5.1 Κλίμα

Τα φυτά της φράουλας χαρακτηρίζονται από τη μεγάλη προσαρμοστικότητα τους στις περιβαλλοντικές συνθήκες κι έτσι μπορούν να καλλιεργηθούν σε περιοχές που το υψόμετρο τους μπορεί να φτάσει μέχρι 1.000-1.100 μέτρα πάνω από το επίπεδο της θάλασσας. Η φράουλα αντέχει τις χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα, αφού η καταστροφή των ανθέων και του φυλλώματος των περισσότερων καλλιεργούμενων ποικιλιών συμβαίνει στους -2 έως -7 °C. Όταν όμως το φυτό εισέλθει σε λήθαργο, το ριζικό σύστημα μπορεί να αντέξει παγετούς της τάξης των -40 έως -51 °C (Doprow, 1966). Αυτό σημαίνει ότι ανέχεται το χιόνι και μάλιστα δε διατρέχει κίνδυνο όταν το ριζικό σύστημα καλύπτεται από φύλλο πλαστικού ή αχυροστρωμένη. Κινδυνεύει μόνο από τους όψιμους παγετούς της άνοιξης, όταν ο βλαστός της έχει αναπτυχθεί αρκετά και φέρει άνθη και καρπούς. Η ελάχιστη βιολογική θερμοκρασία για τη φράουλα είναι 6 °C, η άριστη ημέρας 22-23 °C, η άριστη νύχτας 10-13 °C, η άριστη θερμοκρασία εδάφους 12-15 °C και η μέγιστη βιολογική 30 °C. Σε ότι αφορά το φωτοπεριοδισμό η φράουλα ανήκει στα φυτά μικρής ημέρας.

Από περιβαλλοντικούς παράγοντες η θερμοκρασία και το φως είναι εκείνα που επηρεάζουν περισσότερο το φυτό, χωρίς βέβαια αυτό να σημαίνει ότι οι άλλοι παράγοντες (ξηρασία, σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας και υδατικά κατακρημνίσματα) είναι μικρότερης σημασίας.

Ο τρόπος που η φωτοπερίοδος επηρεάζει την ανάπτυξη των φυτών φράουλας δεν έχει πλήρως αποσαφηνιστεί ακόμη. Φαίνεται ότι κάθε ποικιλία ή ακόμη και κάθε κλώνος αντιδρά διαφορετικά στο μήκος ημέρας. Οι ίδιοι κλώνοι σε συνθήκες θερμοκηπίου εκδηλώνουν τη μεγαλύτερη ανάπτυξη τους στο καθεστώς της μεγαλύτερης ημέρας, αλλά δείχνουν επίσης αρκετά ζωηρή ανάπτυξη και στο καθεστώς της μικρότερης ημέρας (μέσα του χειμώνα).

Η παραγωγή στολώνων εκδηλώνεται μόνο όταν το μήκος ημέρας είναι τουλάχιστο 12 ώρες και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος πάνω από 10 °C. Φαίνεται ότι ο συνδυασμός φωτοπεριόδου 15 ωρών με θερμοκρασία 22-23 °C είναι ο καλύτερος για την ταχύτερη ανάπτυξη των στολώνων.

Η έναρξη διαφοροποίησης των οφθαλμών σε ανθοφόρους, ανάλογα με την ποικιλία, προϋποθέτει την ύπαρξη μικρής φωτοπεριόδου (6-12 ώρες) για τουλάχιστο 6-14 ημέρες. Οι

διάφορες, πολύφορες ή αειφόρες ποικιλίες συμπεριφέρονται διαφορετικά, δηλαδή διαφοροποιούν τους ανθοφόρους οφθαλμούς τους ακόμη και το καλοκαίρι, όταν η φωτοπερίοδος φθάνει και τις 17 ώρες και θερμοκρασίες είναι υψηλότερες των 30 °C. Για αυτό και οι ποικιλίες αυτές χαρακτηρίζονται και «ποικιλίες μεγάλης ημέρας». Κατά τη διάρκεια της ανθοφορίας και καρποφορίας η σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας πρέπει να είναι μεταξύ 60-70%. Γι αυτό σε αυτή την περίοδο επιβάλλεται καλός αερισμός της φυτείας.

### **3.5.2 Έδαφος**

Η φράουλα αναπτύσσεται σε εδάφη ελαφρά έως μέσης σύστασης (αμμοπηλώδη, αμμοαργιλώδη), γόνιμα, πλούσια σε οργανική ουσία, αρδευόμενα και καλά αποστραγγιζόμενα, χωρίς να αποκλείονται και άλλης κατηγορίας εδάφη (με αναμενόμενη μειωμένη απόδοση). Τα αμμώδη και πολύ ελαφρά εδάφη, τα οποία δε συγκρατούν υγρασία, μπορεί να προωμίζουν την παραγωγή την άνοιξη, όμως δημιουργούν σοβαρά προβλήματα στα φυτά τη θερινή περίοδο, επειδή το ριζικό σύστημα είναι αβαθές και δεν μπορεί να εκμεταλλευτεί το νερό που βρίσκεται σε βαθύτερα στρώματα του εδάφους.

Μεγάλη σημασία, ανεξάρτητα από τον τύπο του εδάφους, είναι η περιεκτικότητα του σε ασβέστιο, η οποία πρέπει να βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα, επειδή η φράουλα θεωρείται ασβεστόφοβο φυτό. Σε ότι αφορά τη χημική αντίδραση του εδάφους αυτή πρέπει να είναι μέτρια έως ελαφρά όξινη ή ουδέτερη (pH μεταξύ 5,5 και 6,5) και η ηλεκτρική αγωγιμότητα πρέπει να διαμορφώνεται σε επίπεδα 1-1,2 mS/cm.

## **3.6 Εγκατάστασης της φυτείας**

### **3.6.1 Επιλογή των κατάλληλων φυτών**

Η επιλογή έχει να κάνει με την προτίμηση της καταλληλότερης ποικιλία για την περιοχή, το μικρόκλιμα και το καλλιεργητικό σύστημα και την κατάσταση των φυτών.

### **3.6.2 Κατηγορίες πολλαπλασιαστικού υλικού**

Διακρίνονται σε φρέσκα έριζα, έριζα μοσχεύματα ψυγείου και in vitro.

- Φρέσκα έριζα μοσχεύματα: Το ξερίζωμα των φυτών από στόλωνες αρχίζει τον Αύγουστο και συνεχίζεται, εφόσον οι συνθήκες το επιτρέπουν, μέχρι τον επόμενο Απρίλιο.
- Έριζα μοσχεύματα ψυγείου: Τα έριζα μοσχεύματα (νεαρά φυτά) , τα οποία θα διατηρηθούν στο ψυγείο, ξεριζώνονται την εποχή που βρίσκονται σε λήθαργο, δηλαδή

τους μήνες Δεκέμβριου και Ιανουάριου. Σε ορισμένες περιοχές η εκρίζωση γίνεται από το Νοέμβριο, αλλά αυτή η πρωιμότητα πολλές φορές ενέχει τον αυξημένο κίνδυνο αποσύνθεσης των φυτών κατά την μακρά περίοδο διατήρησης τους στο ψυγείο. Μερικές φορές, όταν οι συνθήκες το επιτρέπουν, το ξερίζωμα συνεχίζεται και το Φεβρουάριο, χωρίς αυτό να έχει αρνητικές συνέπειες. Την εποχή του ληθάργου τα φυτά της φράουλας στερούνται φυλλώματος (προηγήθηκε η φυλλόπτωση) και από το υπέργειο μέρος διατηρείται μόνο η κεφαλή (ρόδακας), η οποία περιέχει τους μασχαλιαίους οφθαλμούς που προστατεύονται από τις δυσμενείς καιρικές συνθήκες με τα λέπια τους. Συνεπώς κατά το ξερίζωμα το μέγιστο μέρος των φυτών αποτελείται από το ριζικό τους σύστημα. Η διαδικασία του ξερίζωματος είναι η ίδια όπως και στα φρέσκα έριζα φυτά. Όμως η φροντίδα για καλό πλούσιμο είναι αυξημένη ώστε να απομακρυνθεί πλήρως το χώμα που περιβάλλει τις ρίζες. Τα φυτά που θα καταψυχθούν πρέπει να έχουν πλούσιο και υγιές ριζικό σύστημα. Μετά το ξέπλυμα γίνεται η διαλογή των φυτών κατά την οποία εξετάζονται όχι μόνο το ριζικό σύστημα αλλά και η κατάσταση της κεφαλής. Μετά τη διαλογή ανά μέγεθος ριζών, τα φυτά τοποθετούνται σε δεσμίδες των 20-50 μέσα σε πλαστικές σακούλες οι οποίες σφραγίζονται με ελαστική ταινία, ώστε να αποφεύγεται η απώλεια της υγρασίας. Οι πλαστικές σακούλες, που η καθεμιά περιέχει 10-20 δεσμίδες, τοποθετούνται ανά δύο ή τρεις σε ξύλινα κιβώτια. Τα κιβώτια τοποθετούνται στον ψυκτικό θάλαμο, όπου θα παραμείνουν μέχρι την εποχή της φύτευσης, δηλαδή μέχρι το επόμενο καλοκαίρι. Η θερμοκρασία στο ψυγείο πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  και  $-1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Χαμηλότερες ή υψηλότερες θερμοκρασίες προκαλούν ζημιές στα φυτά. Τα φυτά ψυγείου φυτεύονται στο χωράφι τον Ιούνιο-Ιούλιο στις βόρειες ψυχρές περ'οχές ή Ιούλιο-Αύγουστο στις νοτιότερες περιοχές της χώρας μας, όταν πρόκειται για φυτείες φρουτοπαραγωγής και των Αύγουστο μήνα όταν πρόκειται για φυτωριακές φυτείες. Τα φυτά ψυγείου τη στιγμή της εξόδου τους από τον ψυκτικό χώρο είναι παγωμένα και σκληρά. Αποψύχονται σταδιακά και πάντα σε φυσικές συνθήκες σε δροσερό μέρος αφού ανοιχτούν προηγουμένως οι σακούλες που τα περιέχουν. Συνήθως η απόψυξη των φυτών πραγματοποιείται κατά το χρονικό διάστημα της μετακομιδής τους από το ψυγείο στον τόπο προορισμού τους για φύτευση. Πριν τη φύτευση οι ρίζες των φυτών βρέχονται ή εμβαπτίζονται στο νερό ώστε να προστατευθούν από την αποξήρανση τους και να ανακτήσουν τη σπαργή τους. Ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ της ολοκλήρωσης της απόψυξης και της φύτευσης πρέπει να είναι ελάχιστος.

- Φυτά από in vitro καλλιέργεια: Τα φυτά αυτά έχουν το πλεονέκτημα να είναι απαλλαγμένα τελείως από ασθένειες, ιώσεις και ζωικούς εχθρούς και στις περισσότερες των περιπτώσεων είναι και τυπικά της ποικιλίας.

### 3.6.3 Φύτευση και γονιμοποίηση

Η φύτευση της φράουλας στα θερμοκήπια γίνεται συνήθως τον Οκτώβριο. Σε κάθε τρέχον μέτρο φυτεύονται μέχρι και 13 φυτά φράουλας. Για τη γονιμοποίηση των καρπών χρησιμοποιούνται βομβίνοι (*Bombus terrestris*), οι οποίοι εισάγονται από το εξωτερικό, είτε ντόπια μελίτσια, που τοποθετούνται κοντά στα θερμοκήπια.

### 3.7 Τρόπος συγκομιδής

Οι φράουλες πρέπει να συλλέγονται με ποδίσκο κατά τις δροσερές ώρες της ημέρας, να τοποθετούνται σε ελαφρά κιβώτια από πολυστερίνη ή πλαστικό και να μεταφέρονται προσεκτικά στο υπόστεγο ή οπωσδήποτε σε σκιά για να γίνεται η διαλογή και συσκευασία. Όσο πιο μικρή είναι η χρονική διάρκεια χειρισμού (handling) του καρπού τόσο λιγότερα μωλωπίσματα θα προκληθούν στους καρπούς. Αν το εργατικό προσωπικό είναι εκπαιδευμένο τότε η διαλογή και συσκευασία σε μικρά καλάθια των 180 ή 250 γραμμαρίων ή 1 κιλού πρέπει να γίνεται στο χωράφι απευθείας κατά τη συγκομιδή. Από ορισμένους καλλιεργητές φράουλας για αποφυγή των μωλωπισμών στους καρπούς και μείωση των εργατικών συγκομιδής, χρησιμοποιείται ειδικό τρόλεϊ ή καροτσάκι το οποίο διακινείται πάνω από τα σαμάρια μέσα στο θερμοκήπιο. Στο Ισραήλ σε υπερυψωμένη υδροπονία φράουλας χρησιμοποιούν ειδικά τρόλεϊ ποδήλατα που κινούνται κάτω από την καλλιέργεια και έτσι η συγκομιδή γίνεται ακόμα πιο εύκολη (maral).

### 3.8 Συσκευασία

Τα καλάθια συσκευασίας καλύπτονται με λεπτό διαφανές πλαστικό. Θα πρέπει να αναγράφεται η ποιότητα της φράουλας, το βάρος, το όνομα και η διεύθυνση του παραγωγού. Τα καλάθια από χαρτόνι ή πολυστερίνη που φέρουν τρύπες για αερισμό του καρπού, πλεονεκτούν αυτών που κατασκευάζονται από σκληρό πλαστικό.

### 3.9 Διατήρηση σε ψυγεία

Μετά τη συσκευασία αν δεν μετακινηθούν απευθείας στην αγορά, οι φράουλες πρέπει να διατηρούνται σε ψυγεία σε θερμοκρασία 5-6 °C. Για αυξημένη διάρκεια διατήρησης της φράουλας μετά την συγκομιδή χρησιμοποιούνται ειδικά συστήματα πρόψυξης πριν να τοποθετηθούν σε ψυγεία για να ελαττωθεί η θερμοκρασία στους 5-6 °C σε ένα μικρό χρονικό διάστημα. Ο καρπός της φράουλας μπορεί να διατηρηθεί μέχρι 1 εβδομάδα σε θερμοκρασία 0 °C και 95% σχετική υγρασία.

### 3.10 Σύγκριση υδροπονίας με υπαίθρια καλλιέργεια φράουλας

Η καλλιέργεια της φράουλας μετακινήθηκε προς την υδροπονία στα θερμοκήπια λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων που προσφέρει.



**Εικόνα 3.6:** Επάνω η υπαίθρια και κάτω η υδροπονική καλλιέργεια φράουλας.

Το κύριο πλεονέκτημα είναι η πρόωμη και αυξημένη παραγωγή, που έχει ως αποτέλεσμα οι παραγωγοί να παίρνουν υψηλότερες τιμές για τα προϊόντα τους σε σχέση με την παραγωγή στο έδαφος. Ο καρπός έχει μεγαλύτερο μέγεθος, καλύτερο άρωμα και γεύση. Στη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου παρουσιάζει μεγαλύτερη σταθερότητα στην παραγωγή σε

υδροπονικές καλλιέργειες απ' ότι στο έδαφος. Η μη χρήση εδάφους, έχει εξαλείψει τις προσβολές από ασθένειες και εχθρούς του εδάφους ενώ ταυτόχρονα γίνεται ορθολογική, επομένως και εξοικονόμηση, διαχείριση του νερού άρδευσης. Η καλλιέργεια φράουλας σε θερμοκήπιο με την μέθοδο της υδροπονίας, έχει ένα σημαντικό μειονέκτημα, το υψηλό κόστος. Η εγκατάσταση ενός σύγχρονου θερμοκηπίου μαζί με όλα τα απαραίτητα για την υδροπονική καλλιέργεια φράουλας, απαιτούν ένα σημαντικό κεφάλαιο που χρειάζεται χρόνος για την απόσβεση του.

### **3.11 Ποικιλίες**

Οι περισσότεροι γονότυποι της καλλιεργούμενης φράουλας είναι πολλαπλά υβρίδια τα οποία στη βιβλιογραφία αναφέρονται ως ποικιλίες για το λόγο ότι πολλαπλασιάζονται αγενώς και συνεπώς διατηρούν το γονιδίωμα τους σταθερό από γενεά σε γενεά.

#### **3.11.1 Επιλογή ποικιλίας**

Για την επιλογή μιας ποικιλίας λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω:

- Ο εγκλιματισμός της στην περιοχή,
- Η καταλληλότητα της ως προς το σύστημα καλλιέργειας (υπαίθρια ή υπό κάλυψη),
- Η εποχή καρποφορίας (πρώιμη-μεσοπρώιμη-όψιμη-πολύ όψιμη),
- Ο τρόπος καρποφορίας (μιας σοδειάς-δίφορη-πολύφορη),
- Η παραγωγικότητα της,
- Το μέγεθος και η ποιότητα του καρπού,
- Η αντοχή του καρπού στις μεταφορές και τους χειρισμούς, τα αγρονομικά της χαρακτηριστικά και η αντοχή της στις ασθένειες.

Υπάρχει μεγάλος αριθμός ποικίλων που κάθε μια της μπορεί να συνδυάσει ένα μικρό ή μεγαλύτερο αριθμό των παραπάνω χαρακτηριστικών και ο παραγωγός έχει τη δυνατότητα να επιλέξει την καλύτερη κατά την άποψή του.

#### **3.11.2 Ποικιλία San Andreas**

Η ποικιλία San Andreas που χρησιμοποιήθηκε στην συγκεκριμένη πειραματική εργασία, είναι ένα πατενταρισμένο υβρίδιο που έχει δημιουργηθεί το 2008 και έχει την προέλευση του από την Καλιφόρνια των Η.Π.Α. Τα μητρικά φυτά μπορεί να προμηθευτεί κανείς από Ισπανία και Η.Π.Α. Είναι φυτό ουδέτερης φωτοπεριόδου που αρέσκειται σε πλήρες ηλιοφάνεια με μερική φωτοσκίαση ενώ είναι αρκετά σκληραγωγημένο ως προς τις θερμοκρασίες. Τα φύλλα



του υβριδίου έχουν ένα πράσινο μπρούτζινο καφέ χρώμα και άνθη λευκά ενώ τα σπέρματα που παράγει είναι στείρα. Τα χρονικά στάδια άνθησης, είναι κυρίως τρία, και συγκεκριμένα μέσα άνοιξης ,αργά την άνοιξη ή νωρίς το καλοκαίρι και μέσα καλοκαιριού. Η καρποί του είναι πολύ ελκυστικοί σε μέλισσες, πεταλούδες και πουλιά. Απαιτήσεις στο εδαφικό pH πρέπει να κυμαίνονται 5,6-6 (όξινα) ή 6,1-6,5 (ήπια όξινα). Όσο αφορά την αρδευτικές απαιτήσεις, χρειάζεται ομαλότητα χωρίς υπερβολικό νερό. Επιπλέον, έχει μεγάλη ανθεκτικότητα στις ασθένειες.

### 3.12 Εχθροί και Ασθένειες

Η σπουδαιότερες εντομολογικές ασθένειες είναι:

- Αφίδες (*Chaetosiphon fragaefolii*). Η αφίδες της φράουλας μολονότι δεν προκαλούν άμεσα μεγάλη ζημιά στα φυτά από την απομύζηση τους, είναι φορέας των καταστροφικών ιώσεων που προκαλούν: α) το κιτρίνισμα της περιφέρειας των φύλλων (yellow edge) και β) το ζάρωμα των φύλλων (crinkle virus).
- Κόκκινος Τετράνυχος (*Tetranychus urticae*). Μεγάλοι πληθυσμοί του τετράνουχου συγκεντρώνονται στην κάτω επιφάνεια των φύλλων, την οποία απομυζούν και πλέκουν ιστούς. Το φύλλωμα γίνεται μπρούτζινο και σε έντονη προσβολή τα ανθικά μέρη καταστρέφονται.
- Θρίππας Φρανκλινιέλλα (*Frankliniella occidentalis*): Με τη διατροφή του προκαλεί λευκά στίγματα και χρυσοκαφέ αποχρωματισμούς στην επιφάνεια του καρπού, η προσβολή στα άνθη έχει ως αποτέλεσμα την παραμόρφωση του καρπού.
- Καραφατμέ (*Agotis* spp). Προκαλεί ζημιές κυρίως στο λαιμό των φυτών με τη μορφή της του (γκρίζο σκουλήκι).

Η σημαντικότερες μυκητολογικές ασθένειες είναι:

- Φυτόφθορα ή σηψιριζία: Οφείλεται στο μύκητα *Phitophthora fragariae*, ο οποίος ζει και στο έδαφος και προσβάλλει τις ρίζες στις οποίες προκαλεί τη σήψη τους. Μολυσμένα φυτά παρουσιάζονται περισσότερο σε υγρά εδάφη που δε στραγγίζουν εύκολα ενώ οι προσβολές είναι εντονότερες την άνοιξη (ιδιαίτερα όταν προηγούνται βροχερό φθινόπωρο και χειμώνας). Οι προσβολές αρχίζουν από τα ριζικά τριχίδια τα οποία από λευκά μεταχρωματίζονται σε καστανά και σαπίζουν.
- Βερτιτσιλίωση: Η ασθένεια αυτή οφείλεται στους μύκητες *Verticillium albo-atrum* και *Verticillium dahlia*, οι οποίοι ζουν στο έδαφος και κάτω από ευνοϊκές γι' αυτούς

συνθήκες προσβάλλουν τα φυτά μέσω του ριζικού συστήματος και προκαλούν μαρασμό, μειώνοντας την παραγωγή.

- Τεφρά σήψη: Οφείλεται στο μύκητα *Botrytis cinerea* τα σπόρια του οποίου βρίσκονται παντού (αέρα, νερό, υπολείμματα καλλιεργειών, έδαφος κτλ.) και συνεπώς δεν υπάρχει τρόπος αποφυγής των μολυσμάτων. Στη φράουλα προσβάλλει τα άνθη των οποίων προκαλεί την πτώση και τους καρπούς (πράσινους και ώριμους) στους οποίους προκαλεί τη σήψη, περιορίζοντας τους σε μια μαλακή μάζα καλυπτόμενη από σταχτιά σπόρια, τα οποία μοιάζουν σαν σκόνη τέφρα.
- Ωίδιο: Οφείλεται στο μύκητα *Sphaerotheca humuli*. Προσβάλλει τα φύλλα, τα άνθη, τους ποδίσκους των ανθέων και τους καρπούς όπου προκαλεί την επικάλυψη τους αρχικά με άσπρη αλευρώδη μούχλα και αργότερα συστροφή του ελάσματος και καστανές κηλίδες στα φύλλα.
- Δερματώδη σήψη των καρπών και κηλίδωση των φύλλων: Οφείλεται στο μύκητα *Zythia fragariae*.
- Σήψη της κεφαλής: Οφείλεται στο μύκητα *Phytophthora coctorum* που προσβάλλει την περιοχή της ροζέτας και στα παλιότερα και τελικά επέρχεται το κιτρίνισμα, η κατάρρευση και καταστροφή των φυτών.

## **ΜΕΡΟΣ Β.**

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

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

Η πειραματική μελέτη αναφέρεται στην αξιολόγηση υποστρωμάτων κοκοφοίνικα (coco soil), πριονίδι και ελαφρόπετρας για την ανάπτυξη υδροπονικής καλλιέργειας φράουλας χρησιμοποιώντας δύο υποδοχείς (γλάστρες και κανάλια). Πραγματοποιήθηκε στο αγρόκτημα του ΤΕΙ Κρήτης στο Ηράκλειο, της Σχολής Τεχνολογίας Γεωπονίας στο θερμοκήπιο του εργαστηρίου “Καλλιέργειες Εκτός Εδάφους”. Η διάρκεια του πειράματος από την εγκατάσταση των φυταρίων μέχρι την λήξη της καλλιέργειας ήταν 12 εβδομάδες (6/5/2010 έως 27/7/2010). Μια εβδομάδα πριν το διάστημα αυτό πραγματοποιήθηκαν, η προετοιμασία και η εγκατάσταση των υποδομών του πειράματος.

Κατά τη διάρκεια του πειράματος παρατηρήθηκε και καταγράφηκε η ανάπτυξη και η παραγωγή των φυτών και πιο συγκεκριμένα μετρήθηκαν κάθε δυο εβδομάδες τα παρακάτω:

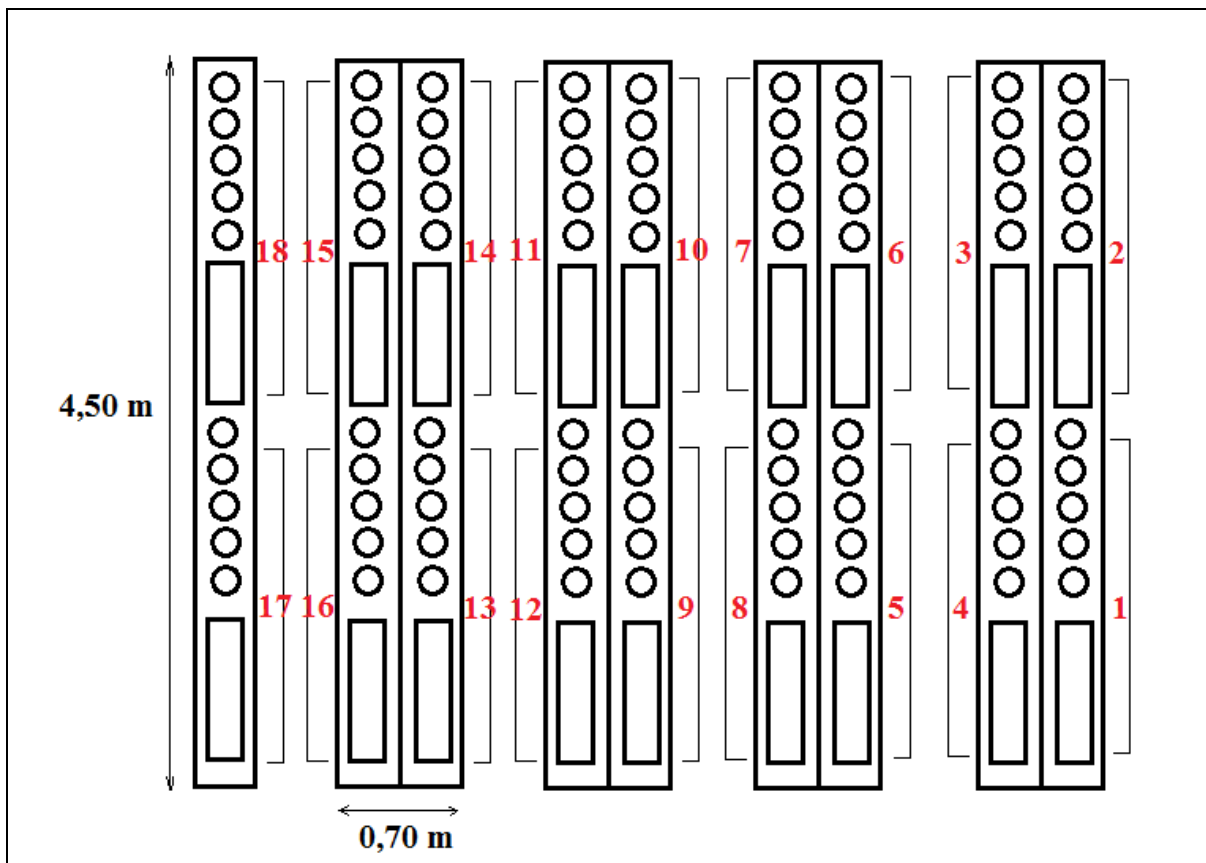
- ❖ Ο αριθμός των παραχθέντων φύλλων
- ❖ Ο αριθμός στολώνων και θυγατρικών φυτών
- ❖ Ο αριθμός των σχηματιζόμενων ανθέων και καρπών
- ❖ Ο φθορισμός των φύλλων
- ❖ Η φωτοσυνθετική ικανότητα των φύλλων
- ❖ Η στοματική αγωγιμότητα των φύλλων
- ❖ Η εσωτερική συγκέντρωση CO<sub>2</sub> των φύλλων
- ❖ Το pH του διαλύματος απορροής
- ❖ Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) του διαλύματος απορροής
- ❖ Ο προσδιορισμός της απορρόφησης θρεπτικών στοιχείων (K, Na, P, NO<sub>3</sub>).
- ❖ Η παραγωγή
- ❖ Το νωπό βάρος καρπών
- ❖ Η διάμετρο και το μήκος του καρπού
- ❖ Η κλίμακα εμπορευσιμότητας
- ❖ Η διακύμανση θερμοκρασίας (ημέρας και νύκτας) μέσα στο θερμοκήπιο

Όταν ολοκληρώθηκε το πείραμα πραγματοποιήθηκαν οι εξής μετρήσεις:

- ❖ Το νωπό και ξηρό βάρος των σχηματιζόμενων βλαστών
- ❖ Το νωπό και ξηρό βάρος των φύλλων
- ❖ Η φυλλική επιφάνεια

#### 4.2 Προετοιμασία και εγκατάσταση γυμνόριζων φυτών ψυγείου φράουλας

Φυτά φράουλας (*Fragaria x ananasa*) ποικιλία ‘San Andreas’ προμηθευτήκαν από την Κύπρο (ενώ η προέλευση τους είναι η ΗΠΑ από την Καλιφόρνια). Αρχικά πραγματοποιήθηκαν διάφορες εργασίες καθαρισμού του θερμοκηπίου και εγκατάστασης των καναλιών. Αναλυτικότερα, πραγματοποιήθηκε το ‘στήσιμο’ των καναλιών με το σύστημα Η σε ύψος 0,50 m και τοποθετήθηκαν ανάποδα 18 διπλά κανάλια (γαλβανιζέ λαμαρίνες) διαστάσεων 4,5 x 0,7 m με απόσταση διαδρόμου 1,00 m (Εικόνα 4.1).



**Εικόνα 4.1:** Σχεδιάγραμμα με θήκες αυλάκια (ορθογώνιο σχήμα) και γλάστρες (κύκλος).

Τα κανάλια τοποθετήθηκαν με την επιθυμητή κατά μήκος κλίση 1,5 - 3%, ώστε να είναι δυνατή η ροή του διαλύματος κατά μήκος των καναλιών. Επάνω στα κανάλια τοποθετήθηκε διπλής όψης (λευκό-μαύρο) πλαστικό, με την λευκή επιφάνεια προς τα επάνω (Εικόνα 4.2).



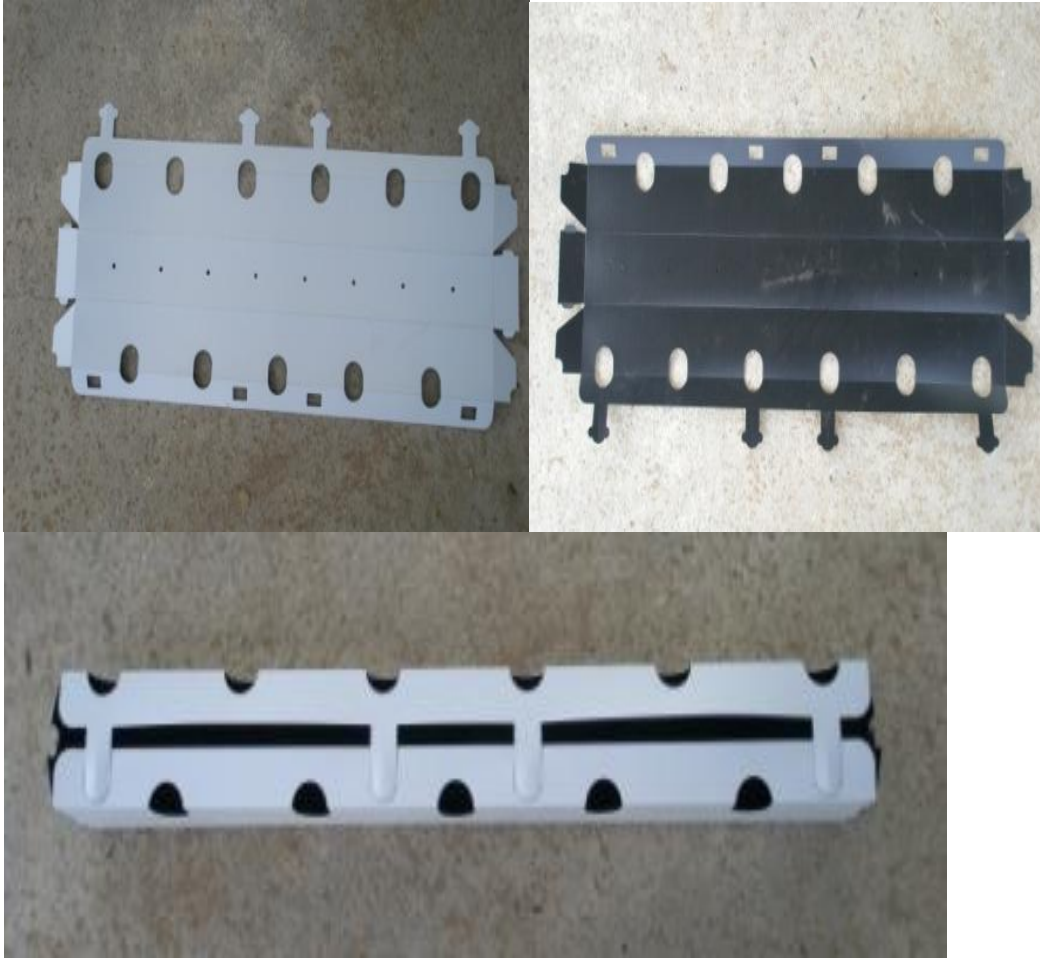
**Εικόνα 4.2:** Τοποθέτηση της λευκής όψης του πλαστικού νάilon στην βάση της λαμαρίνας και ακολούθως τοποθέτηση των ειδικά διαμορφωμένων θηκών- κανάλια και των γλάστρων.

Τα διαμορφωμένα θήκες-κανάλια (PVC 110 MAPAL) με εσωτερική επιφάνεια μαύρο και εξωτερική άσπρο με ημίσκληρο πλαστικό όπου αναδιπλώνονταν και σχημάτιζαν ένα κανάλι με μήκος 100 cm και χωρητικότητας πέντε λίτρων (Εικόνα 4.3). Το κανάλι είχε 11 θέσεις (ώστε να μπορούν να εγκατασταθούν 11 φυτά) σε δυο γραμμές φύτευσης, εναλλάξ κατά μήκος του καναλιού. Οι αποστάσεις των φυτών στην ίδια γραμμή είναι 20 cm, η απόσταση μεταξύ των γραμμών είναι 40 cm. Το κανάλι έχει ειδικές εγκολπώσεις για να προσαρμοστεί το λάστιχο άρδευσης.

Οι πλαστικές γλάστρες που χρησιμοποιήθηκαν είχαν χρώμα εσωτερικά μαύρο και εξωτερικά καφέ ενώ είχαν χωρητικότητα 1,5 λίτρα (Εικόνα 4.4).

Χρησιμοποιήθηκαν ένα ανόργανο υλικό (ελαφρόπετρα) και δυο οργανικά υλικά [(πριονίδι και κοκοφοίνικα (coco soil)], ως υποστρώματα ανάπτυξης φυτών σε διαφορετικές αναλογίες (Πίνακας 4.1). Συνολικά δημιουργήθηκαν τα εξής υποστρώματα και αριθμήθηκαν επιπλέον **α**) coco soil (100%) με αριθμό 1,7,13, **β**) πριονίδι (100%) με αριθμό 2,8,14, **γ**) ελαφρόπετρα (100%) με αριθμό 3,9,15, **δ**) πριονίδι - coco soil (50%-50%) με αριθμό 4,10,16, **ε**) coco soil - ελαφρόπετρα (50%-50%) με αριθμό 5,11,17, **ζ**) πριονίδι - ελαφρόπετρα (50%-50%) με αριθμό 6,12,18.

Δημιουργήθηκαν λοιπόν, 6 μεταχειρίσεις (υποστρώματα) με τρεις επαναλήψεις η καθεμιά συνολικά 18 επεμβάσεις με πλήρως τυχαιοποιημένη διάταξη. Η κάθε επέμβαση είχε 10 φυτά για κάθε κανάλι και 5 φυτά σε αντίστοιχες 5 γλάστρες. Συνολικά λοιπόν για κάθε υπόστρωμα υπήρχαν 30 φυτά στα κανάλια και 15 φυτά σε γλάστρες. Το κάθε υπόστρωμα τοποθετήθηκε σε ειδικά διαμορφωμένες θήκες αυλάκια και σε γλάστρες και τοποθετήθηκαν όπως είχαν αριθμηθεί στην κατάλληλη θέση των καναλιών που είχαν φτιαχτεί.



**Εικόνα 4.3:** Τοποθέτηση της λευκής όψης του πλαστικού νάιλον στη βάση της λαμαρίνας και ακολούθως τοποθέτηση των ειδικά διαμορφωμένων θηκών- κανάλια και των γλαστρών.



**Εικόνα 4.4:** Πλαστική γλάστρα.

**Πίνακας 4.1:** Αναλογίες (%) πριονιδιού, coco soil και ελαφρόπετρας.

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ	ΠΡΙΟΝΙΔΙ (%)	COCO SOIL (%)	ΕΛΑΦΡΟΠΕΤΡΑ (%)
1	100	0	0
2	0	100	0
3	0	0	100
4	50	50	0
5	0	50	50
6	50	0	50

Έγινε εγκατάσταση του συστήματος άρδευσης με αυτορυθμιζόμενους σταλάκτες (στάγδην άρδευση NETAFIM ), ενώ η απόσταση των σταλακτών ήταν ανά 20 cm (4 σταλάκτες σε κάθε θήκη και ένας σε κάθε γλάστρα) και η παροχή των σταλακτήρων ήταν 1,60 L/h (Εικόνα 4.5). Το σύστημα άρδευσης λειτούργησε για 1 εβδομάδα, πριν την μεταφύτευση των γυμνoriζων φυτών ψυγείου, ώστε να διαβραχούν πλήρως τα υποστρώματα και να εκπλυθούν τυχόν άλατα που έχουν τα υποστρώματα με την απορροή αλλά και για να διαπιστωθούν τυχόν απώλειες.

Τοποθετήθηκε μια μετρίου ισχύος αντλία (0.5 Hp) με ένα χρονοδιακόπτη και μια μικρή δεξαμενή μισού τόνου όπου προσθέτονταν σε εβδομαδιαία βάση (ή ανάλογα με τις ανάγκες του πειράματος) νερό, θρεπτικό διάλυμα και οξύ. Το χρονικό διάστημα και η ώρα όπου ο χρονοδιακόπτης ενεργοποιείται για να δώσει ρεύμα στην αντλία και αυτή με τη σειρά της να δώσει παροχή θρεπτικού διαλύματος ήταν συγκεκριμένος. Η διάρκεια των ποτισμάτων ήταν για 40 sec ενώ το πρώτο πότισμα ξεκινούσε το πρωί στις 5:00, το επόμενο πότισμα στις 8:00 και μετά ανά μισή ώρα μέχρι τις 20:00 το βράδυ (Εικόνα 4.6). Το αραιό θρεπτικό διάλυμα ξεκινούσε από τις δεξαμενή όπου με ένα λάστιχο (Φ<sub>15</sub>) εσωτερικά της ,απορροφούσε η αντλία και το μετέφερε σε λάστιχο (Φ<sub>13</sub>) όπου στη συνέχεια διακλαδιζόταν για να φτάσει σε όλες τις θήκες και σε όλες τις γλάστρες, παρέχοντας θρεπτικό διάλυμα στα φυτά. Για να ρυθμιστεί η πίεση των λάστιχων χρησιμοποιήθηκε ένα λάστιχο αντεπιστροφής που ξεκινούσε από την αντλία και επέστρεφε στη δεξαμενή όπου με μια βάνα (ανοιγοκλείνοντας) ελέγχονταν η πίεση των λάστιχων (Εικόνα 4.6). Το υδροπονικό σύστημα που χρησιμοποιήθηκε ήταν ανοιχτό ενώ το πλεονάζον θρεπτικό διάλυμα της απορροής χυνόταν σε συγκεκριμένο αποχετευτικό σύστημα.



**Εικόνα 4.5:** Διακλάδωση αδρευτικού συστήματος κατά την εφαρμογή τους.





**Εικόνα 4.6.** (Αριστερά), Χρονοδιακόπτης. (Δεξιά), νεπόζιτο, αντλία, Δοχεία με θρεπτικά διαλύματα **A** -  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{Fe}$ . **B** -  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{MnSO}_4$ ,  $\text{ZnSO}_4$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ , **C** -  $\text{HNO}_3$ .

Η διαδικασία του φυτέματος των γυμνόριζων φυτών φράουλας πραγματοποιήθηκε με συγκεκριμένο τρόπο στις θήκες-αυλάκια και στις γλάστρες (Εικόνα 4.7). Όλα τα φυτά αριθμήθηκαν από το 1 μέχρι το 270 που είναι το σύνολο το φυτών. Σε κάθε κανάλι ή σετ γλαστρών μετριόταν 3 έως 10 φυτά ανά μεταχείριση και ανά επανάληψη (άρα 9-30 φυτά ανά υπόστρωμα και ανά υποδοχέα). Για διευκόλυνση των μετρήσεων (και του αναγνώστη) τα φυτά αυτά σημαδεύτηκαν για να διακρίνονται καλύτερα (Πίνακας 4.2). Όταν τα φυτά φυτεύτηκαν ξεκίνησε η διαδικασία των ποτίσματος με καθαρό νερό (Εικόνα 4.8).



**Εικόνα 4.7:** (Αριστερά), Τρόπο φυτέματος.

(Δεξιά), Γυμνόριζο φυτό φράουλας.

**Πίνακας 4.2:** Ατομικός αριθμός φυτών. Με κίτρινο τα σημαδεμένα φυτά.

270		225		210		165		150		105		90		45		30	
269		224		209		164		149		104		89		44		29	
268		223		208		163		148		103		88		43		28	
267		222		207		162		147		102		87		42		27	
266		221		206		161		146		101		86		41		26	
265	260	220	215	205	200	160	155	145	140	100	95	85	80	40	35	25	20
264	259	219	214	204	199	159	154	144	139	99	94	84	79	39	34	24	19
263	258	218	213	203	198	158	153	143	138	98	93	83	78	38	33	23	18
262	257	217	212	202	197	157	152	142	137	97	92	82	77	37	32	22	17
261	256	216	211	201	196	156	151	141	136	96	91	81	76	36	31	21	16
	18		15		14		11		10		7		6		3		2
255		240		195		180		135		120		75		60		15	
254		239		194		179		134		119		74		59		14	
253		238		193		178		133		118		73		58		13	
252		237		192		177		132		117		72		57		12	
251		236		191		176		131		116		71		56		11	
250	245	235	230	190	185	175	170	130	125	115	110	70	65	55	50	10	5
249	244	234	229	189	184	174	169	129	124	114	109	69	64	54	49	9	4
248	243	233	228	188	183	173	168	128	123	113	108	68	63	53	48	8	3
247	242	232	227	187	182	172	167	127	122	112	107	67	62	52	47	7	2
246	241	231	226	186	181	171	166	126	121	111	106	66	61	51	46	6	1
	17		16		13		12		9		8		5		4		1



**Εικόνα 4.8:** Ολοκλήρωση των εργασιών με την τοποθέτηση φυταρίων σε κανάλια και γλάστρες και τελική εμφάνιση του πειράματος.

### 4.3 Παρασκευή θρεπτικού διαλύματος

Η πρώτη εφαρμογή θρεπτικού διαλύματος έγινε στις 17/05/2010. Για τις θρεπτικές ανάγκες της καλλιέργειας, χρησιμοποιήθηκε βασικό πυκνό (1\100) θρεπτικό υδροπονικό διάλυμα, το οποίο διαχωριζόταν σε δύο δοχεία, το δοχείο **A** και το δοχείο **B** χωρητικότητας 30 lit έκαστο. Σε ένα τρίτο δοχείο **C** υπήρχε νιτρικό όξυ (5% κ.ο) αραιωμένο σε νερό (Εικόνα 4.6).

Τα χημικά λιπάσματα ή στοιχεία τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή αυτού του θρεπτικού διαλύματος και ήταν για το δοχείο **A**: Calcium nitrate (νιτρικό ασβέστιο), Potassium nitrate (Νιτρικό κάλιο), Ammonium nitrate (Νιτρικό αμμώνιο), και Fe-chelate (Χηλικός σίδηρος) ενώ για το δοχείο **B**: Potassium nitrate (Νιτρικό κάλιο), Magnesium sulphate (Θεικό μαγνήσιο), Magnesium nitrate (Νιτρικό μαγνήσιο), Phosphoric acid (Φωσφορικό οξύ – 86% κ.ο.), Manganese sulfate (Θεικό μαγγάνιο), Zinc sulphate (Θεικός ψευδάργυρος), Copper sulphate (Θεικός χαλκός), Boric acid (Βορικό οξύ), και Ammonium heptamolybdate (Αμμωνιακό μολυβδαίνιο). 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  $\text{B}=18,52$ ;  $\text{Fe}=71,56$ ;  $\text{Mn}=18,21$ ;  $\text{Cu}=4,72$ ;  $\text{Zn}=1,53$  και  $\text{Mo}=0,52 \text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  αντίστοιχα με επιθυμητή τιμή pH 5.9 και EC 2.11 dS\m. Ανάλογα με την ανάπτυξη της καλλιέργειας και όταν κρίθηκε αναγκαίο, παρασκευάστηκε νέο θρεπτικό διάλυμα, εμπλουτισμένο σε ασβέστιο, για να αποφευχθούν τυχόν ελλείψεις και τροφopenίες.

### 4.4 Καλλιεργητικές φροντίδες

Μετά την τελική εγκατάσταση των φυτών στο συστήματα υδροπονικής καλλιέργειας σε θήκες-αυλάκια και γλάστρες πραγματοποιούταν εβδομαδιαίος έλεγχος του pH και της EC του θρεπτικού διαλύματος του νεπόζιτου με φορητό πεχάμετρο\ αγωγιμόμετρο (Εικόνα 4.9). Συγκεκριμένα γίνονταν απαραίτητες διορθώσεις, δηλαδή προσθήκη νιτρικού οξέος (5% κ.ο.) για μείωση του pH, προσθήκη πυκνών θρεπτικών διαλυμάτων για να επιτευχθεί η επιθυμητή EC και συμπλήρωμα ή ξαναγέμισμα του νεπόζιτου με νερό. Καθημερινά γίνονταν προσθήκη νερού στο πάτωμα (μεταξύ των ωρών 13:00 και 15:00) για δροσισμό του θερμοκηπίου. Στις 19/05/2010 τοποθετήθηκαν κολλητικές χρωμοπαγίδες, μπλε και κίτρινου χρώματος για την παγίδευση εντόμων.

Η ανάπτυξη της καλλιέργειας χωρίστηκε σε δυο φάσεις. Στην πρώτη φάση, διάρκειας ενάμισι μηνός, μελετήθηκε και καταγράφηκε η ανάπτυξη των στολώνων και θυγατρικών φυτών και πως αυτή επηρεάζεται από τα διαφορετικά υποστρώματα, ενώ τα όποια άνθη εκπτύσσονταν, αυτά αφαιρούνταν. Στην δεύτερη φάση, διάρκειας ενάμισι μηνός,

αφαιρέθηκαν οι στόλωνες, και προωθήθηκε το αναπαραγωγικό στάδιο της καλλιέργειας, δηλαδή η δημιουργία ανθέων και καρπών,

Κατά την διάρκεια ανάπτυξης της καλλιέργειας εφαρμόστηκαν φυτοπροστατευτικές ενέργειες για την βέλτιστη ανάπτυξη της καλλιέργειας. Αρχικά, για την προστασία των νεαρών φυταρίων κατά την εγκατάστασή τους στους υποδοχείς, λόγω αυξημένης αναγκαίας υγρασίας στα υποστρώματα και στο ευρύτερο περιβάλλον του θερμοκηπίου, προστέθηκε μυκητοκτόνο (RIMIDIN) στο νεπόζιτο για προστασία των φυτών από φυτόφθορα. Στις 28/05/2010 παρατηρήθηκε κυρίως στα άνθη, θρύπας και ψεκάστηκε ολόκληρη η καλλιέργεια (στις 31/05/2010) με **MESUROL** (θρυποκτόνο). Στις 08/06/2010 παρατηρήθηκε στην κάτω επιφάνεια των φύλλων μικρές αποικίες τετράνυχου όπου αντιμετωπίστηκε με ψεκασμό με **ABBA** (ακαρεοκτόνο) και προσκολλητικό **VIVO-FTERY** (βλέπε Εικόνα 4.10) αρχικά και στην συνέχεια με το βιολογικό σκέυασμα **NATURALIS SC**. Στις 12/07/2010 ψεκάστηκε η καλλιέργεια με διαφυλλικό λίπασμα ασβεστίου (**WUXAL**) για να αντιμετωπιστούν μικρές ελλείψεις ασβεστίου που διαπιστώθηκαν στα φύλλα με ταυτόχρονο εμπλουτισμό ασβεστίου στο θρεπτικό διάλυμα.



**Εικόνα 4.9:** Φορητό πεχάμετρο και αγωγιμόμετρο (Hanna HI 98130).



**Εικόνα 4.10:** Φυτοπροστατευτικά σκευάσματα που χρησιμοποιήθηκαν κατά την διάρκεια της καλλιέργειας.

#### 4.5 Μετρήσεις

Οι μετρήσεις πραγματοποιούνταν ανά δύο εβδομάδες από την ημέρα εγκατάστασης των φυτών, ξεκινώντας από τη δεύτερη εβδομάδα.

Πιο αναλυτικά όσον αφορά τα δεδομένα ανάπτυξης, πραγματοποιούνταν οι εξής μετρήσεις κάθε δύο βδομάδες:

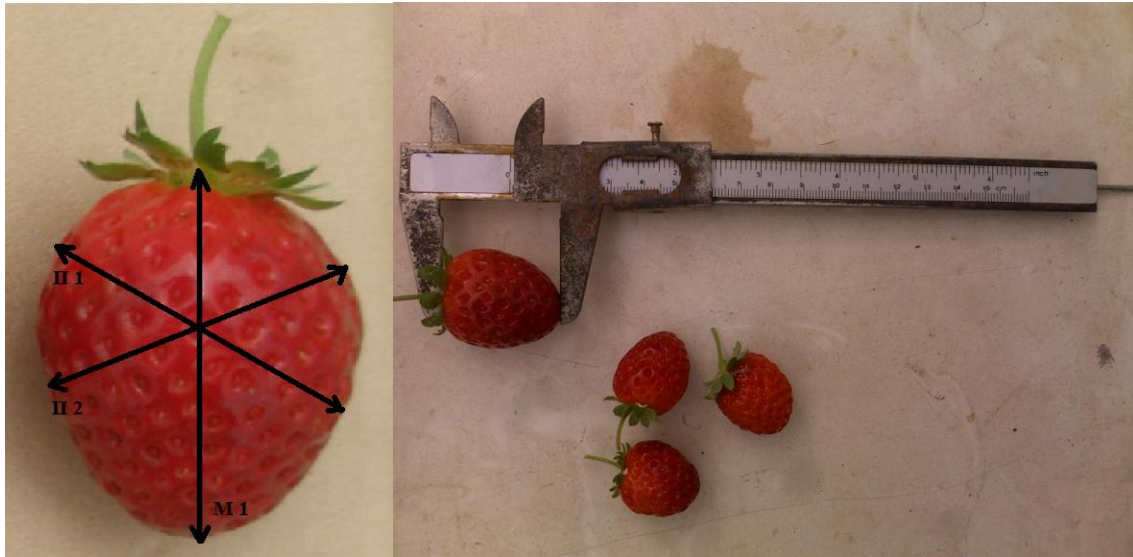
- ❖ Ο αριθμός φύλλων: μετριόταν ο συνολικός αριθμός των φύλλων του φυτού οπτικά (όλα τα φυτά)
- ❖ Ο αριθμός των σχηματισθέντων ανθέων και καρπών: μετριόταν οπτικά σε όλο το φυτό (όλα τα φυτά)
- ❖ Ο αριθμός στολώνων και θυγατρικών φυτών: μετριόνταν οπτικά ανά φυτό το σύνολο των στολώνων από την ροζέτα που έχει παραχθεί (όλα τα φυτά)
- ❖ Το νωπό βάρος καρπών: το νωπό βάρος των καρπών μετριόταν μετά από κάθε συγκομιδή με ζυγαριά ακριβείας (κάθε καρπός ζυγιάζονταν ξεχωριστά). Με τις μετρήσεις αυτές, προσδιορίστηκε η παραγωγή της καλλιέργειας ανά φυτό.
- ❖ Το μέγεθος καρπού: όπου γινόταν μετρήσεις με παχύμετρο στο μήκο και στο πλάτος (σε δυο κατευθύνσεις) του καρπού (Εικόνα 4.11)

Η εμπορευσιμότητα καρπού: καταγράφηκε η εμπορευσιμότητα των καρπών χρησιμοποιώντας την κλίμακα α). Έξτρα: αρίστη ποιότητα, β). Α.: καλή ποιότητα γ) Β: μέτρια ποιότητα Δ) Χ: ακατάλληλη ποιότητα-μη εμπορικό προϊόν

- ❖ Ο φθορισμός των φύλλων: πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια ενός πρακτικού οργάνου μέτρησης, το φθορίμετρο, (opti-sciences OS-30p, UK). Χρησιμοποιώντας ειδικά ‘μανταλάκια’ καλύφθηκε η πάνω επιφάνεια των φύλλων για 10 λεπτά (1 φύλλο από τα συγκεκριμένα φυτά που είχαν σημαδευτεί). Έπειτα χρησιμοποιώντας το φθορίμετρο,

μετρήθηκε το  $F_o-F_{max}$  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 μεγάλου μήκους κύματος από 680nm έως 720nm που μπορεί εύκολα να μετρηθεί χρησιμοποιώντας οπτικοηλεκτρονικό εξοπλισμό (Εικόνα 4.12)

- ❖ Η φωτοσυνθετική ικανότητα ( $P_n$ ), τη στοματική αγωγιμότητα ( $g_s$ ) και την εσωτερική συγκέντρωση  $CO_2$  ( $C_i$ ): πραγματοποιήθηκε με την φορητή συσκευή υπέρυθρης ανάλυσης αερίων (model LI-6200, Li-Cor, Inc., Lincoln, NE) (Εικόνα 4.13). Οι μετρήσεις πραγματοποιούνταν το πρωί μεταξύ 9:00-11:30, με θερμοκρασία από 28-30°C, σε πλήρως διαμορφωμένα φύλλα (1 φύλλο από τα συγκεκριμένα φυτά που είχαν σημαδευτεί), υγρή, άμεσα εκτεθειμένα στον ήλιο.
- ❖ Μέτρηση του pH και EC: Το pH και η EC διορθωνόταν κάθε μία εβδομάδα με φορητό πεχάμετρο /αγωγιμόμετρο όταν το θρεπτικό διάλυμα τελείωνε και ξαναγεμιζόταν με προσθήκη νερού και πυκνού θρεπτικού διαλύματος στις κατάλληλες περίπου αναλογίες (Εικόνα 4.9). Με βάση την ένδειξη του πεχάμετρου γινόταν και οι απαραίτητη διόρθωση στη τιμή του pH και της EC, ώστε να βρίσκετε πάντα στα επιτρεπτά για την ανάπτυξη των φυτών όρια. Οι διόρθωση αυτή γινόταν με την προσθήκη νιτρικού οξέος για την διόρθωση του pH και την προσθήκη θρεπτικού διαλύματος για την διόρθωση της EC.
- ❖ Προσδιορισμός θρεπτικών στοιχείων των διαλυμάτων απορροής: Έγιναν δυο δειγματοληψίες απορροή κατά το τέλος της πρώτης λίπανσης και κατά το τέλος του πειράματος δηλαδή από της 18 επεμβάσεις πάρθηκε με σηρικά από μιας γλάστρας ανά επέμβαση δήγμα απορροής όπου τοποθετούταν σε μπουκαλάκια προκειμένου να πραγματοποιηθεί η ανάλυση θρεπτικών στοιχείων .

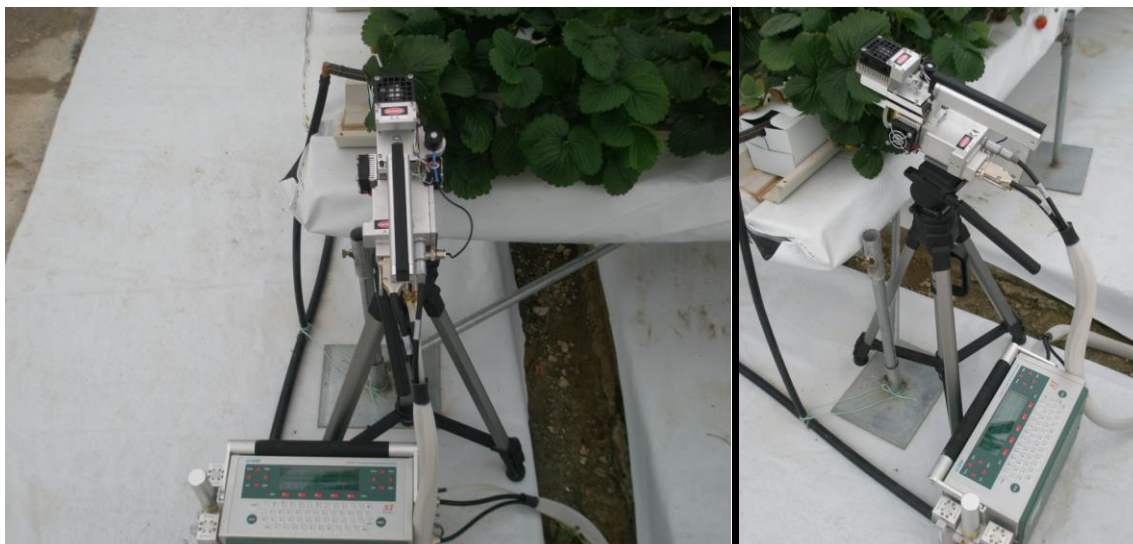


Εικόνα 4.11: Μέτρηση πλάτους =  $\Pi 1$ ,  $\Pi 2$ , και μήκος =  $M 1$ , με παχύμετρο.



Εικόνα 4.12: Φθορίμετρο, opti-sciences OS-30r, UK και τα ειδικά 'μανταλάκια'.



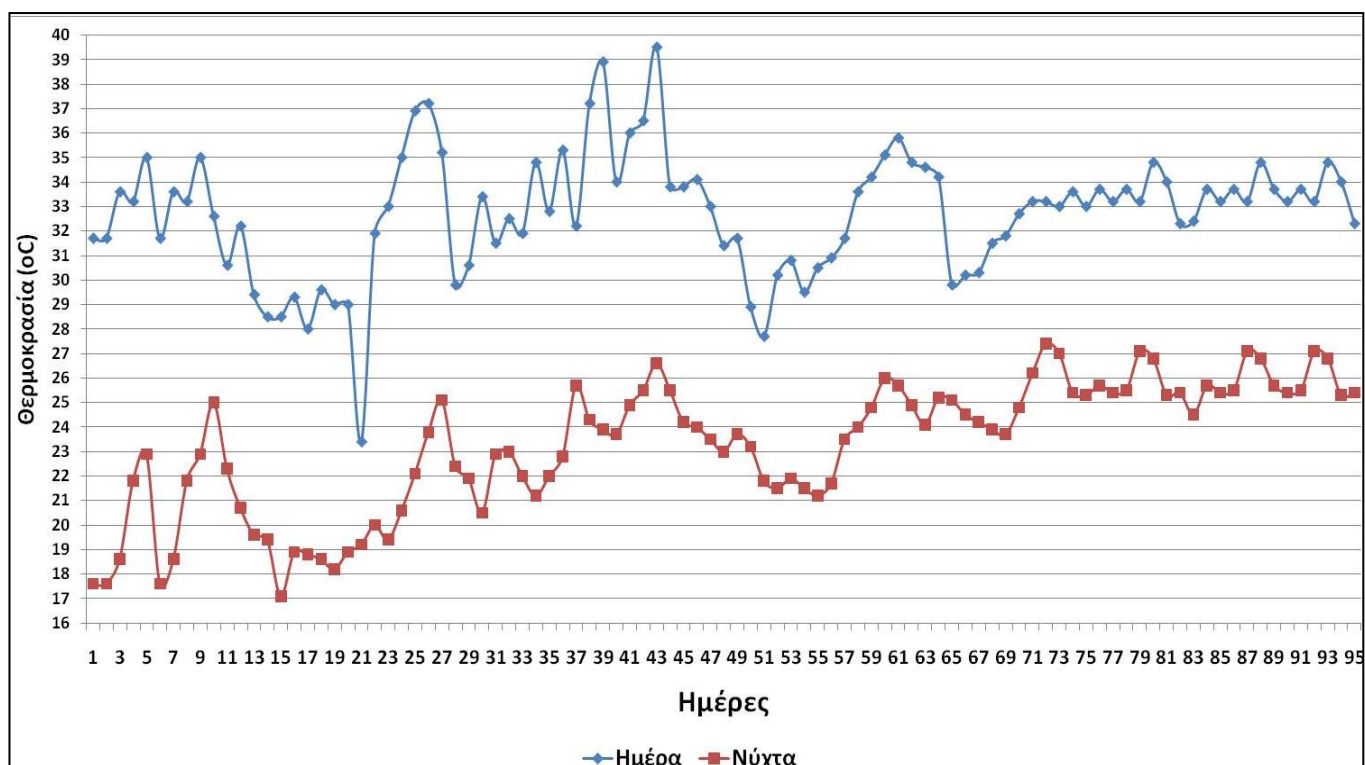


**Εικόνα 4.13:** Φορητή συσκευή υπέρυθρης ανάλυσης αερίων (model LI-6200, Li-Cor, Inc., Lincoln, NE).

Με την ολοκλήρωση του πειράματος πραγματοποιήθηκαν οι εξής μετρήσεις στα φυτά:

- ❖ το νωπό και το ξηρό βάρος υπέργειου τμήματος : διαχωρίστηκε το υπέργειο μέρος του φυτού από το υπόγειο μέρος. Το υπέργειο μέρος αφού διαχωρίστηκε σε φύλλα και βλαστούς, ζυγίστηκε αμέσως (για την αποφυγή τυχόν απώλειας υγρασίας) με ζυγαριά ακριβείας για την μέτρηση του νωπού βάρους (συγκεκριμένα φυτά που είχαν σημαδευτεί). Η μέτρηση του ξηρού βάρους ολοκληρώθηκε αφού τα φυτά τοποθετηθήκαν σε ειδικό πυραντήριο με μηχανικό αερισμό για ξήρανση μέσα σε αλουμινόχαρτο φακέλους για 2-3 ημέρες περίπου, στους 75°C, στο εργαστήριο. Στην συνέχεια τα δείγματα ζυγίστηκαν και υπολογίστηκε η επί τοις εκατό περιεκτικότητα σε ξηρή ουσία.
- ❖ Ο προσδιορισμός της φυλλικής επιφάνειας έγινε με αναγωγή του ξηρού βάρους δίσκων φύλλων συγκεκριμένης διαμέτρου σε σχέση με το ολικό ξηρό βάρος.

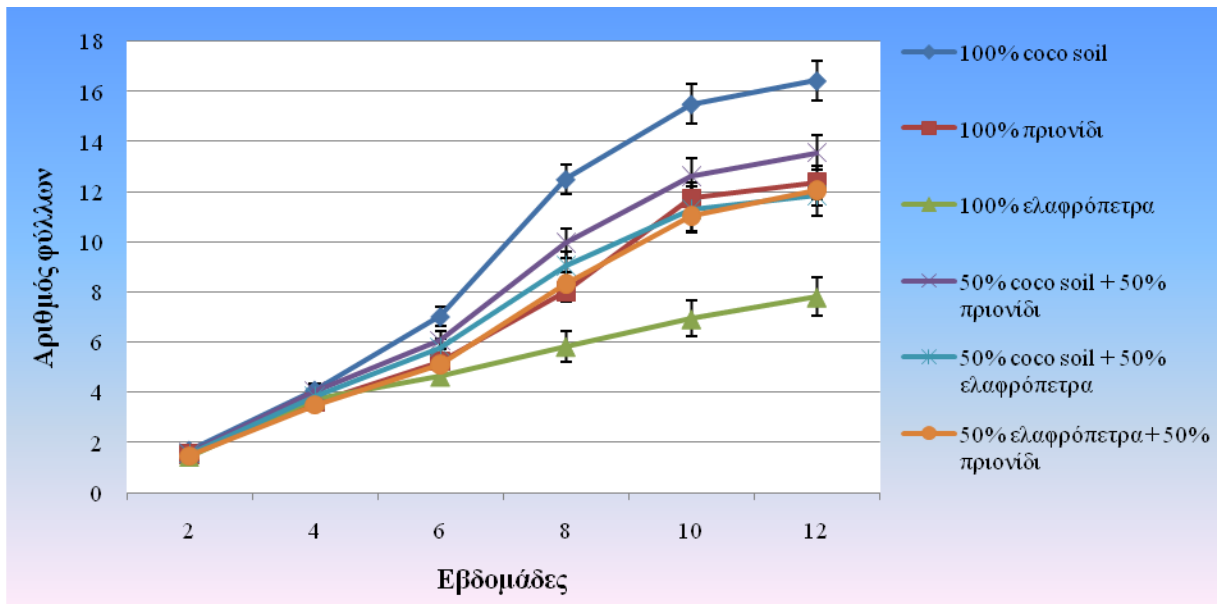
Κατά την διάρκεια ανάπτυξης της καλλιέργειας, καταγράφονταν η θερμοκρασία ημέρας και νύχτας κάθε μια ώρα. Η ημερήσια απεικόνιση της διακύμανσης της θερμοκρασίας παρουσιάζεται στο Γράφημα 4.1.



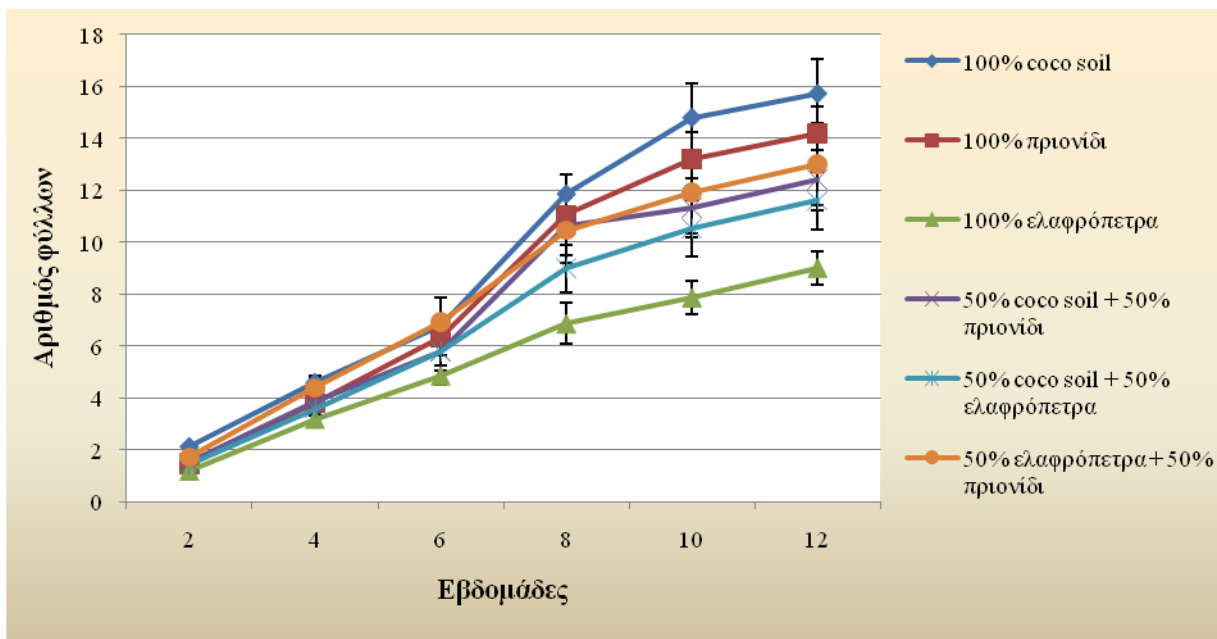
## 4.6 Αποτελέσματα

### 4.6.1 Επίδραση υποστρωμάτων και υποδοχέων στην αύξηση/ανάπτυξη υδροπονικής καλλιέργειας φράουλας

Ο αριθμός φύλλων όπως παρατηρήθηκε και στους δυο υποδοχείς (κανάλι και γλάστρα) δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές μέχρι τη 6<sup>η</sup> εβδομάδα (Γραφήματα 4.2-4.3). Όταν χρησιμοποιήθηκε υπόστρωμα το 100% coco soil παρουσιάστηκε αύξηση του αριθμού των φύλλων σε φυτά φράουλας κατά 53% και 43% αντιστοίχως σε κανάλι και γλάστρα σε σχέση με το μάρτυρα (100% ελαφρόπετρα), που σημείωσε τον μικρότερο αριθμό παραγόμενων φύλλων, έπειτα από 12 εβδομάδες καλλιέργειας. Δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές ως προς τον παραγόμενο αριθμό φύλλων όταν χρησιμοποιήθηκαν μείγματα των υποστρωμάτων σε αναλογία 50:50% όταν τα φυτά αναπτύχθηκαν σε γλάστρες (Γράφημα 4.3) και σε κανάλια (συμπεριλαμβανομένου και του υποστρώματος 100% πριονίδι) (βλέπε Γράφημα 4.2).



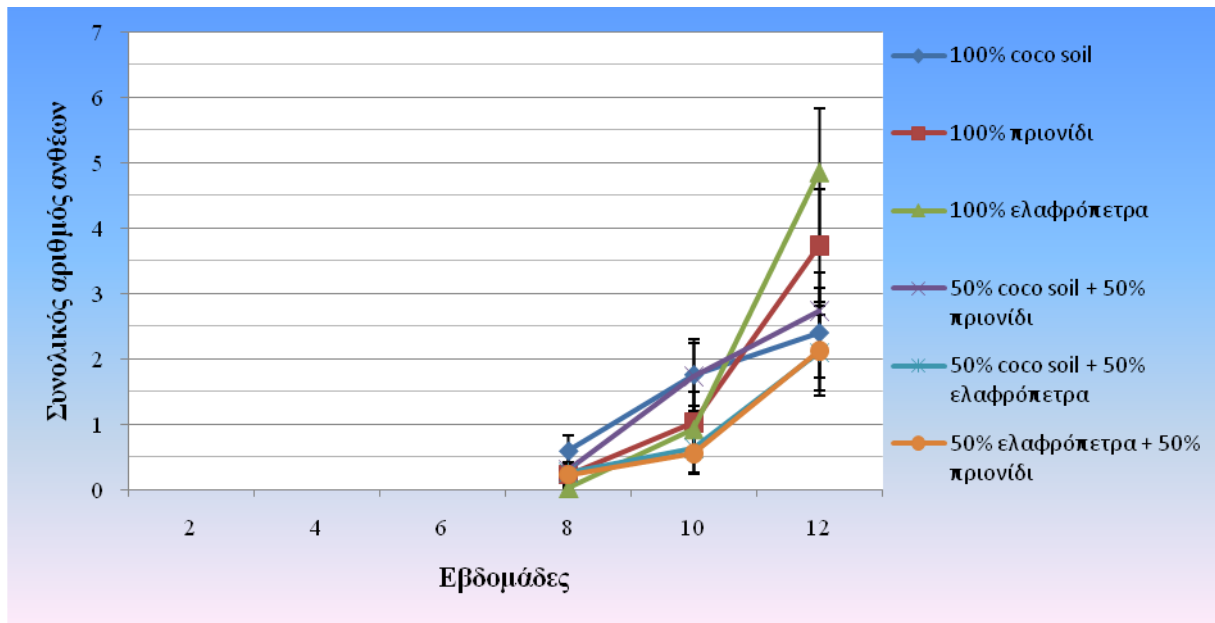
**Γράφημα 4.2:** Επίδραση υποστρωμάτων (οργανικών και ανόργανων) στον αριθμό φύλλων, σε υδροπονικό σύστημα με κανάλια σε καλλιέργεια φράουλας. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).



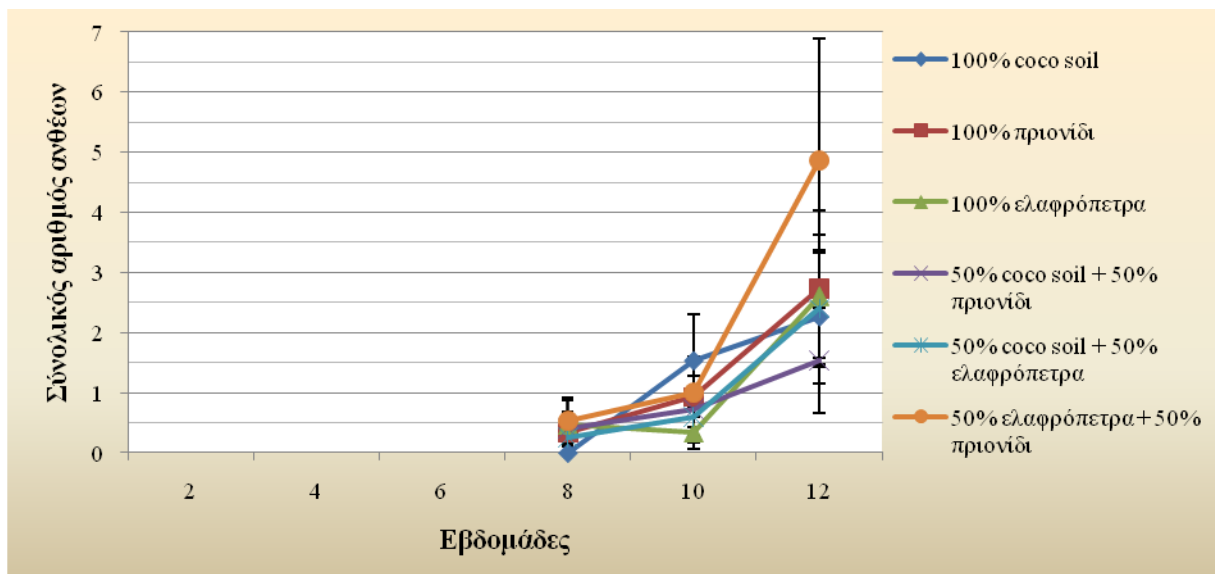
**Γράφημα 4.3:** Επίδραση υποστρωμάτων (οργανικών και ανόργανων) στον αριθμό φύλλων, σε υδροπονικό σύστημα με γλάστρες σε καλλιέργεια φράουλας. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Ο αριθμός των σχηματισθέντων ανθέων όπως παρατηρείται κατά την διάρκεια της όγδοης και δεκάτης εβδομάδας δεν παρουσίασε στατιστικές διαφορές στους δυο υποδοχείς (κανάλια και γλάστρες) (Γραφήματα 4.4-4.5). Συγκεκριμένα φυτά που αναπτύχθηκαν σε κανάλια με 100% ελαφρόπετρα (μάρτυρας) παρουσίασαν αύξηση (έως και 55%) του αριθμού των

ανθέων σε σχέση με τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε μείγματα υποστρωμάτων π.χ. 50% ελαφρόπετρα+50% πριονίδι (Γράφημα 4.4).

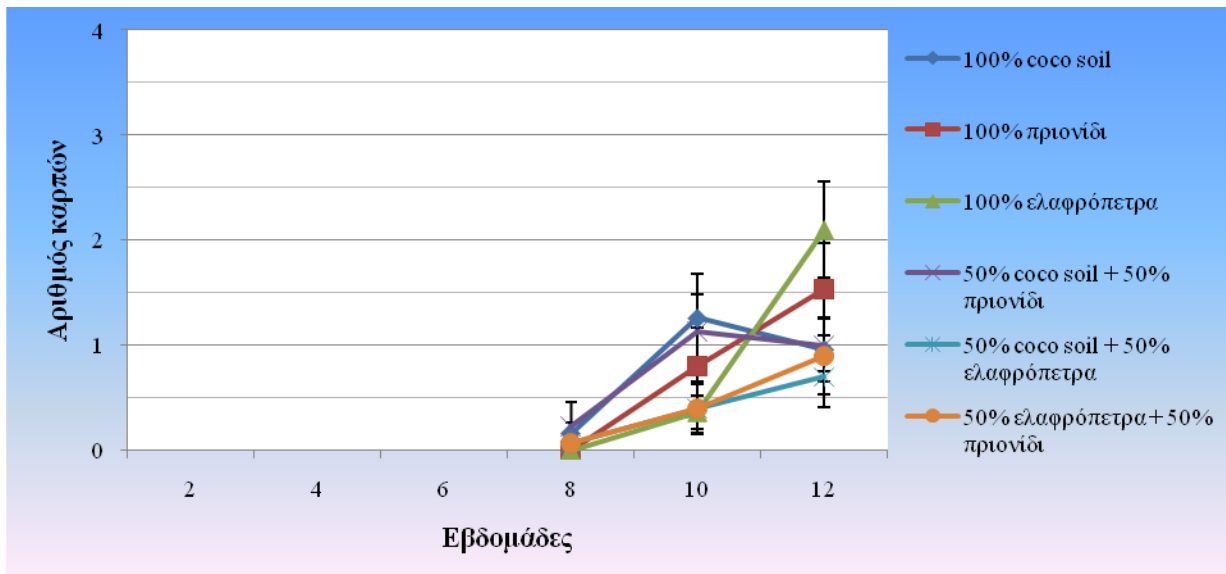


**Γράφημα 4.4:** Επίδραση υποστρωμάτων (οργανικών και ανόργανων) στο συνολικό αριθμό ανθέων που παραχθείσας, σε υδροπονικό σύστημα με κανάλια σε καλλιέργεια φράουλας. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

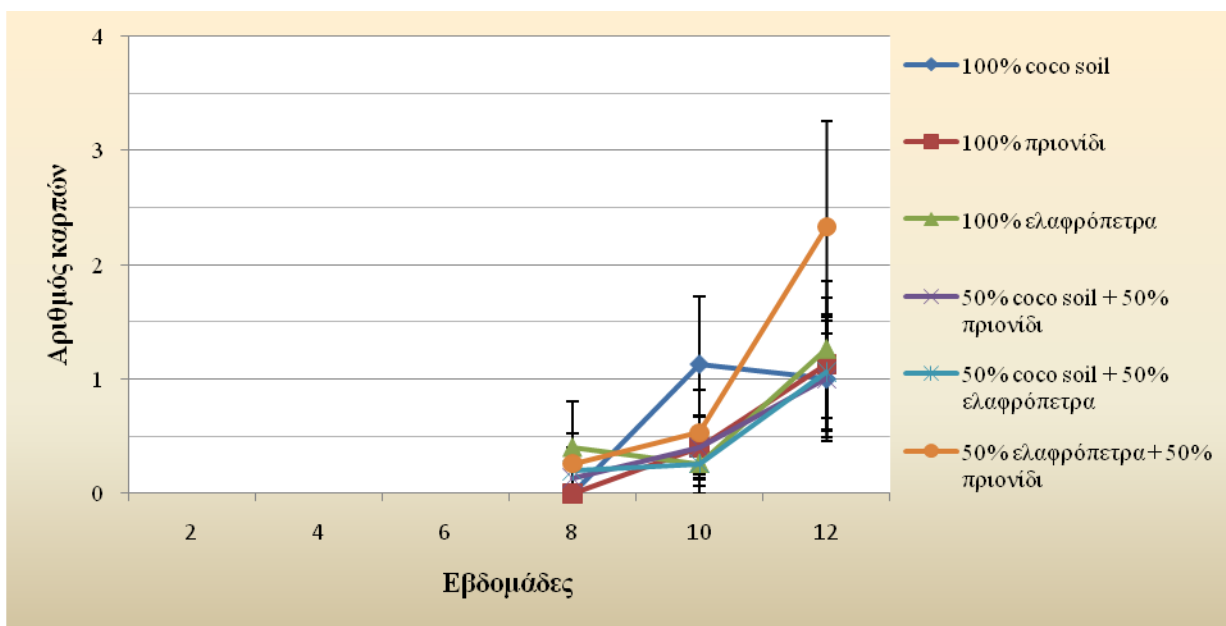


**Γράφημα 4.5:** Επίδραση υποστρωμάτων (οργανικών και ανόργανων) στο συνολικό αριθμό ανθέων που παραχθείσας, σε υδροπονικό σύστημα με γλάστρες σε καλλιέργεια φράουλας. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Ο αριθμός των σχηματισθέντων καρπών ακολουθεί την τάση των σχηματισθέντων ανθέων, γεγονός που δείχνει την ομαλή καρπόδεση των ανθέων και σχηματισμού καρπών (Γραφήματα 4.6-4.7).



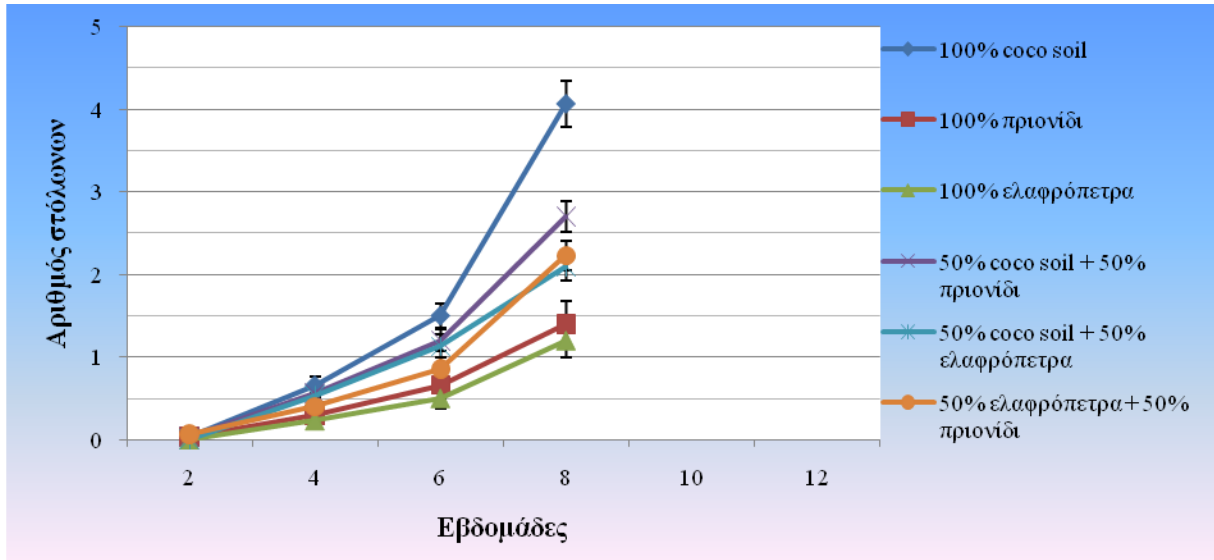
**Γράφημα 4.6:** Επίδραση υποστρωμάτων (οργανικών και ανόργανων) στον αριθμό καρπών, σε υδροπονικό σύστημα με κανάλια σε καλλιέργεια φράουλας. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).



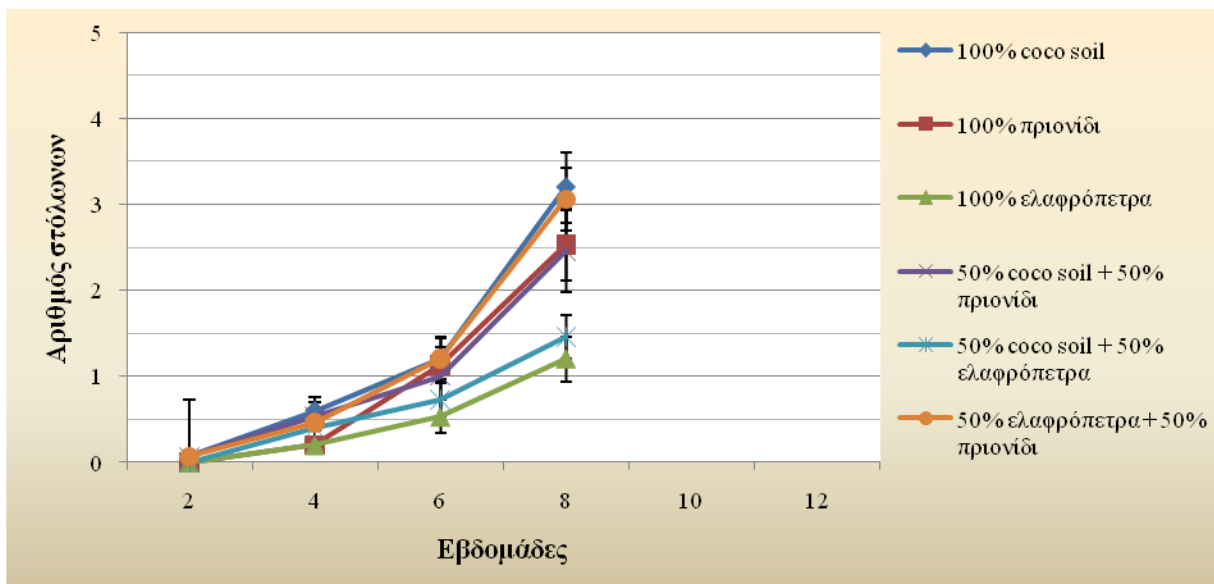
**Γράφημα 4.7:** Επίδραση υποστρωμάτων (οργανικών και ανόργανων) στον αριθμό καρπών, σε υδροπονικό σύστημα με γλάστρες σε καλλιέργεια φράουλας. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Ο αριθμός των πρώτων σχηματισμένων στολώνων όπως παρατηρήθηκε και στους δυο υποδοχείς (κανάλι και γλάστρα) δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές μέχρι τη 6<sup>η</sup> εβδομάδα (Γραφήματα 4.8-4.9). Όταν χρησιμοποιήθηκε υπόστρωμα το 100% coco soil παρουσιάστηκε αύξηση του αριθμού των στολώνων σε φυτά φράουλας κατά 70% και 63% αντιστοίχως σε κανάλι και γλάστρα σε σχέση με το μάρτυρα, που σημείωσε τον μικρότερο αριθμό παραγόμενων στολώνων. Δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές ως προς τον παραγόμενο

αριθμό στολώνων των φυτών όταν χρησιμοποιήθηκαν μείγματα των υποστρωμάτων σε αναλογία 50:50% σε κανάλια (με εξαίρεση το 100% πριονίδι) (Γράφημα 4.8). Στα υποστρώματα 50% coco soil + 50%ελαφρόπετρα και μάρτυρα, σε γλάστρες, τα φυτά παράγγααν μικρότερο αριθμό στολώνων σε σχέση με τα υπόλοιπα υποστρώματα (Γράφημα 4.9).

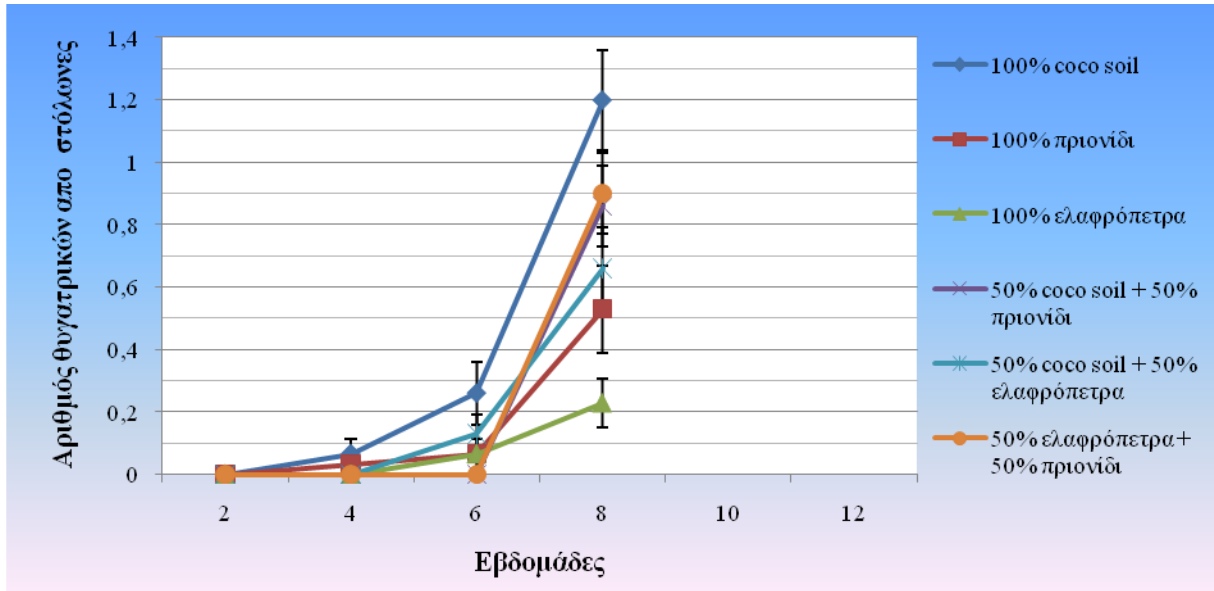


**Γράφημα 4.8:** Επίδραση υποστρωμάτων (οργανικών και ανόργανων) στον αριθμό στολώνων, σε υδροπονικό σύστημα με κανάλια σε καλλιέργεια φράουλας. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

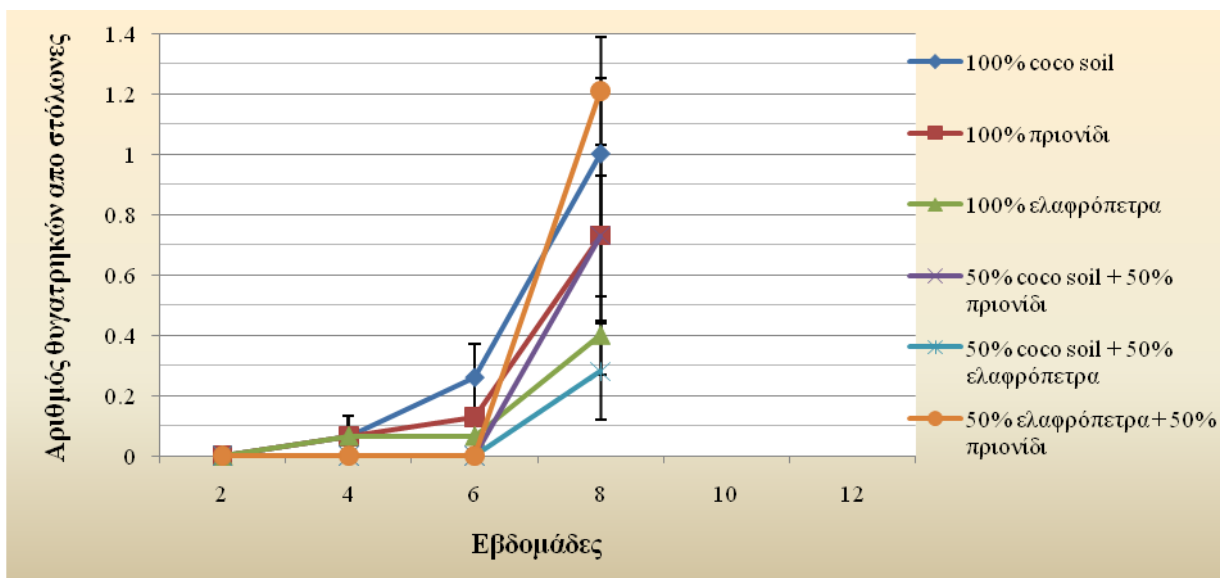


**Γράφημα 4.9:** Επίδραση υποστρωμάτων (οργανικών και ανόργανων) στον αριθμό στολώνων, σε υδροπονικό σύστημα με γλάστρες σε καλλιέργεια φράουλας. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Ο αριθμός των σχηματισθέντων θυγατρικών φυτών από στόλωνες ακολουθεί την τάση των παραχθέντων αρχικών στολώνων, γεγονός που δηλώνει την αναλογική συσχέτιση μεταξύ αυτών, δηλαδή όσο πιο πολλοί στόλωνες προέκυψαν αρχικά τόσο περισσότερα θυγατρικά φυτά από στόλωνες προέκυψαν (Γραφήματα 4.10-4.11).

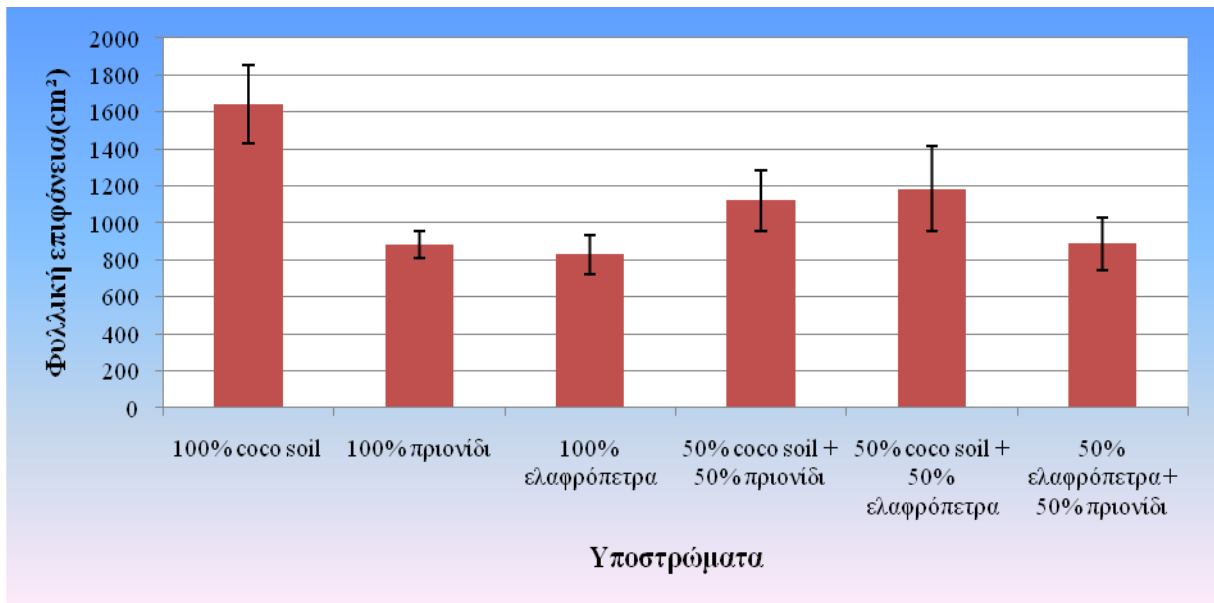


**Γράφημα 4.10:** Επίδραση υποστρωμάτων (οργανικών και ανόργανων) στον αριθμό θυγατρικών από στόλωνες, σε υδροπονικό σύστημα με κανάλια σε καλλιέργεια φράουλας. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

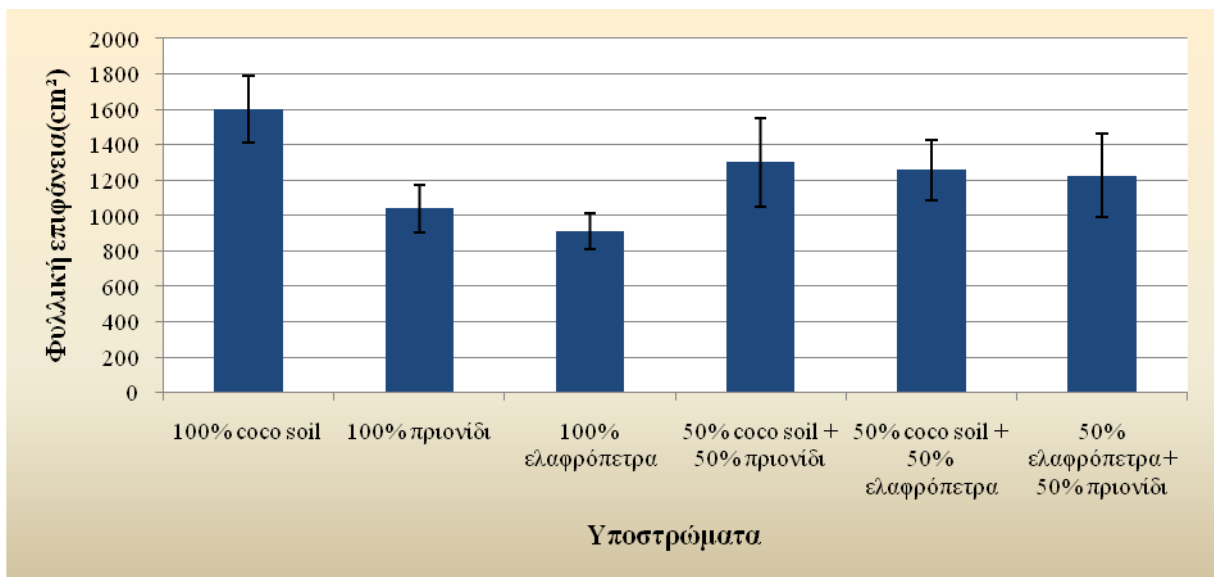


**Γράφημα 4.11:** Επίδραση υποστρωμάτων (οργανικών και ανόργανων) στον αριθμό θυγατρικών από στόλωνες, σε υδροπονικό σύστημα με γλάστρες σε καλλιέργεια φράουλας. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Στα Γραφήματα 4.12 και 4.13 παρουσιάζεται η επίδραση υποστρώματος στην φυλλική επιφάνεια σε υδροπονική καλλιέργεια φράουλας. Σχεδόν διπλάσια φυλλική επιφάνεια είχαν τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε 100% coco soil σε σχέση με 100% πριονίδι και 100% ελαφρόπετρα, σε κανάλια και σε γλάστρες, ενώ δεν διέφεραν με τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε μείγματα σε γλάστρες. Παρατηρείται λοιπόν, ότι η παραγόμενη φυλλική επιφάνεια ακολουθεί την τάση της παραγωγής φύλλων (τον αριθμό φύλλων- βλέπε Γραφήματα 4.2-4.3).



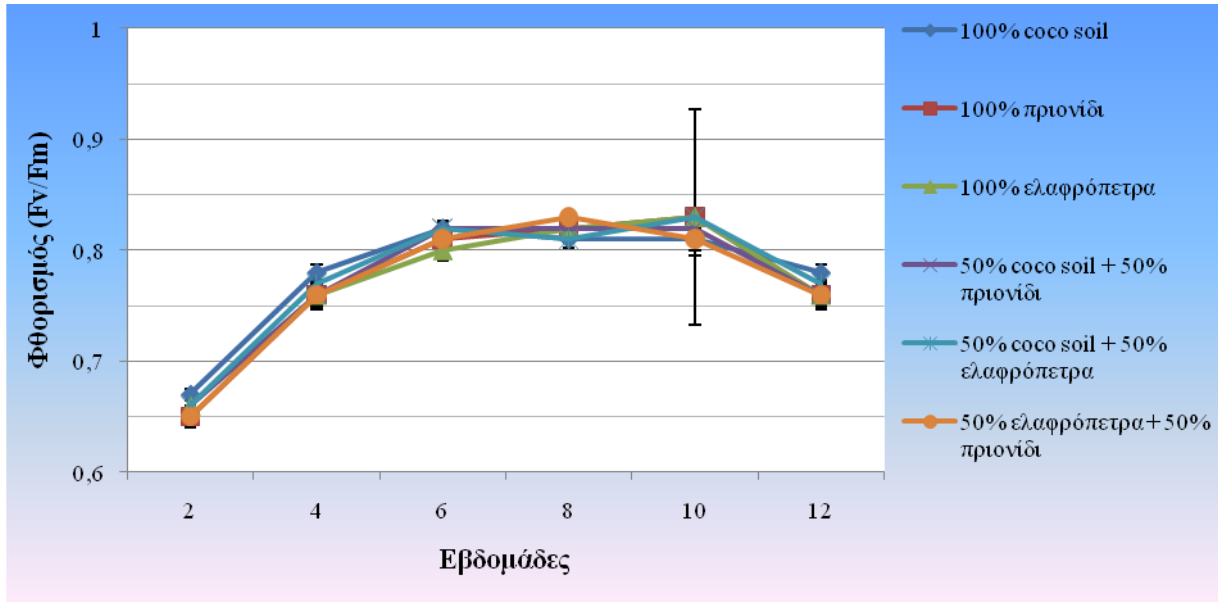
**Γράφημα 4.12:** Επίδραση υποστρωμάτων (οργανικών και ανόργανων) στη φυλλική επιφάνεια, σε υδροπονικό σύστημα με κανάλια σε καλλιέργεια φράουλας. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).



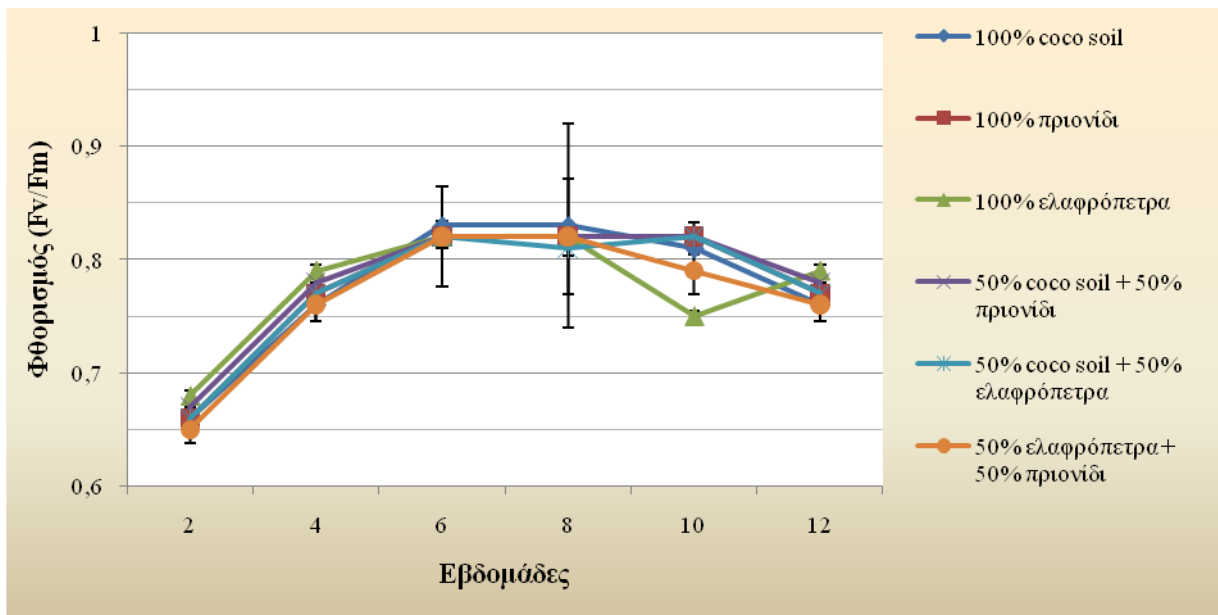
**Γράφημα 4.13:** Επίδραση υποστρωμάτων (οργανικών και ανόργανων) στη φυλλική επιφάνεια, σε υδροπονικό σύστημα με γλάστρες σε καλλιέργεια φράουλας. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).



Δεν σημειώθηκαν διαφορές ως προς τον φθορισμό στα φύλλα με την χρήση διαφορετικών υποστρωμάτων και των δυο υποδοχέων (κανάλια, γλάστρες) (Γραφήματα 4.14-4.15). Κατ' εξαίρεση, την 10<sup>η</sup> εβδομάδα καλλιέργειας, παρατηρήθηκε μια μικρή μείωση του φθορισμού σε υπόστρωμα 100% ελαφρόπετρα από τα υπόλοιπα υποστρώματα σε γλάστρες (Γράφημα 4.15).

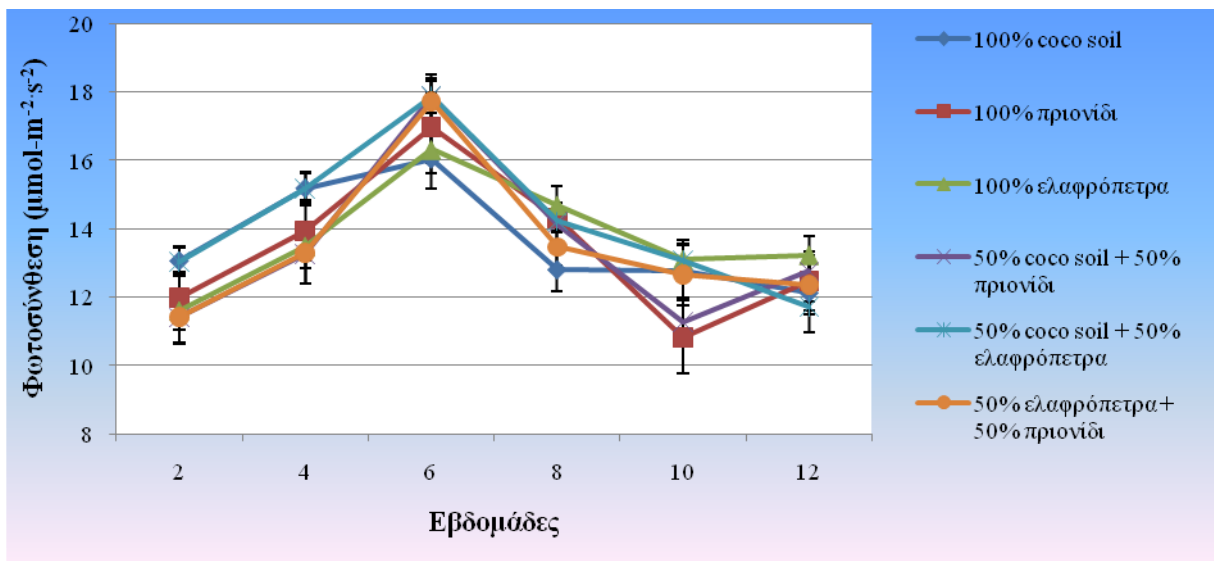


**Γράφημα 4.14:** Επίδραση υποστρωμάτων (οργανικών και ανόργανων) στο φθορισμό, σε υδροπονικό σύστημα με κανάλια σε καλλιέργεια φράουλας. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

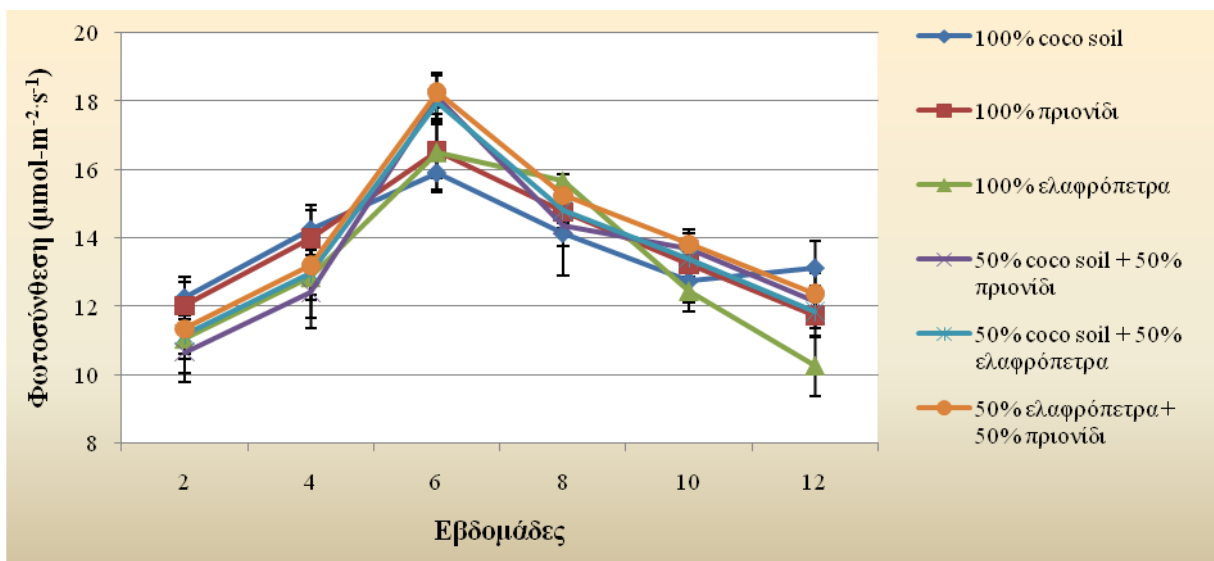


**Γράφημα 4.15:** Επίδραση υποστρωμάτων (οργανικών και ανόργανων) στο φθορισμό, σε υδροπονικό σύστημα με γλάστρες σε καλλιέργεια φράουλας. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Δεν παρουσιάστηκε συγκεκριμένη διαφοροποίηση ως προς την επίδραση των υποστρωμάτων ή/και υποδοχέων στην φωτοσυνθετική ικανότητα των φύλλων κατά τη διάρκεια του πειράματος (Γραφήματα 4,16-4,15). Αξίζει να σημειωθεί, ότι τις πρώτες εβδομάδες ανάπτυξης των φυτών, τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε coco soil ή/και μείγματα αυτού σε κανάλια, σημείωσαν στατιστικά υψηλότερη φωτοσυνθετική ικανότητα σε σχέση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Η φωτοσυνθετική ικανότητα μειώθηκε (κατά 22%) στα φυτά που αναπτύχθηκαν σε 100% ελαφρόπετρα σε γλάστρες σε σχέση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις, την τελευταία εβδομάδα (Γράφημα 4.17).

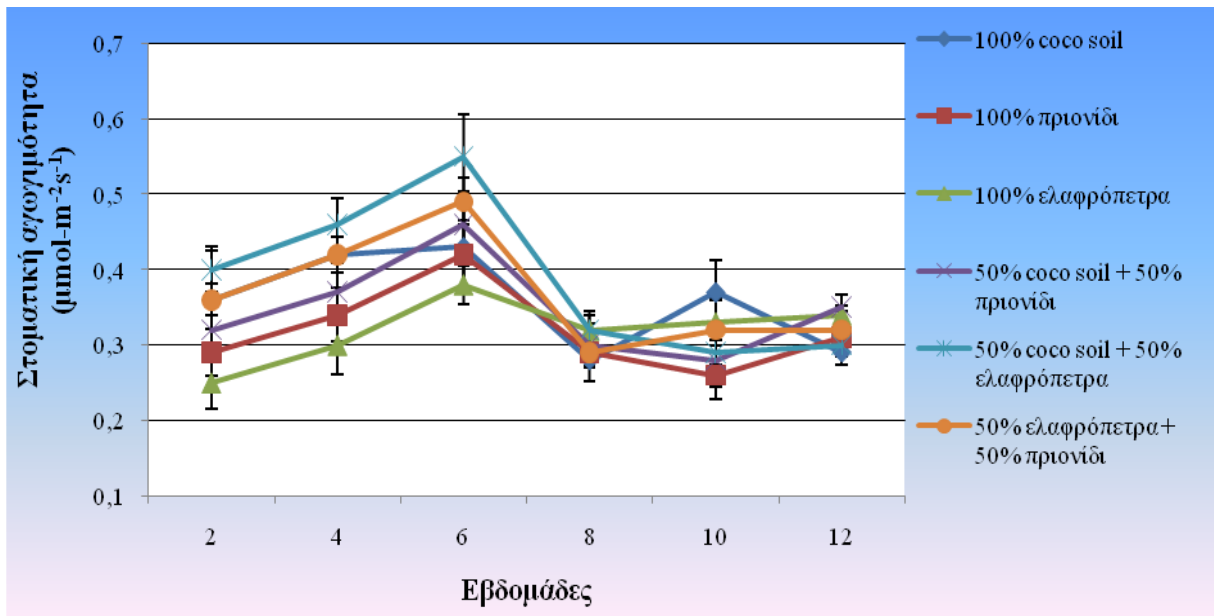


**Γράφημα 4.16:** Επίδραση υποστρωμάτων (οργανικών και ανόργανων) στη φωτοσύνθεση, σε υδροπονικό σύστημα με κανάλια σε καλλιέργεια φράουλας. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

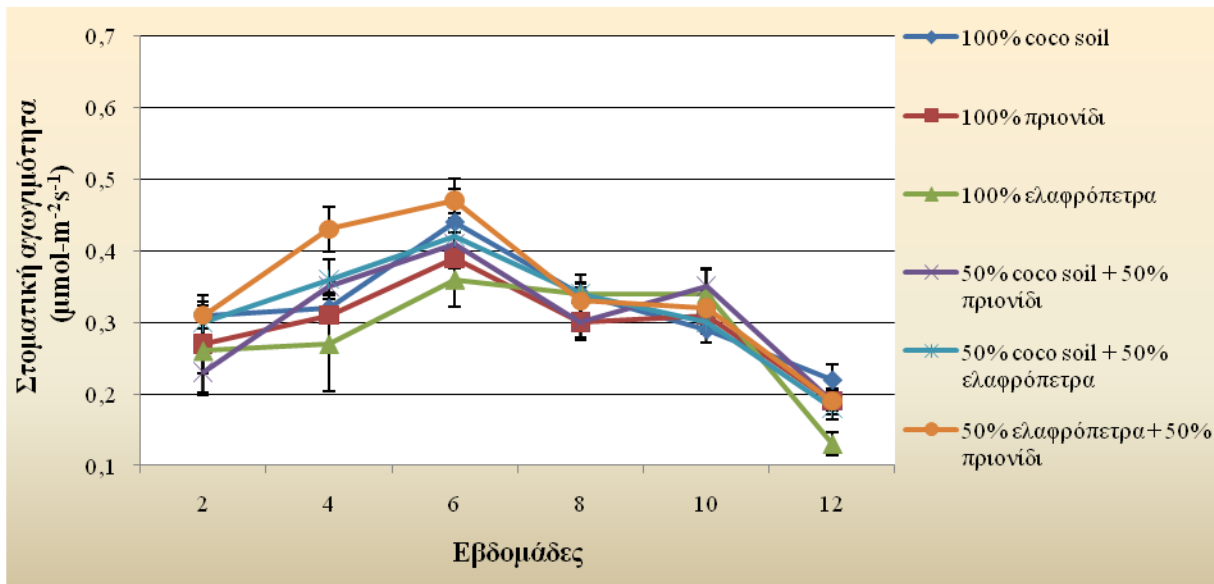


**Γράφημα 4.17:** Επίδραση υποστρωμάτων (οργανικών και ανόργανων) στη φωτοσύνθεση, σε υδροπονικό σύστημα με γλάστρες σε καλλιέργεια φράουλας. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε μείγματα 50% των υποστρωμάτων σημείωσαν υψηλότερες τιμές ως προς την στοματική αγωγιμότητα των φύλλων στις πρώτες εβδομάδες της καλλιέργειας (Γραφήματα 4.18-4.19).

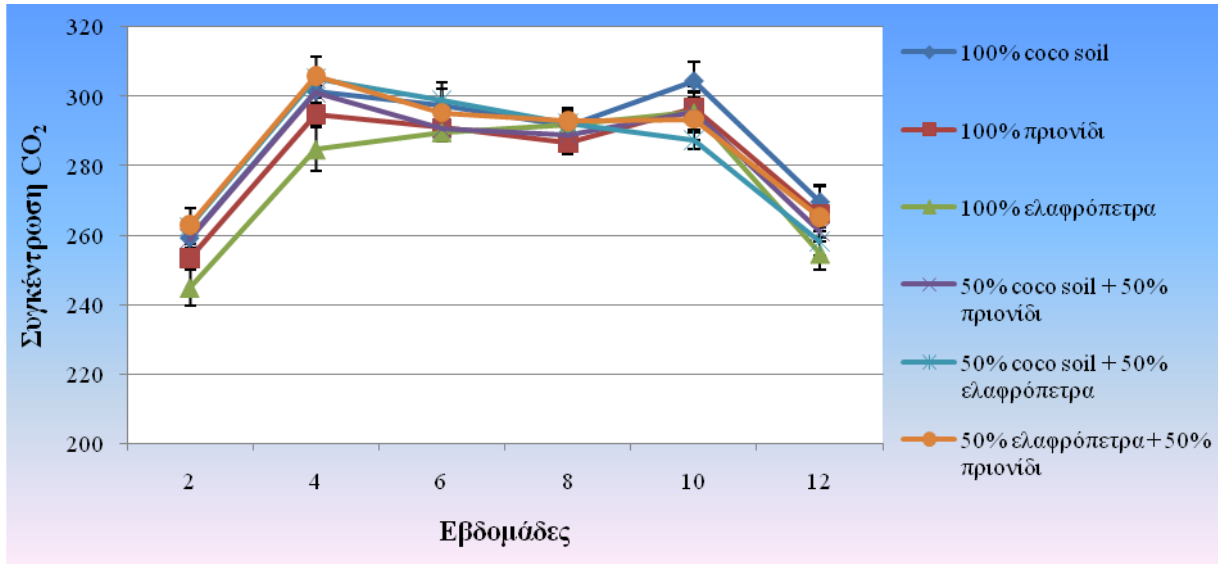


**Γράφημα 4.18:** Επίδραση υποστρωμάτων (οργανικών και ανόργανων) στη στοματική αγωγιμότητα, σε υδροπονικό σύστημα με κανάλια σε καλλιέργεια φράουλας. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

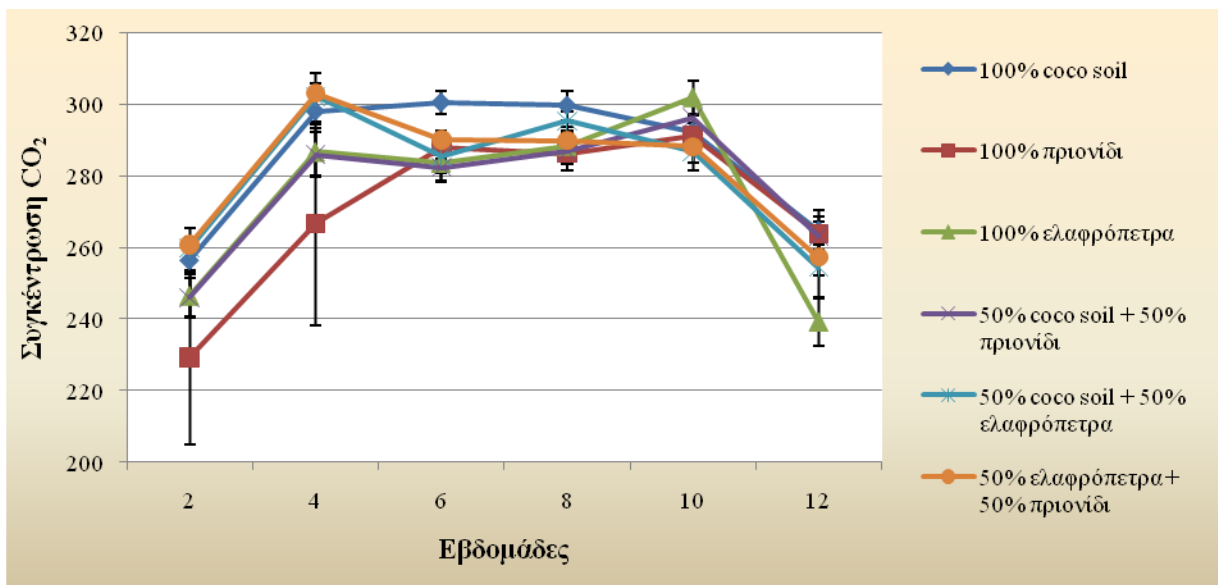


**Γράφημα 4.19:** Επίδραση υποστρωμάτων (οργανικών και ανόργανων) στη στοματική αγωγιμότητα, σε υδροπονικό σύστημα με γλάστρες σε καλλιέργεια φράουλας. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε μείγματα των υποστρωμάτων αλλά και σε 100% coco soil σημείωσαν υψηλότερες τιμές όσο αφορά την εσωτερική συγκέντρωση CO<sub>2</sub> των φύλλων, ενώ τις χαμηλότερες τιμές μετρήθηκαν σε φυτά που αναπτύχθηκαν σε 100% πριονίδι και 100% ελαφρόπετρα ανάλογα το στάδιο ανάπτυξης (εβδομάδα μέτρησης) και τον υποδοχέα (κανάλια ή γλάστρες) (Γραφήματα 4.18-4.19).



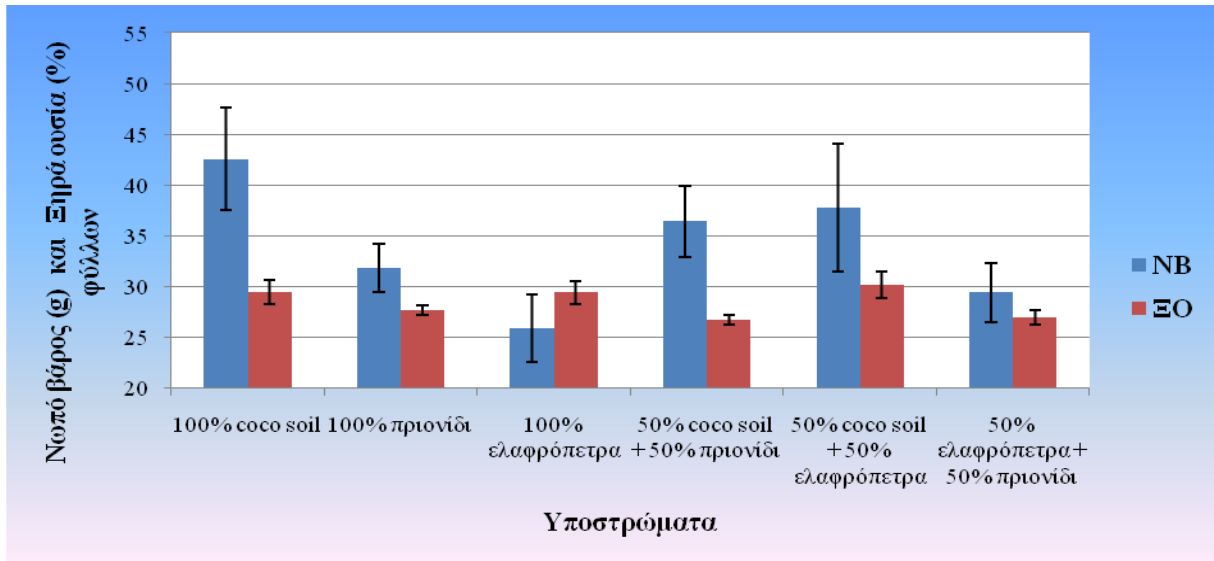
**Γράφημα 4.18:** Επίδραση υποστρωμάτων (οργανικών και ανόργανων) στη συγκέντρωση CO<sub>2</sub>, σε υδροπονικό σύστημα με κανάλια σε καλλιέργεια φράουλας. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (± τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).



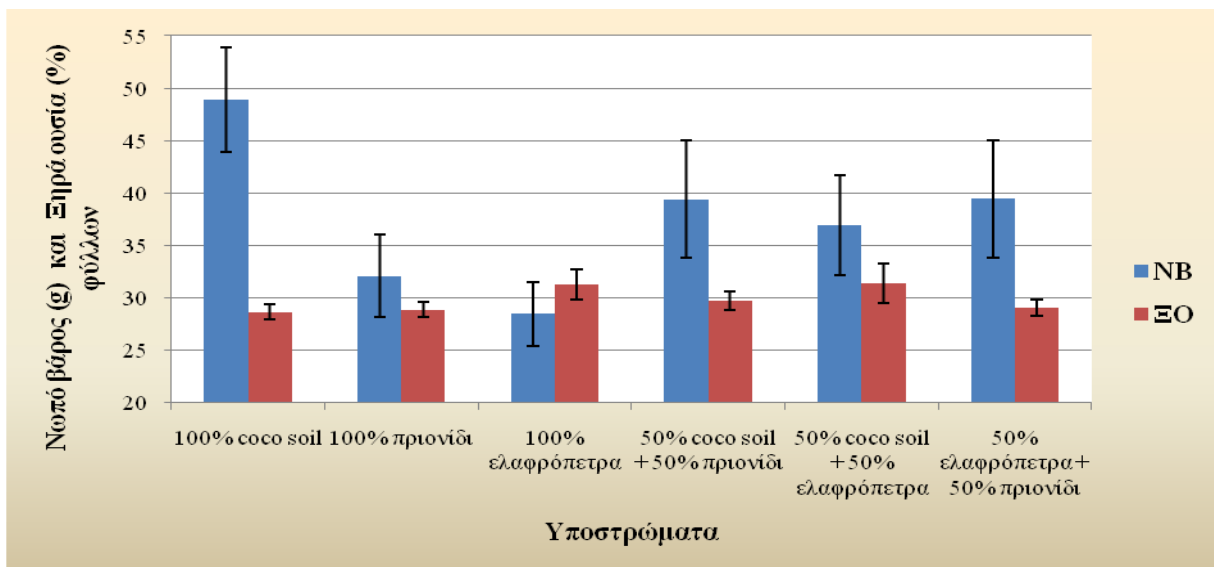
**Γράφημα 4.19:** Επίδραση υποστρωμάτων (οργανικών και ανόργανων) στη συγκέντρωση CO<sub>2</sub>, σε υδροπονικό σύστημα με γλάστρες σε καλλιέργεια φράουλας. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (± τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε coco soil είτε αυτούσιο (100%) είτε σε μείγματα (50:50%) με πριονίδι και ελαφρόπετρα 50% είχαν αυξημένο (κατά 29-39%) νωπό βάρος φύλλων σε

κανάλια και (συμπεριλαμβανομένου του 50% ελαφρόπετρα +50% πριονίδι) σε γλάστρες σε σχέση με το μάρτυρας (100% ελαφρόπετρα) (Γραφήματα 4.20-4.21). Δεν σημειώθηκαν διαφορές μεταξύ των υποστρωμάτων 100% πριονίδι και 100% ελαφρόπετρα ως προς το βάρος των φύλλων. Μικρότερη περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία (%) βρέθηκε στα φυτά που αναπτύχθηκαν σε 50% ελαφρόπετρα +50% πριονίδι και 50% coco soil +50% πριονίδι σε κανάλια. Δεν βρέθηκαν διαφορές ως προς την περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία σε φυτά που αναπτύχθηκαν σε γλάστρες για τα υπό μελέτη υποστρώματα (Γράφημα 4.21).



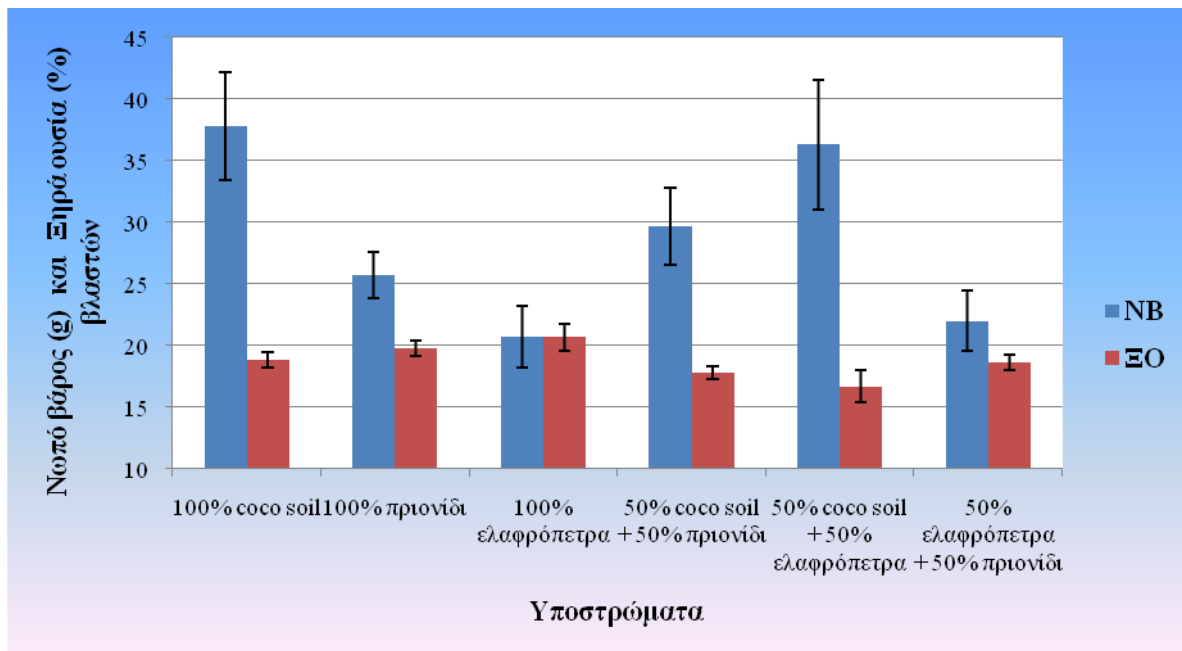
**Γράφημα 4.20:** Επίδραση υποστρωμάτων (οργανικών και ανόργανων) στο νωπό και ξηρό βάρος φύλλων, σε υδροπονικό σύστημα με κανάλια σε καλλιέργεια φράουλας. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).



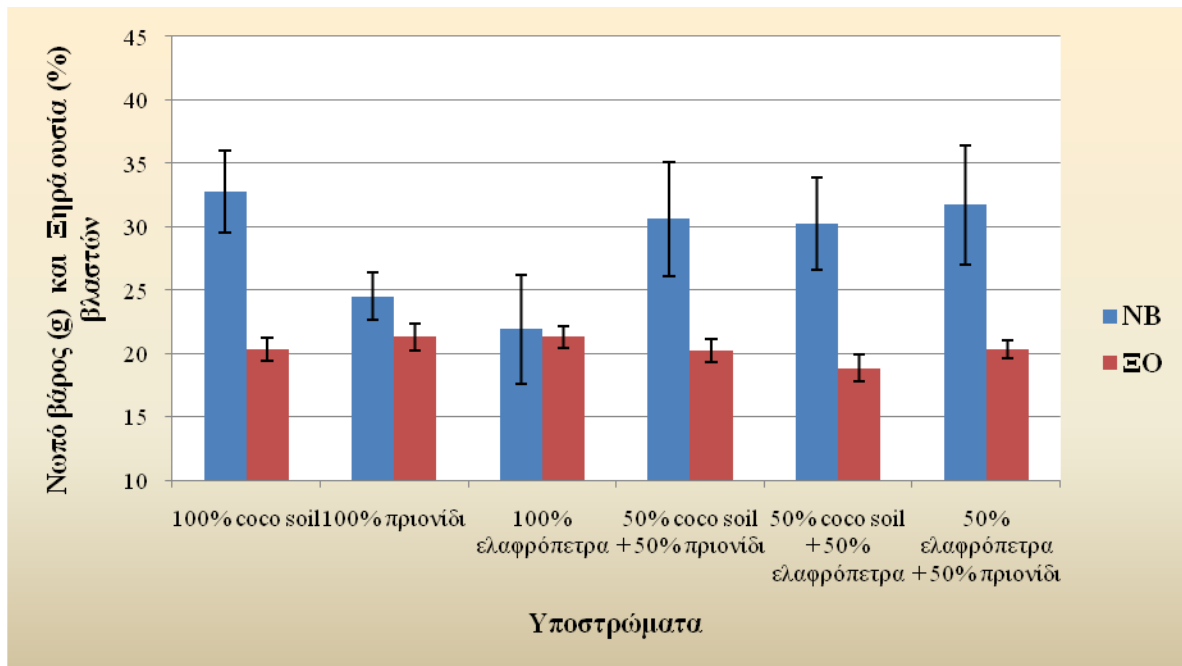
**Γράφημα 4.21:** Επίδραση υποστρωμάτων (οργανικών και ανόργανων) στο νωπό και ξηρό βάρος φύλλων, σε υδροπονικό σύστημα με γλάστρες σε καλλιέργεια φράουλας. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Το νωπό βάρος (g) των φύλλων όπως παρατηρήθηκε και στους δυο υποδοχείς (κανάλι και γλάστρα) ακολουθείται από παρόμοια τάση του νωπού βάρους των βλαστών. Το βάρος των βλαστών είναι μικρότερο από το αντίστοιχο βάρος των φύλλων για κάθε φυτό (Γραφήματα 4.20 έως 4.23). Σχετικά με την περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία, η ανάπτυξη των φυτών σε μείγματα των υποστρωμάτων σε κανάλια έδωσε μικρότερη περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία σε σχέση με την αντίστοιχη όταν τα φυτά αναπτύχθηκαν σε αυτούσια υποστρώματα (100%). Δεν σημειώθηκαν διαφορές σχετικά με την περιεκτικότητα των βλαστών σε ξηρά ουσία μεταξύ των υποστρωμάτων σε γλάστρες (Γράφημα 4.23).

Οι παραπάνω διαφορές όσο αφορά το νωπό βάρος των φύλλων και το νωπό βάρος των βλαστών μεταξύ των διαφορετικών υποστρωμάτων αλλά και η περιεκτικότητά τους σε ξηρά ουσία, τόσο σε κανάλια όσο και σε γλάστρες αντικατοπτρίζεται με την συνολικά παραγόμενη φυτική βιομάζα (φύλλα και βλαστοί) (Γραφήματα 4.24-4.25).



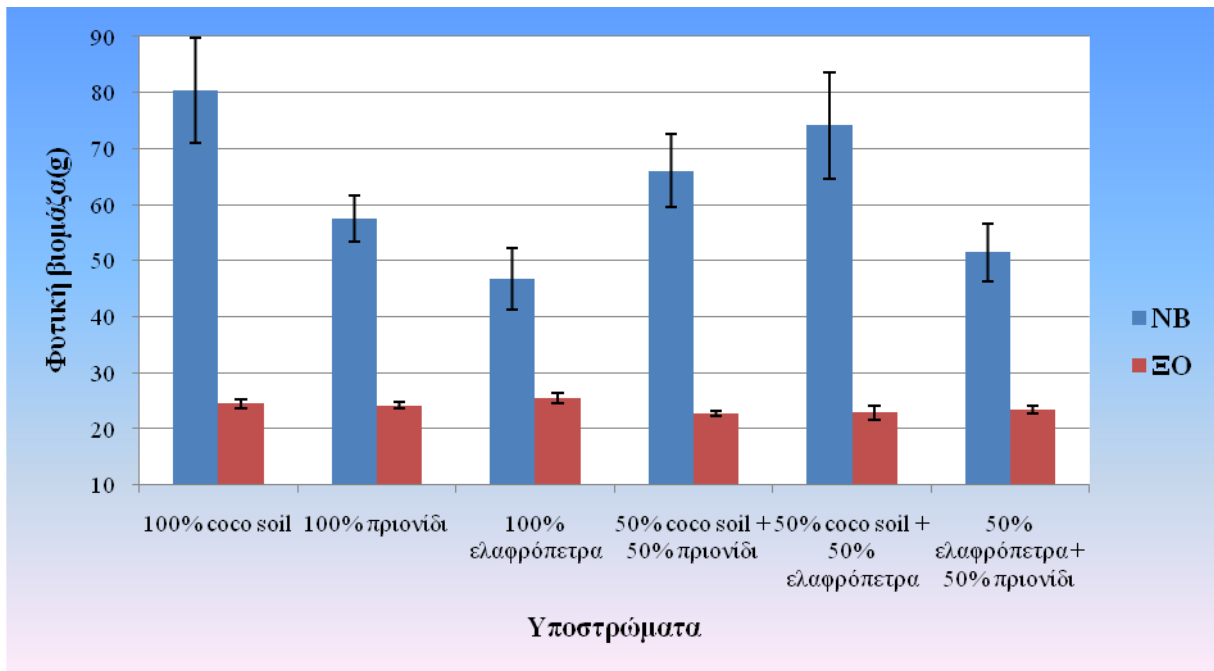
**Γράφημα 4.22:** Επίδραση υποστρωμάτων (οργανικών και ανόργανων) στο νωπό και ξηρό βάρος βλαστού, σε υδροπονικό σύστημα με κανάλια σε καλλιέργεια φράουλας. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).



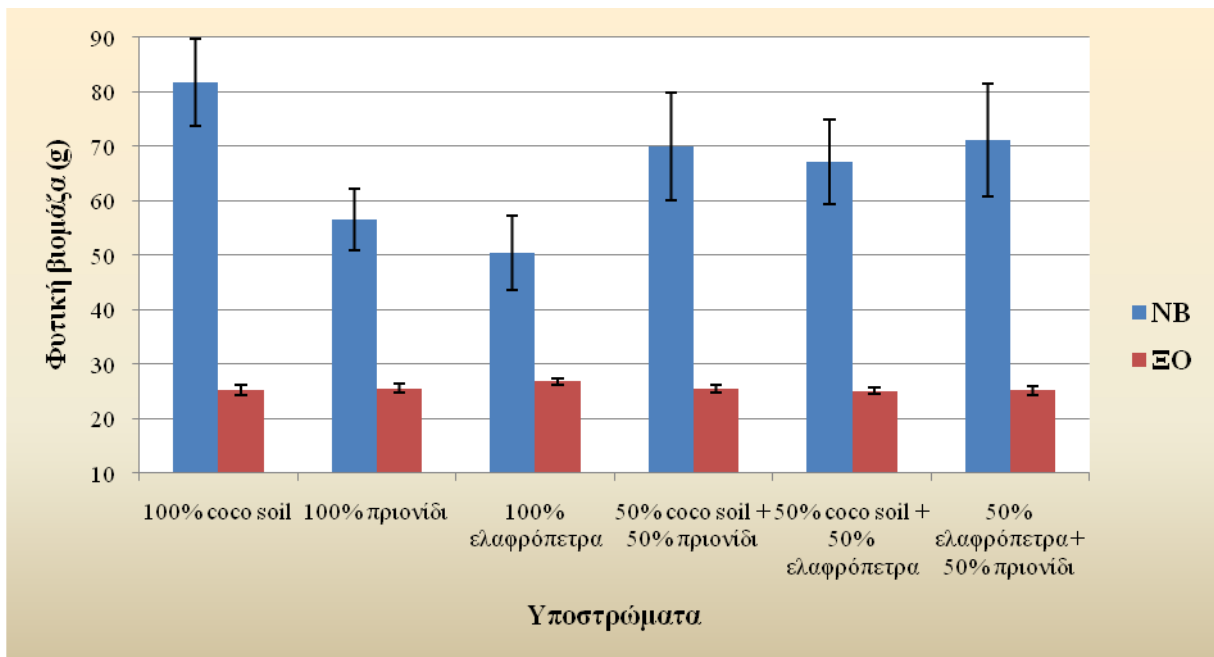
**Γράφημα 4.23:** Επίδραση υποστρωμάτων (οργανικών και ανόργανων) στο νωπό και ξηρό βάρος βλαστού, σε υδροπονικό σύστημα με γλάστρες σε καλλιέργεια φράουλας. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).



**Εικόνα 4.14:** Απεικόνιση φυτών φράουλας σε κανάλια και σε γλάστρα.



**Γράφημα 4.24:** Επίδραση υποστρωμάτων (οργανικών και ανόργανων) στο νωπό και ξηρό βάρος φυτικής βιομάζας, σε υδροπονικό σύστημα με κανάλια σε καλλιέργεια φράουλας. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).



**Γράφημα 4.25:** Επίδραση υποστρωμάτων (οργανικών και ανόργανων) στο νωπό και ξηρό βάρος φυτικής βιομάζας, σε υδροπονικό σύστημα με γλάστρες σε καλλιέργεια φράουλας. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).





















#### 4.6.2 Στάδια ανάπτυξης των φυτών φράουλας

Τα στάδια ανάπτυξης των φυτών φράουλας σε κανάλια και σε γλάστρες.



















##### 4.6.2.1. Σε γλάστρες

	100% coco soil	100% πριονίδι	100% ελαφρόπετρα
21/05/10			
04/06/10			
16/06/10			
01/07/10			
13/07/10			
27/07/10			

	<b>50% coco soil + 50% πριονίδι</b>	<b>50% coco soil + 50% ελαφρόπετρα</b>	<b>50% πριονίδι + 50% ελαφρόπετρα</b>
21/05/10			
04/06/10			
16/06/10			
01/07/10			
13/07/10			
27/07/10			

4.6.2.2 Σε κανάλια

	100% coco soil	100% πριονίδι	100% ελαφρόπετρα
21/05/10			
04/06/10			
16/06/10			
01/07/10			
13/07/10			

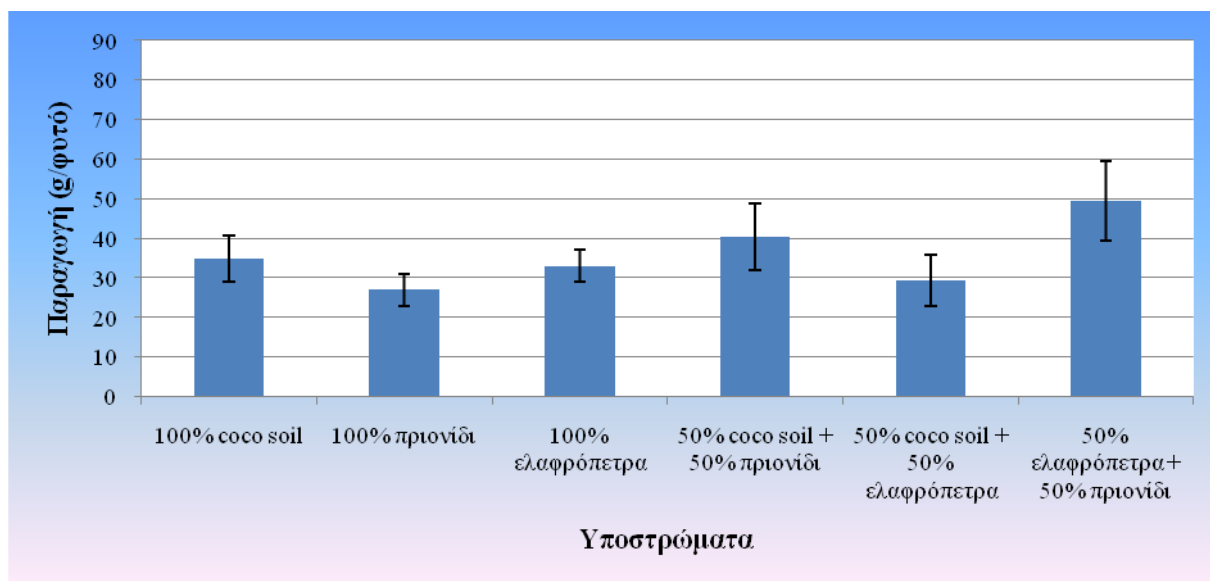
27/07/10			
	<b>50% coco soil + 50% πριονίδι</b>	<b>50% coco soil + 50% ελαφρόπετρα</b>	<b>50% πριονίδι + 50% ελαφρόπετρα</b>
21/05/10			
04/06/10			
16/06/10			
01/07/10			
13/07/10			

27/07/10

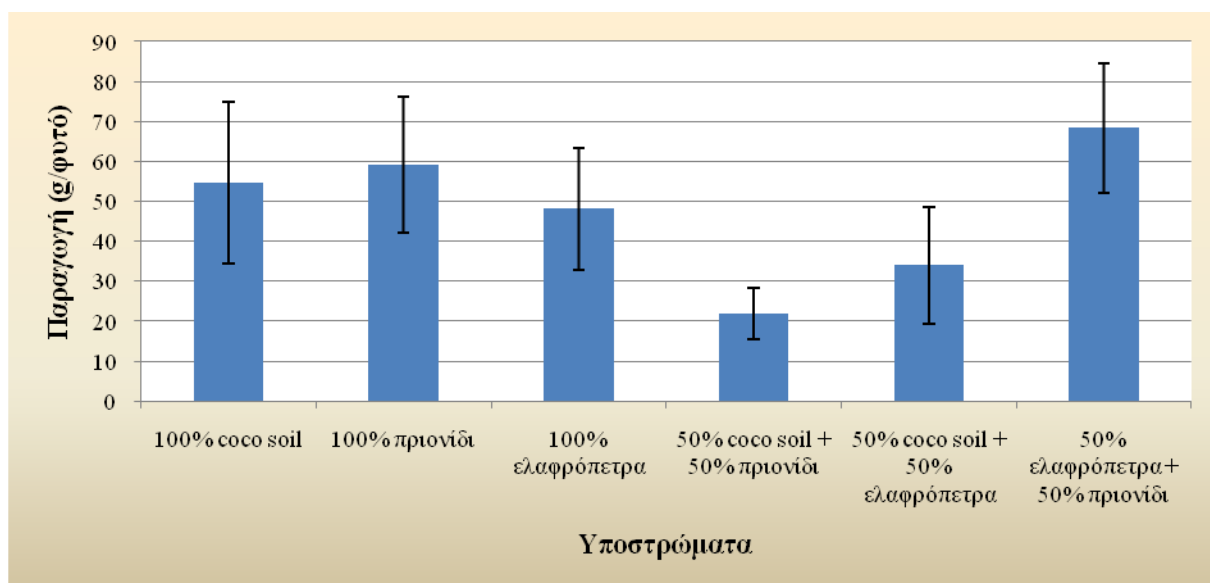


#### 4.6.3 Επίδραση υποστρωμάτων και υποδοχέων στην παραγωγή υδροπονικής καλλιέργειας φράουλας

Η παραγωγή σε φυτά που αναπτύχθηκαν σε μείγμα 50% ελαφρόπετρα +50% πριονίδι ήταν υψηλότερη σε απόλυτους αριθμούς σε κανάλια και σε γλάστρες (Γραφήματα 4.26-4.27). Σημαντική μείωση της παραγωγής βρέθηκε στο 50% coco soil + 50% πριονίδι σε σχέση με τον μάρτυρα σε γλάστρες (Γράφημα 4.27).

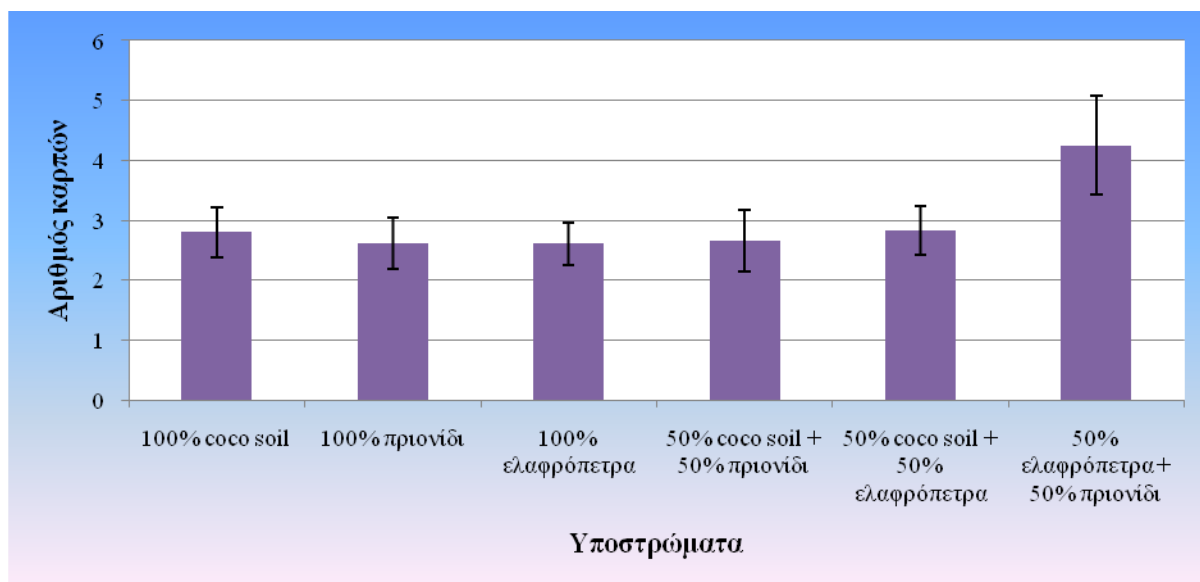


**Γράφημα 4.26:** Επίδραση υποστρωμάτων (οργανικών και ανόργανων) στην παραγωγή, σε υδροπονικό σύστημα με κανάλια σε καλλιέργεια φράουλας. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

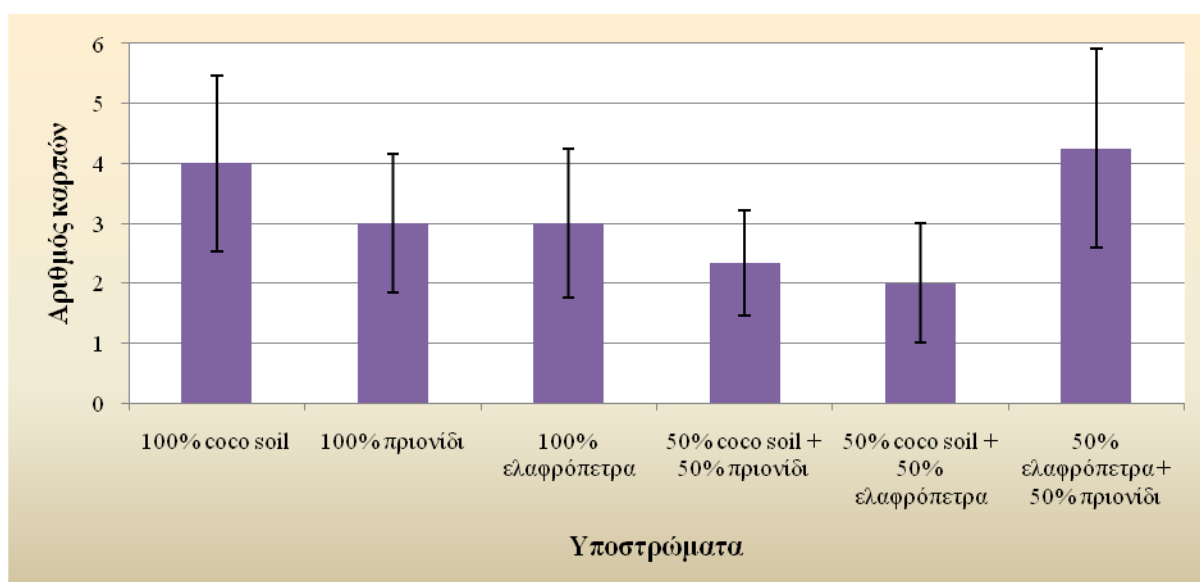


**Γράφημα 4.27:** Επίδραση υποστρωμάτων (οργανικών και ανόργανων) στην παραγωγή, σε υδροπονικό σύστημα με γλάστρες σε καλλιέργεια φράουλας. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Ο αριθμός των καρπών ήταν αυξημένος (κατά 34%) σε φυτά που αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα 50% ελαφρόπετρα +50% πριονίδι σε κανάλια, ενώ δεν σημειώθηκε η αντίστοιχη αύξηση όταν χρησιμοποιήθηκαν γλάστρες (Γραφήματα 4.28-4.29). Ο αριθμός των παραγόμενων καρπών, αν και είχε μεγάλη διακύμανση, δεν σημειώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν σε διαφορετικά υποστρώματα σε γλάστρες (Γράφημα 4.29).

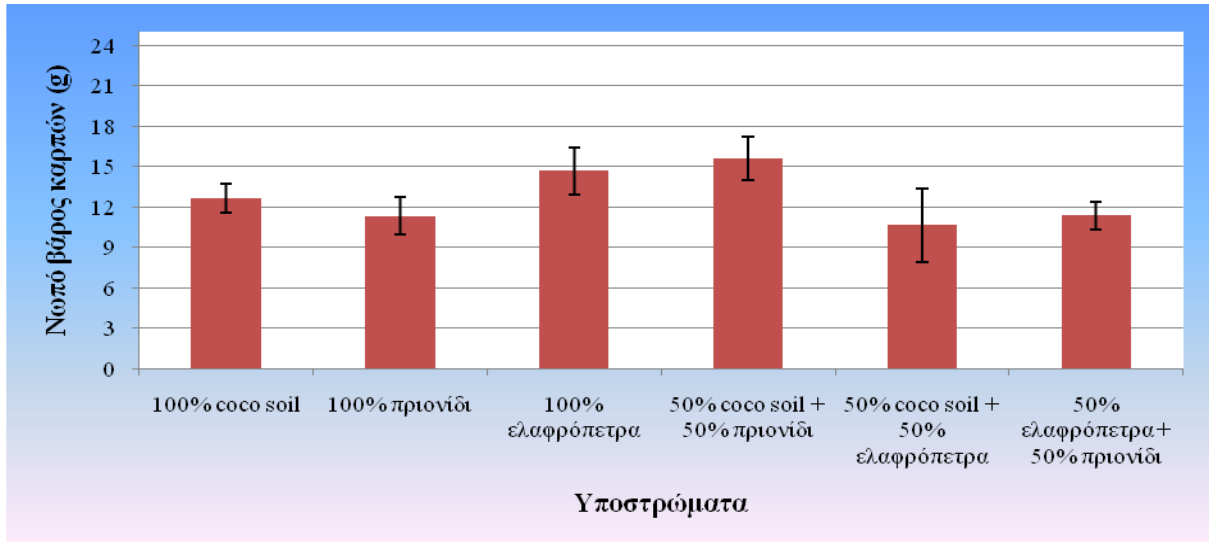


**Γράφημα 4.28:** Επίδραση υποστρωμάτων (οργανικών και ανόργανων) στον αριθμό των καρπών, σε υδροπονικό σύστημα με κανάλια σε καλλιέργεια φράουλας. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

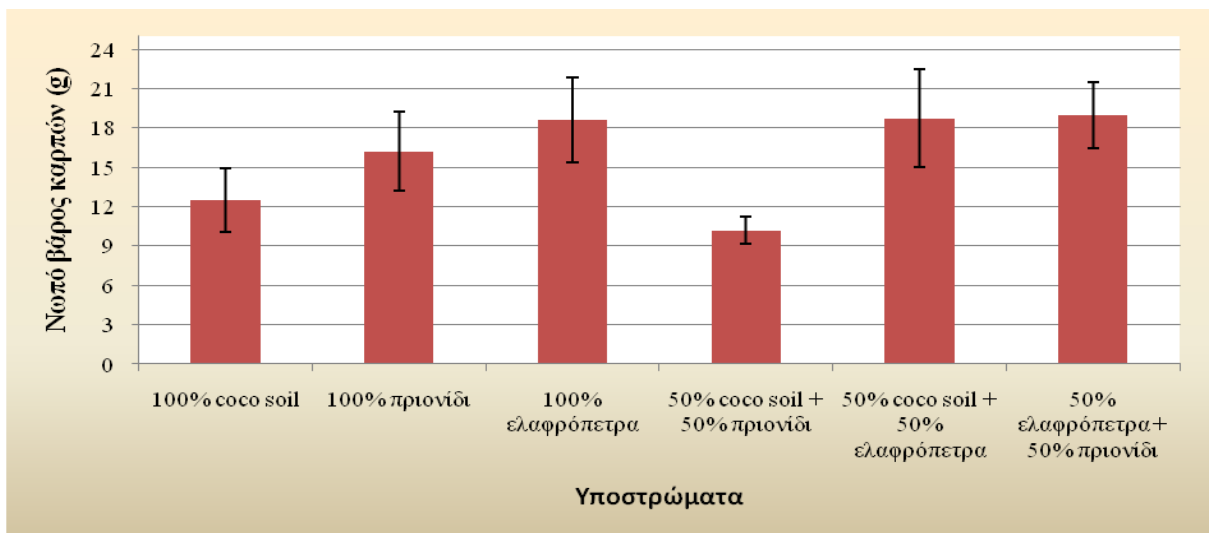


**Γράφημα 4.29:** Επίδραση υποστρωμάτων (οργανικών και ανόργανων) στον αριθμό των καρπών, σε υδροπονικό σύστημα με γλάστρες σε καλλιέργεια φράουλας. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε κανάλια, στο μάρτυρα (100% ελαφρόπετρα) είχαν αυξημένο νωπό βάρος καρπών όμοια με αυτά που αναπτύχθηκαν σε 100% cocosoil και 50% cocosoil+50% πριονίδι (Γραφήματα 4.30). Όμως, το νωπό βάρος των καρπών μειώθηκε όταν τα φυτά αναπτύχθηκαν σε 100% πριονίδι, 50% cocosoil+50% ελαφρόπετρα και 50% ελαφρόπετρα +50% πριονίδι σε σχέση με τον μάρτυρα. Τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε γλάστρες, σημείωσαν το μικρότερο νωπό βάρος καρπών στην περίπτωση του υποστρώματος 50% cocosoil+50% πριονίδι (Γραφήματα 4.31).



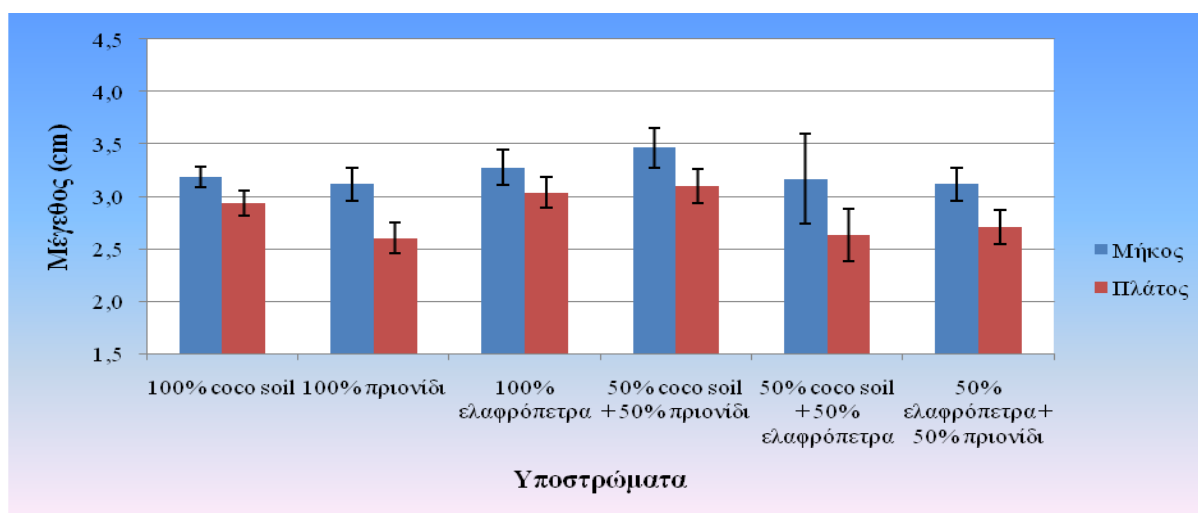
**Γράφημα 4.30:** Επίδραση υποστρωμάτων (οργανικών και ανόργανων) στο νωπό βάρος καρπών, σε υδροπονικό σύστημα με κανάλια σε καλλιέργεια φράουλας. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).



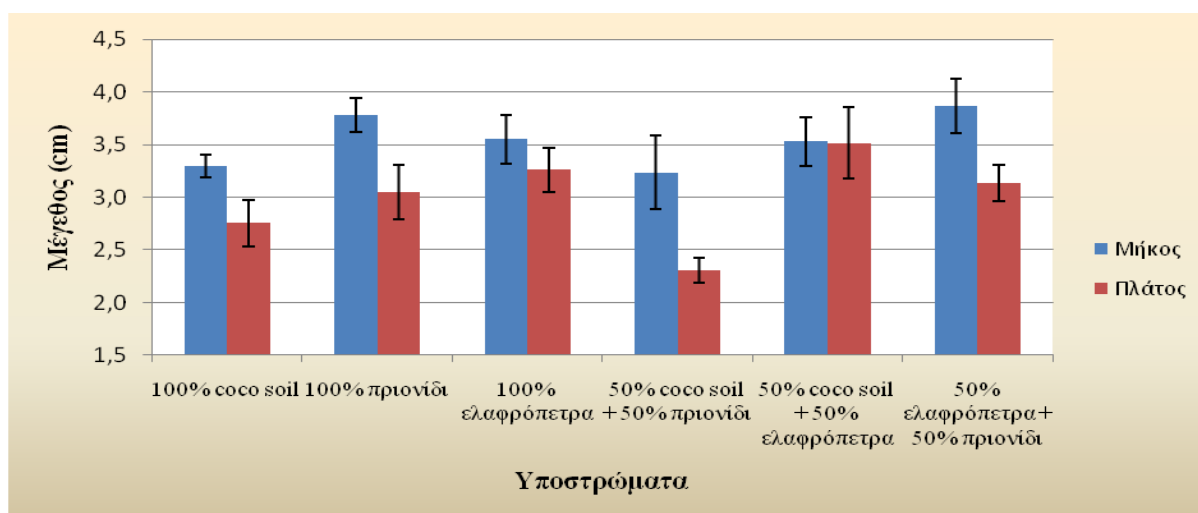
**Γράφημα 4.31:** Επίδραση υποστρωμάτων (οργανικών και ανόργανων) στο νωπό βάρος καρπών, σε υδροπονικό σύστημα με γλάστρες σε καλλιέργεια φράουλας. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).



Το μήκος και πλάτος του καρπού παρουσιάζεται στα Γραφήματα 4.32-4.33. Στα φυτά που αναπτύχθηκαν σε κανάλια σε διάφορα υποστρώματα δεν σημειώθηκαν διαφορές ως προς το μήκος των παραγόμενων καρπών ενώ το αντίστοιχο πλάτος των καρπών βρέθηκε μειωμένο στις περιπτώσεις των υποστρωμάτων 100% πριονίδι, 50% coco soil+50% ελαφρόπετρα και 50% ελαφρόπετρα +50% πριονίδι (Γραφήματα 4.32). Όμοια, στην περίπτωση των φυτών που αναπτύχθηκαν σε γλάστρες, δεν σημειώθηκαν διαφορές ως προς το μήκος του καρπού μεταξύ των υποστρωμάτων, ενώ σχετικά με το πλάτος του καρπού, μειώθηκε σε υποστρώματα που περιείχαν coco soil σε αναλογία 100% ή 50% (Γράφημα 4.33).

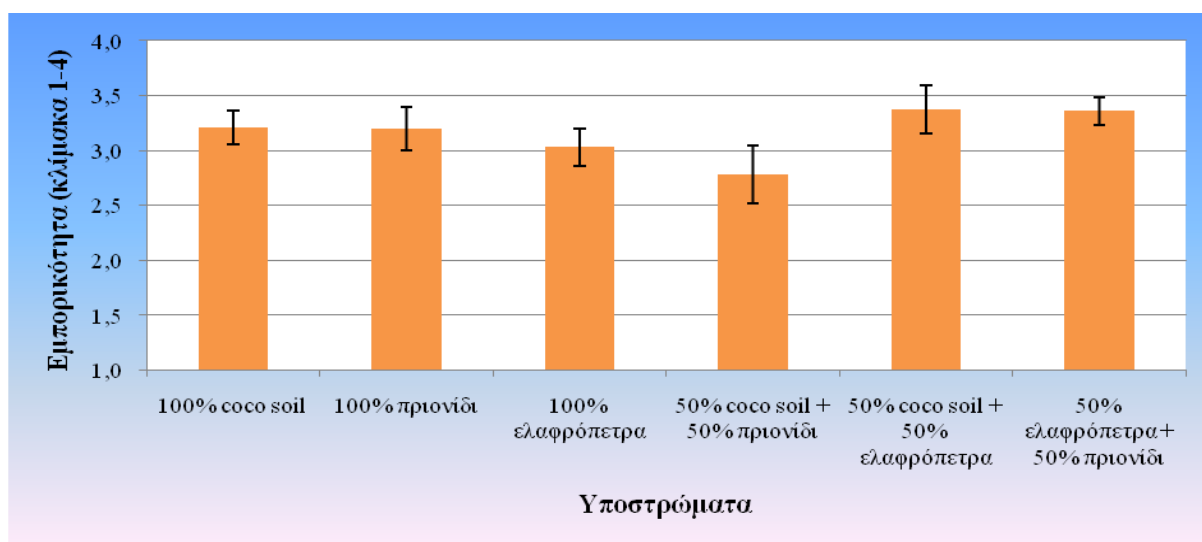


**Γράφημα 4.32:** Επίδραση υποστρωμάτων (οργανικών και ανόργανων) στο μέγεθος καρπών (cm) στο μήκος και πλάτος, σε υδροπονικό σύστημα με κανάλια σε καλλιέργεια φράουλας. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

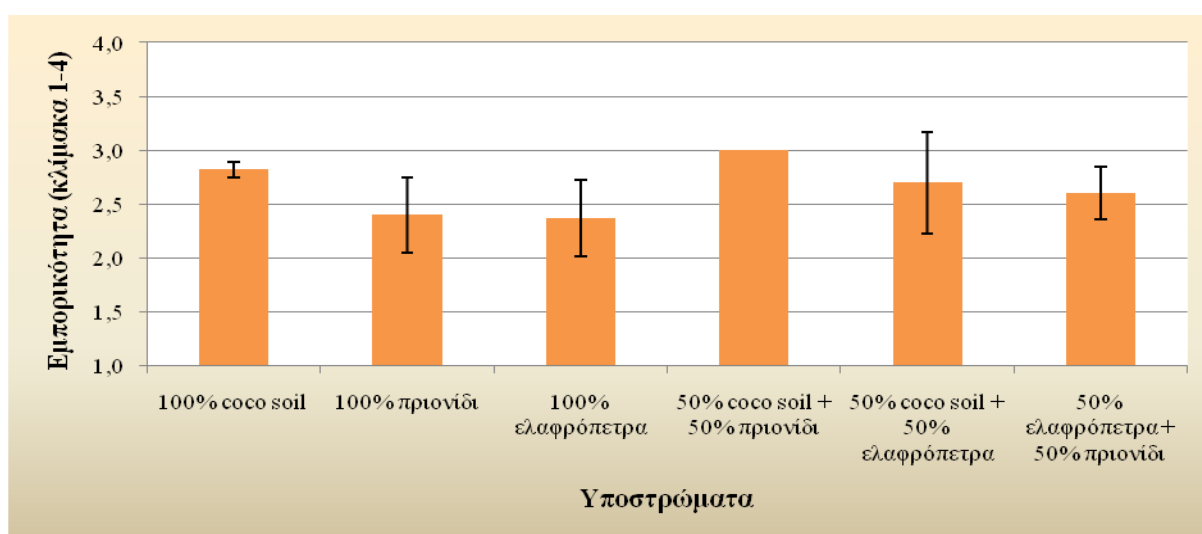


**Γράφημα 4.33:** Επίδραση υποστρωμάτων (οργανικών και ανόργανων) στο μέγεθος καρπών (cm) στο μήκος και πλάτος, σε υδροπονικό σύστημα με γλάστρες σε καλλιέργεια φράουλας. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Στα Γραφήματα 4.34 και 4.35 παρουσιάζεται η επίδραση υποστρώματος στη εμπορικότητα των καρπών ανάλογα με τα εμφανισιακά κριτήρια κατηγοριών στην κλίμακα 1 (extra), 2 (A), 3 (B), και 4 (απορρίπτεται-μη αποδεκτό) σε υδροπονική καλλιέργεια φράουλας. Στα κανάλια εμπορικότητα των καρπών κυμάνθηκε στην κατηγορία 3 σε όλα τα υποστρώματα χωρίς ουσιαστικές διαφορές μεταξύ των υποστρωμάτων. ενώ στις γλάστρες κυμάνθηκε μεταξύ κατηγορίας 2 και 3 με συγκεκριμένα τα υποστρώματα 100% πριονίδι και μάρτυρα(100% ελαφρόπετρα να παράγουν καρπούς της κατηγορίας 2.



**Γράφημα 4.34:** Επίδραση υποστρωμάτων (οργανικών και ανόργανων) στην εμπορικότητα καρπών, σε υδροπονικό σύστημα με κανάλια σε καλλιέργεια φράουλας. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).



**Γράφημα 4.35:** Επίδραση υποστρωμάτων (οργανικών και ανόργανων) στην εμπορικότητα καρπών, σε υδροπονικό σύστημα με γλάστρες σε καλλιέργεια φράουλας. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

#### 4.7. Συζήτηση-Συμπεράσματα

Η χρήση διαφορετικών υποστρώματων αλλά και υποδοχέων επέδρασαν στην αύξηση/ανάπτυξη και στην παραγωγή των φυτών φράουλας ποικιλίας San Andreas.

Ξεκινώντας από την επίδραση των υποστρώματων, ο αριθμός φύλλων όπως παρατηρήθηκε και στους δυο υποδοχείς (κανάλι και γλάστρα) όταν χρησιμοποιήθηκε υπόστρωμα 100% cocosoil αυξήθηκε κατά 53% και 43% σε κανάλι και γλάστρα αντιστοίχως σε σχέση με το μάρτυρα (100% ελαφρόπετρα), που σημείωσε το μικρότερο αριθμό παραγόμενων φύλλων ενώ δεν διέφερε ο αριθμός φύλλων όταν χρησιμοποιήθηκαν τα υποστρώματα σε αναλογία 50:50. Την ίδια τάση ακολούθησε και η παραγόμενη φυλλική επιφάνεια, γεγονός που υποδηλώνει τη θετική επίδραση της ανάμειξης των υποστρώματων ώστε να επιτευχθεί καλύτερη ισορροπία μεταξύ των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του κάθε υλικού. Φυτά που αναπτύχθηκαν σε coco soil ή μείγματα με πριονίδι ή με ελαφρόπετρα, αύξησαν την φυτική τους βιομάζα σε σχέση με την χρήση σκέτου πριονιδιού ή σκέτης ελαφρόπετρας, με αποτέλεσμα τη θετική επίδραση του coco soil ως μέσο ανάπτυξης φυτών.

Συγκεκριμένα τα φυτά φράουλας κατά τους καλοκαιρινούς μήνες ή σε συνθήκες θερμοκηπίου όταν η θερμοκρασία είναι υψηλή σε καθεστώς μακροήμερων συνθηκών (μεγάλο μήκος ημέρας) όπως ήταν οι συνθήκες στην παρούσα πειραματική εργασία (βλέπε Γράφημα 4.1) ή και μικρής ημέρας, εκδηλώνουν την μεγαλύτερη ανάπτυξη και αυτό επηρεάζεται κατά κάποιο τρόπο από τα γονίδια των διαφόρων ποικιλιών αλλά και την αντίδραση στην φωτοπερίοδο (Daprow, 1966). Αυτό έρχεται άμεσα σε θετική συσχέτιση με την μεγάλη ανάπτυξη του αριθμού των φύλλων και φυλλικής επιφάνειας σε όλα τα υποστρώματα με εξαίρεση της 100% ελαφρόπετρας.

Επιπλέον, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η μειωμένη φυτική βιομάζα σε υποστρώματα 100% ελαφρόπετρας και 100% πριονιδιού μπορεί να οφείλεται (κυρίως για την 100% ελαφρόπετρα) στην υδατική καταπόνηση που δημιουργήθηκε στο υπόστρωμα λόγω του πορώδους (το 30% καταλαμβάνεται από αέρα και το 35% από νερό) αλλά και το αλκαλικό pH που είχε το υπόστρωμα της τάξεως 8,2 όπου προφανώς επηρέασε την διαθεσιμότητα/προσρόφηση των στοιχείων αφού η φράουλα απορροφά καλύτερα σε pH μέτρια έως ελαφρά όξινα ή ουδέτερα. Θα πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι το αραιό θρεπτικό διάλυμα που ποτίζονταν ήταν από pH 5,5- 6,5, ενώ υπάρχει το ενδεχόμενο συσσώρευσης αλάτων στο ριζόστρωμα που μπορεί να μεταβλήθηκε προς αλκαλικό, και τότε να επηρεάστηκε το ριζικό σύστημα της φράουλας και ακολούθως εμφανίστηκαν ξηράνσεις,

περιφερειακά στα φύλλα (κυρίως στο αρχικό στάδιο της εγκατάστασης των φυτών στο μέσο ανάπτυξης). Ενώ το αντίθετο μπορεί να συνέβη στην περίπτωση του 100% πριονιδιού, λόγω ασφυκτικών συνθηκών και ακολούθως ανεπάρκειας οξυγόνου, διότι το πριονίδι σαν υπόστρωμα έχει την δυνατότητα κατακράτησης υγρασίας στους κενούς χώρους (πόρους) του υποστρώματος με αποτέλεσμα να έχει μεγάλη περιεκτικότητα. Η κατάσταση επιδεινώνεται όταν επικρατούν θερμοκρασίες υψηλότερες των 20 °C, επειδή το διαλυμένο οξυγόνο καταναλώνεται λόγω της υψηλής αναπνευστικής δραστηριότητας των ριζών. Εκτός αυτού, επειδή κατά την αναερόβια αναπνοή η γλυκόζη δεν οξειδώνεται πλήρως προς CO<sub>2</sub> και H<sub>2</sub>O, παρατηρείται συσσώρευση των τελικών προϊόντων. Αυτό συνεπάγεται στην μείωση της στοματικής αγωγιμότητας και συγκέντρωσης CO<sub>2</sub> κυρίως στις γλάστρες ενώ στα πολυκανάλια δεν βρέθηκαν τόσο χαμηλά επίπεδα. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο ότι η ρίζα του φυτού στα πολυκανάλια ήταν τοποθετημένη πιο ψηλά (επιφανειακά) και αυτό μπορεί να βοήθησε στην καλύτερη τροφοδοσία οξυγόνου (λιγότερο ασφυκτικές συνθήκες) στο υπόστρωμα. Παρεμπιπτόντως παρατηρήθηκε ότι μέρος του ριζικού συστήματος των φυτών σε πολυκανάλια είχε βγει και στην επιφάνεια του πολυκαναλιού ενώ τα φυτά είχαν και μικρότερα φύλλα με αποτέλεσμα να έχουν μικρότερη φυλλική επιφάνεια. Σε προηγούμενες μελέτες, όταν χρησιμοποιήθηκε ως υπόστρωμα πριονίδι, σε υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού, βρέθηκε ότι τα φύλλα τους είχαν μικρότερο νωπό βάρος (Christoulaki et al., 2010) και συμφωνεί με τα αποτελέσματα της παρούσας πειραματικής εργασίας.

Επιπλέον, τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε πολυκανάλια με 100% ελαφρόπετρα (μάρτυρας) παρουσίασαν αύξηση (έως και 55%) του αριθμού των σχηματισμένων ανθέων σε σχέση με τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε μείγματα υποστρωμάτων. Η πιθανή υδατική καταπόνηση (λόγω ασφυκτικότερων συνθηκών) στην ελαφρόπετρα, μπορεί να οδηγήσει σε μια σχετική ανάπτυξη της ρίζας ταχύτερης εκείνης του βλαστού και φύλλων, με αποτέλεσμα ο λόγος βλαστού και φύλλων/ρίζας να μεταβάλλεται προς όφελος του υπόγειου τμήματος του φυτού (Καραμπουρνιώτης, 2003). Έτσι το φυτά δημιουργούν μία στρατηγική καταπόνησης και έτσι καταφεύγουν στην διαφυγή με την παραγωγή ανθέων ώστε να ολοκληρώσουν τον βιολογικό τους κύκλο νωρίτερα και έτσι με αυτό το αποτέλεσμα προάγεται ο σχηματισμός ανθέων και ακολούθως ο αριθμός σχηματισμένων καρπών.

Αξίζει να σημειωθεί ότι όταν το υπόστρωμα 100% coco soil παρουσίασε αύξηση του αριθμού των στολώνων κατά 70% και 63% αντιστοίχως σε πολυκανάλια και γλάστρα σε σχέση με το μάρτυρα, που σημείωσε τον μικρότερο αριθμό παραγόμενων στολώνων. Το

αντίθετο δηλαδή από τον σχηματιζόμενο αριθμό ανθέων και καρπών γεγονός που σηματοδοτεί την διαφορετική επίδραση που .

Το υπόστρωμα 100% coco soil ενώ είναι ακριβότερο υπόστρωμα από τα υπόλοιπα και γενικότερα έδωσε καλά αποτελέσματα με αυξημένη συνολική βιομάζα και αυξημένη παραγωγή στολώνων, είχε και μειονεκτήματα δηλαδή πολλές ξηράνσεις στις κορυφές των νεαρών φύλλων και μια μέτρια ως κακή παραγωγή ανθέων και καρπών. Θα πρέπει δε να σημειωθεί, ότι στα αρχικά στάδια της εφαρμογής του υπάρχουν πολλά άλατα στο εσωτερικό του, και χρειάζεται ένα χρονικό στάδιο να εκλυθούν με καθαρό νερό. Αυτό βέβαια έγινε στην παρούσα εργασία, αλλά παρόλα αυτά πιθανώς μικρές ποσότητες αλάτων μπορεί να ήταν εγκλωβισμένα μέσα στο υπόστρωμα. Επομένως, η πιθανή συγκέντρωση  $\text{Na}^+$  και γενικότερα κατιόντων από την μια και ο ανταγωνισμό του ιόντος αυτού στην διαθεσιμότητα του  $\text{K}^+$  και  $\text{Ca}^{++}$  από την άλλη πιθανώς να συνέβαλαν στην δημιουργία τοξικότητας  $\text{Na}^+$  με ταυτόχρονη έλλειψη  $\text{Ca}^{++}$  που μεταφράζεται ως περιφερειακή νέκρωση στα φύλλα. Βέβαια, με τις πρώτες μακροσκοπικές ενδείξεις περιφερειακής νέκρωσης στα φύλλα, βελτιώθηκε η ‘συνταγή’ θρεπτικού διαλύματος, αυξάνοντας την συγκέντρωση  $\text{Ca}^{++}$  μέσα σε αυτό.

Όταν τώρα, μειώθηκε η περιεκτικότητα του coco soil μέσα στο υπόστρωμα, π.χ. στο μείγμα πριονίδι με coco soil παρατηρήθηκε αρνητικότερη επίδραση σε σχέση με την αυτούσια χρήση του κάθε υλικού μεμονωμένα, και αυτό, πιθανόν να οφείλεται στο ότι η προσθήκη πριονιδιού σε οργανικά υποστρώματα επηρέασε αρνητικά τις φυσικοχημικές ιδιότητες του υποστρώματος χωρίς βελτίωση των παραμέτρων που εξετάστηκαν.

Ο φθορισμός στα φύλλα με την χρήση διαφορετικών υποστρωμάτων και των δυο υποδοχέων (κανάλια, γλάστρες) δεν σημείωσε διαφορές ενώ κυμάνθηκε σε κανονικά επίπεδα και στους δύο υποδοχείς (0,78 έως 0,85), με μέτρια επίδραση του φωτοσυστήματος II (PS II; 0,70 έως 0,78). Ακόμα παρουσιάστηκε μια μικρή μείωση του φθορισμού στις γλάστρες κατά την 10<sup>η</sup> εβδομάδα στο υπόστρωμα 100% ελαφρόπετρα που μπορεί να οφείλεται στο μεγαλύτερο σχηματισμό ανθέων και καρπών με αποτέλεσμα να προέκυψε μια μικρή καταπόνηση και να επηρεάστηκε η λειτουργία του PS II. Η παράμετρος  $F_v / F_m$  όπου  $F_v = F_m - F_0$  (η παράμετρος  $F_v$  ονομάζεται μεταβλητός φθορισμός) έχει αποδειχθεί εμπειρικά ότι παίρνει τιμές ανάλογες προς την φωτοσυνθετική απόδοση ανά φωτόνιο. Επί πλέον οι τιμές που παίρνει ο λόγος αυτός αποτελούν ένδειξη της φωτοχημικής ικανότητας του PS II (μόριο χλωροφύλλης). Οι φυσιολογικές τιμές του λόγου κυμαίνονται μεταξύ του 0,80 και 0,85. Τιμές που αποκλίνουν από τα φυσιολογικά όρια αποτελούν ένδειξη ύπαρξης ζημιών στο PS II (Καραμπουρνιώτης, 2003). Μια

εποχιακή διακύμανση της παραμέτρου  $F_v / F_m$  που έγινε σε βλαστούς και φύλλα ελιάς έδειξε παρόμοια αποτελέσματα κατά τους μήνες που είχαμε μετρήσει (καλοκαιρινή περίοδος) ενώ το χειμώνα έδειξε σημαντική πτώση (Φίλιππου Ε, Διδακτορική διατριβή, αδημοσίευτο όπως αναφέρεται από Καραμπουρνιώτης, 2003). Παρόλα αυτά, σε προηγούμενα πειράματα ανάπτυξης σποροφύτων σε διαφορετικά υποστρώματα, συμπεριλαμβανομένου και του πριονιδιού, ο δείκτης  $F_v/F_m$  όπου κατ' ουσία προσεγγίζει τα επίπεδα φθορισμού των φύλλων, δεν ήταν καλός ο δείκτης φυτοτοξικότητας (Doraís et al., 2006).

Η παραγωγή σε φυτά που αναπτύχθηκαν σε μείγμα 50% ελαφρόπετρα +50% πριονίδι ήταν υψηλότερη σε απόλυτους αριθμούς (50-60 g ανά φυτό) σε κανάλια. Μείγματα πριονιδιού με ζεόλιθο όταν χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη φυτών πιπεριάς, τύπου φλάσκας, είχαν ως αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγής κατά 5-20%. Έτσι σε 19 από τις 24 μεταχειρίσεις που μελετήθηκαν, βρέθηκε θετική επίδραση στην παραγωγή πιπεριάς όταν το υπόστρωμα περιείχε μείγμα από πριονίδι και μικρό ποσοστό (10-20%) ζεόλιθου (Savidov, 2005). Το νωπό βάρος στους καρπών δεν είχε μεγάλες διαφορές και κυμαινόταν μεταξύ 10 με 15 g στα κανάλια, ενώ την μεγαλύτερη αύξηση την είχε ο μάρτυρας και στις γλάστρες από 10 μέχρι 19 g.

Όταν προστέθηκε κόμποστ (vermicompost) στο έδαφος (0.5-1 τον./στρεμ.) αύξησε την ανάπτυξη και παραγωγή στην φράουλα ενώ αυξήθηκε κατά 37% η φυλλική επιφάνεια, κατά 40% ο αριθμός των ανθέων και κατά 36% ο αριθμός των εμπορεύσιμων καρπών αλλά και των σχηματιζόμενων στολώνων (Arancón et al., 2004). Σε υδροπονική καλλιέργεια τομάτας χρησιμοποιώντας ανόργανα και οργανικά υποστρώματα (και μείγματα αυτών), βρέθηκε ότι το cocosoil είχε θετική επίδραση σε ποιοτικά χαρακτηριστικά της τομάτας π.χ. στα ολικά διαλυτά στερεά ( $^{\circ}$ Brix) ενώ μείγματα περλίτη με αποφλοιωμένα τεμαχίδια ρυζιού βελτίωσαν την παραγωγή των φυτών τομάτας (Inden and Torres, 2004).

Σε προηγούμενη μελέτη αναφέρθηκε η οξειδωτική καταπόνηση των φυτών φράουλας υπό συνθήκες αλατότητας (0, 75, 150 mM NaCl) (Τάνου κ.α. 2005). Βρέθηκε ότι σε συνθήκες αλατότητας η συγκέντρωση της πουτρεσκίνης συγκριτικά με το μάρτυρα μειώθηκε στις ρίζες ενώ αυξήθηκε στα φύλλα, ενώ αντίθετα, αύξηση βρέθηκε στην συγκέντρωση της σπερμιδίνης και του  $H_2O_2$ .

Όλα τα μήκη των παραγομένων καρπών κυμαίνονταν σε όλα τα υποστρώματα σε κανονικά επίπεδα (3 έως 4 cm) ενώ σημειώθηκε σχετική διαφοροποίηση με το πλάτος του καρπού. Συγκεκριμένα, το μήκος ήταν αυξημένο κατά 0,5 με 1 cm σε σχέση με το

πλάτος, προσδίδοντας ένα ωοειδές σχήμα στο καρπό με καλύτερη εμπορικότητα και αυτό βρέθηκε όταν χρησιμοποιήθηκε 50% ελαφρόπετρα +50% πριονίδι σε κανάλια και γλάστρες. Αν το μήκος και το πλάτος είναι σχεδόν ίσα μεταξύ τους (όταν χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα το 50% ελαφρόπετρα +50% cocosoil σε γλάστρες) τότε ο καρπός είναι στρογγυλός και δεν έχει τόσο καλή εμπορικότητα.

Στα κανάλια η εμπορικότητα των καρπών κυμάνθηκε στην κατηγορία 3 (B) σε όλα τα υποστρώματα χωρίς ουσιαστικές διαφορές μεταξύ των υποστρωμάτων, ενώ στις γλάστρες κυμάνθηκε μεταξύ κατηγορίας 2(A) και 3(B). Συγκεκριμένα καρπούς της κατηγορίας 2(A) συγκομίστηκαν από φυτά που αναπτύχθηκαν σε υποστρώματα 100% πριονίδι, ελαφρόπετρα και μια μέση κατάσταση των μείγμα αυτών 50%-50%.

Το κομποστοποιημένο πριονίδι αποτελεί ένα εναλλακτικό μέσο, και μπορεί να υποκαταστήσει τα ανόργανα υποστρώματα, επιδρώντας θετικά στις φυσικοχημικές ιδιότητες του υποστρώματος (Dorais et al., 2006). 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, το πριονίδι είναι επιρρεπές στην σταδιακή αποδόμηση το οποίο δημιουργεί ανεπιθύμητες φυσικές ιδιότητες στο υπόστρωμα, μετατρέποντας το από 'ξηρό' σε 'υγρό' υπόστρωμα με αυξημένο όγκο νερού να συγκρατείται και ταυτόχρονη έλλειψη του διαθέσιμου οξυγόνου (Savidon, 2005). 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.

Επιπλέον, ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας σε πριονίδι ενός υποστρώματος το οποίο μπορεί να αναμιχθεί με ανόργανα υποστρώματα είναι απαραίτητη. Έτσι, τα παρόντα αποτελέσματα δείχνουν ότι η προσθήκη 50% πριονιδιού μέσα σε 50% ελαφρόπετρα μπορεί να επηρεάσει τις φυσικοχημικές ιδιότητες του ανόργανου υποστρώματος, βελτιώνοντας έτσι την ανάπτυξη και την παραγωγή σε θερμοκηπιακή καλλιέργεια φράουλας με την μέθοδο της υδροπονίας κατά την καλοκαιρινή περίοδο.

Περαιτέρω ερευνητική μελέτη είναι απαραίτητη για την αξιολόγηση των μεταβολών των φυσικοχημικών και περιβαλλοντικών ιδιοτήτων που υφίστανται τα υποστρώματα όταν αναμειχτούν με πριονίδι, ώστε να προσδιοριστεί η βέλτιστη κατάσταση. Επίσης θα πρέπει να εξεταστεί η χρήση πριονιδιού σε μείγματα υποστρωμάτων ως αυτούσιο ή κομποστοποιημένο υλικό καθώς και τη βελτίωση των φυσικοχημικών ιδιοτήτων ως υπόστρωμα υδροπονικών καλλιεργειών.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Anonymus.** (2010). *Fragaria x ananassa* 'San Andreas'. Hybridized by Shaw/Larson; Daves Garden. ,<http://davesgarden.com/guides/pf/go/185350/> (20/7/2010).
- Anonymus.** (2010). Strawberry 'San Andreas'.Amazon., Folia. Sociali garden tracker. <http://myfolia.com/plants/11-strawberry-fragaria-x-ananassa/varieties/131972-san-andreas> (20/7/2010).
- Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., Metzger, J.D.** (2004). *Influences of vermicomposts on fields strawberries*: 1. Effects on growth and yields. Bioresource Technology, 93, 145-153.
- Benoit, F., Ceustermans, N.** (1995). *A decade research on ecologically sound substrates*. Acta Horticulturae, 408, 17-29.
- Blom, T.J.** (2003). *Coco coir versus granulated rockwool and “arching” versus traditional harvesting of roses in recirculating system*. Horticultural Research Institute of Ontario. University of Guelph. Canada. Abstracts.
- Bowen, P.A.** (1983). *The effect of oxygen fumigation of sawdust medium on the yield and yield-components of greenhouse cucumbers*. Scientia Horticulturae, 20, 131-136.
- Bugbee, G.J.** (1999). *Effects of hardwood sawdust in potting media containing biosolids compost on plant growth, fertilizer needs, and nitrogen leaching*. Comm. Soil Sci. Plant Anal, 30, 689-698.
- Bunt, A.C.** (1988). *Media and Mixes for Container-Grown Plants*. Unwin Hayman, London.
- Christoulaki, M., Gouma, S., Manios, T., Tzortzakis, N.** (2010). *Deployment of sawdust as substrate medium in hydroponically grown lettuce*. 7<sup>th</sup> International conference on organic resources in the carbon economy –ORBIT 2010, 29.6.2010-3.7.2010. Heraklion.
- Dorow, G.M.** (1966). *The Strawberry: History, breeding and Physiology*. Holt, Rinehart and Winston (eds), pp, 109-394, New York, Chicago, San Francisco.
- Fascella, G., Zizzo, G.V.** (2005). *Effect of Growing Media on Yield and Quality of Soilless Cultivated Rose*. Soilless Culture and Hydroponics. Palermo, pp. 133.
- Freeman, T.M., Cawthon, D.L.** (1999). *Use of composted dairy cattle solid biomass, poultry litter and municipal biosolids as greenhouse growth media*. Compost Science and Utilization, 7, 66-71.



- Goh, K.M., Haynes, R.J.** (1997). *Evaluation of potting media for commercial nursery production of container-grown plants*. I. Physical and chemical characteristics of soil and soilless media and their constituents. *New Zealand J. Agric. Res*, 20, 363- 370.
- Gouin, F.R.** (1993). *Utilization of sewage sludge compost in horticulture*. *HortTechnology*, 3, 161-163.
- Gruda, N., Schnitzler, W.H.** (1997). The influence of organic substrates on growth and physiological parameters of vegetable seedlings. *Acta Horticulturae*, 450, 487-494.
- Gruda, N., Schnitzler, W.H.** (1999). Influence of wood fibre substrates and N application rates on growth of tomato transplants. *Advances of Horticultural Science*, 13, 20-24.
- Handreck, K.A.** (1992a). *Rapid assessment of the rate of nitrogen immobilization in organic components of potting media*. 2. Nitrogen Drawdown Index and plant growth. *Comm. Soil Sci. Plant Anal*, 23, 217-230.
- Handreck, K.A.** (1992b). *Rapid assessment of the rate of nitrogen immobilization in organic components of potting media*. 1. Method development. *Comm. Soil Sci. plant Anal*, 23, 201-215.
- Handreck, K.A.** (1996). *Phosphorus immobilization in wood waste-based potting media*. *Comm. Soil Sci. Plant Anal*, 27, 2295-2314.
- Haynes, R.J., Goh, K.M.** (1997). *Evaluation of potting media for commercial nursery production of container-grown plants*. II. Effects of media, fertiliser nitrogen, and a nitrification inhibitor on yield and nitrogen uptake of *Callistephus chinensis* (L.) Nees 'Pink Princess'. *New Zealand J. Agric. Res*, 20, 371-381.
- Hicklenton, P.R.** (1983). *Flowering, vegetative growth and mineral nutrition of pot Chrysanthemums in sawdust and peat-like media*. *Scientia Horticulturae*, 21, 189-197.
- Inden, H., Torres, A.** (2004). Comparison of four substrates on the growth and quality of tomatoes. *Acta Horticulturae*, 644, 205-210
- Maas, E.F.** (1981). *How toxic is cedar sawdust to plants?* Research Review No. 10, Res. Station, Agassiz, B. C.
- Maas, E.F., Adamson, R.M.,** (1972). *Resistance of Sawdusts, Peats, and Bark to Decomposition in the Presence of Soil and Nutrient Solution*. *Soil Sci Soc Am J*, 36, 769-772.
- Mbah, B.N., Odilli, P.N.** (1998). *Changes in moisture retention properties of five waste materials during short-term mesophilic composting*. *Compost Sci. Utilization*, 6, 67-73.

- Mesen, J.F., Newton, A.C. Leakey, R.R.B.** (1997). *Vegetative Propagation of Cordia alliodora (Ruiz & Pavon) Oken: the effects of IBA concentration, propagation medium and cutting origin.* Forest Ecol. Management, 92, 45-54.
- Miller, J.H., Jones, N.** (1995). *Organic and compost-Based growing media for tree seedling nurseries.* World Bank Technical Paper, No. 264, Washington DC, USA, pp, 75.
- Ofori, D.A., Newton, A.C., Leakey, R.R.B., Grace, J.** (1996). *Vegetative propagation of Milicia excelsa by leafy stem cuttings: effects of auxin concentration, leaf area and rooting medium.* Forest Ecol. Management, 84, 39-48.
- Politycka, B., Wojcik-Wojtkowiak, D., Pudelski, T.** (1985). *Phenolic compounds as a cause of phytotoxicity in greenhouse substrates repeatedly used in cucumber growing.* Acta Horticulturae, 156, 89-94.
- Raviv, M., Chen, Y., Inbar, Y.** (1986). *Peat and peat substitutes as growth media for container-grown plants.* In: Chen, Y., and y. Avnimelech (eds). *Organic Matter in Modern Agriculture.* Martinus Nijhof\Dr. W. Junk Publ. Dordrecht, The Netherlands, pp, 257-287.
- Riviere, L.M., Milhau, C.** (1984). *The use of wood waste composts in the making of substrates for container crops.* Acta Horticulturae, 150, 475-489
- Robert, W.** (2011). Freckmann Herbarium, University of Wisconsin - Stevens Point. [http://wisplants.uwsp.edu/scripts/bigphoto.asp?bigphoto=FRAVESsVES\\_KSOL.jpg&taxon=Fragaria vesca L. subsp. vesca&phog=Kurt Stüber&spcode=FRAVESSVES](http://wisplants.uwsp.edu/scripts/bigphoto.asp?bigphoto=FRAVESsVES_KSOL.jpg&taxon=Fragaria vesca L. subsp. vesca&phog=Kurt Stüber&spcode=FRAVESSVES) (9/5/2011).
- Robertson, M.** (1955). *Studies in the development of the strawberry. III. Flower-bud initiation and development in large-fruited perpetual ("remontant") strawberries.* Journal of Horticultural Science, 30, 62–68.
- Robertson, M., Wood, C.A.** (1954). *Studies in the development of the strawberry. I. Flower-bud initiation and development in early- and late-formed runners in 1951 and 1952,* Journal of Horticultural Science, 29, 104–111.
- Savidov, N.A.** (2005). *CDC South Annual Report.* Greenhouse crops program. Brooks, Alberta, Alberta Agriculture Food and Rural Development ([http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/opp10736](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/opp10736), 16/2/2010).
- Sawan, O.M., Eissa, A.M., Abou-Hadid, A.F.** (1999). *The effect of different growing media on cucumber seedling production, fruit yield and quality under greenhouse conditions.* Acta Horticulturae, 491, 369-376.

- Selwa, J., Lipecki, J.** (1993). *Effects of sawdust from wood of different species of tree on the rooting of softwood cutting of sour cherry and hazelnut*. *Folia Hort*, 5, 3-9.
- Sharman, K.V., Whitehouse, M.** (1993). *Nitrogen drawdown index as a predictor of nitrogen requirements for Nephrolepis in sawdust media*. *Scientia Horticulturae*, 54, 23-33.
- Shiembo, P.N., Newton, A.C., Leakey, R.R.B.** (1996). *Vegetative propagation of Gnetum africanum Welw., a leafy vegetable from West Africa*. *Journal of Horticultural Science*, 71, 149-155.
- Watt, B.K, Merrill, A.L.** (1963). *Composition of foods: Raw, Processed, Prepared*. Agriculture Handbook No 8, Washington, USDA.
- White, P.** (1929). *Mychorhiza as Possible Determining Factor in the Distribution of the Strawberry*. *Annals of Botany*, 43, 535-544.
- Worrall, R.** (1976). *The use of sawdust in potting mixes*. *Combined Proc. Internat. Plant Propagators' Soc*, 26, 379-381.
- Worrall, R.** (1978). *The use of composted wood waste as a peat substitute*. *Acta Horticulturae*, 82, 79-86.
- Αγουρίδας, Α.** (2006) *Η Επίδραση των Χουμικών Παραγόντων στην Ανάπτυξη και Παραγωγή Υδροπονικής Καλλιέργειας Αγγουριού*. Πτυχιακή Εργασία. Τ.Ε.Ι. Κρήτης. Τμήμα Βιολογικών Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών και Ανθοκομίας. Ηράκλειο, Σελ, 35.
- Ανώνυμος.** (1999) *Η υδροπονία στην πράξη*. Εκδ. Γραφείο Τύπου, Πληροφοριών, Τμήμα Γεωργίας, Λευκωσία Κύπρο.
- Ανώνυμος.** (2011). *Mapal plastics*, Agricultural Products Division Mevo Hamma, 12934 Israel. (<http://www.mapalplastics.com/agri/data/Images/MAPAL%20PVC%20110%20MANUAL%20FOR%20STRAWBERRIES.pdf>)18-03-2011.
- Βαγενά, Δ.Β.** (2010). *Το πρόβλημα των στερεών αποβλήτων και υφιστάμενες τεχνολογίες διαχείρισης*, [http://www.technicalreview.gr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=752](http://www.technicalreview.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=752), 21-04-2010.
- Γεωργιάς, Θ.** (2010). *Ο ρόλος της οργανικής ουσίας στο έδαφος*, (<http://www.infowine.gr/viticulture/203/?&nid=356>, 21-04-2010.
- Κανάκης, Α.Γ.** (2004) *Καλλιέργεια λαχανικών στο θερμοκήπιο*, Αθήνα: Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε, ISBN: 960-351-517-5, Σελ, 262-348
- Καραμπουρνιώτης, Γ.Α.** (2003). *Φυσιολογία Καταπονήσεων των Φυτών*. Εκδόσεις Έμβρυο, Αθήνα, Σελ, 264.

- Μαυρογιαννόπουλος, Γ.Ν.** (2006) *Υδροπονικές Εγκαταστάσεις*. Εκδ. Σταμούλη Α.Ε, Αθήνα.
- Ολύμπιος, Χ.Μ.** (1994). *Στοιχεία γενικής λαχανοκομίας*. Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Γεωργικού Πανεπιστημίου Αθηνών, Αθήνα. Σελ, 259.
- Παπάνικολάου, Γ.** (1983). *Σωστή διατροφή και σωστό αδυνάτισμα. Μικρά και μεγάλα μυστικά για Υγεία και Ενεξία*. Εκδόσεις Σικυώς, Αθήνα.
- Πατσάλος, Κ.** (1998). *Η καλλιέργεια της φράουλας*. Εκδ. Γραφείο Τύπου, Πληροφοριών, Τμήμα Γεωργίας, Λευκωσία Κύπρο.
- Τάνου, Γ., Διαμαντίδης, Γ., Βασιλακάκης, Μ., Μολασιώτης, Α.** (2005). *Οξειδωτική καταπόνηση και επίπεδα ενδογενών πολυαμινών φυτών φράουλας ποικιλίας Tudla υπό συνθήκες αλατότητας*. 22<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέριο της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών. Πάτρα 19-21 Οκτωβρίου. Σελ, 489-492.
- Τζωρτζάκης, Ν.** (2011) *Καλλιέργειες εκτός εδάφους*. Σημειώσεις θεωρίας. Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, ΤΕΙ Κρήτης, Σελ 152.
- Χατζηπέτρου, Χ.** (2007). *Γεωργικά νέα*, ISSN: 1450-0477, Τεύχος 47 (1-2), Σελ, 10-12.
- Χουλιάρης, Ν.Α.** (2010). *Η λίπανση στη Βιολογική Γεωργία*. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό ίδρυμα Τ.Ε.Ι. Λάρισας.

## ΜΕΡΟΣ Γ

### 6. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

#### 6.1. Δημοσιεύσεις

#### **ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΣΤΟ 24<sup>ο</sup> ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΩΝ ΟΠΩΡΟΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ**

Εργασία που παρουσιάστηκε από τον κ. Μαρίνου Ευάνθη κατά το κατά το 25<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών, 1-4 Νοεμβρίου, Λεμεσός, Ελλάδα.

**Μαρίνου Ε., Γκούμα Σ., Μανιός Θ., Τζωρτζάκης Ν., 2011. Επίδραση υποστρώματος σε υδροπονική καλλιέργεια φράουλας σε ανοιχτό σύστημα. 25<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών, 1-4 Νοεμβρίου, Λεμεσός, Ελλάδα (poster).**

#### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η αξιολόγηση οργανικών υλικών ως εναλλακτικό μέσο ανάπτυξης φυτών φράουλας σε ανοιχτό υδροπονικό σύστημα. Χρησιμοποιήθηκαν πριονίδι (Π), κοκκοφοίνικας (Κ) και ελαφρόπετρα (Ε) και μείγματα αυτών σε πολυκανάλια των 11 θέσεων. Συγκεκριμένα τα υποστρώματα ήταν έξι: Ε 100% (ως μάρτυρας), Π 100%, Κ 100%, Π-Κ 50%-50%, Π-Ε 50%-50% και Ε-Κ 50%-50%. Μελετήθηκαν η ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών φράουλας με τρεις επαναλήψεις με 11 φυτά (σε 1 πολυκανάλι) ανά επανάληψη. Ο αριθμός των φύλλων σχεδόν διπλασιάστηκε όταν χρησιμοποιήθηκε Π 100% σε σχέση με το μάρτυρα, ενώ δεν βρέθηκαν διαφορές όταν χρησιμοποιήθηκαν τα μείγματα των 3 υποστρωμάτων. Ο συνολικός αριθμός ανθέων και καρπών αυξήθηκε στα φυτά που αναπτύχθηκαν σε Ε 100% σε σχέση με τα φυτά σε Κ 100%. Ο αριθμός των στολώνων αυξήθηκε κατά 70% όταν χρησιμοποιήθηκε το Κ 100% σε σχέση με το Π 100% και Ε 100%, ενώ δεν διαφοροποιήθηκε ανάμεσα στα μείγματα σε αναλογία 50:50. Μεγαλύτερη στοματική αγωγιμότητα των φύλλων σημειώθηκε στο Ε 100% και Π-Κ 50%-50% σε σχέση με τα υπόλοιπα υποστρώματα. Δεν σημειώθηκαν διαφορές ως προς τον φθορισμό, φωτοσυνθετική δραστηριότητα και την εσωτερική συγκέντρωση CO<sub>2</sub> των φύλλων μεταξύ των διαφορετικών υποστρωμάτων. Το νωπό βάρος των φύλλων και βλαστών αλλά και η φυλλική επιφάνεια ήταν αυξημένα (κατά 44%) στο Κ 100% σε σχέση με την Ε 100% και το Π 100% ενώ δεν βρέθηκαν διαφορές μεταξύ των μειγμάτων. Δεν βρέθηκαν διαφορές σχετικά με την περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία των φυτών που αναπτύχθηκαν σε διαφορετικά υποστρώματα. Η παραγωγή των φυτών διπλασιάστηκε όταν χρησιμοποιήθηκαν Π-Ε 50%-50% σε σχέση με Π 100%, και συσχετίζεται στον μειωμένο αριθμό καρπών που παρήχθησαν, παρά στην διαφοροποίηση του μέσου βάρους του καρπού. Δεν βρέθηκαν διαφορές ως προς την εμπορικότητα των καρπών και το μέσο βάρος καρπού. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι η χρήση οργανικών υλικών π.χ. πριονίδι πέραν του κοκκοφοίνικα είναι πιθανή αλλά εκτενής μελέτη χρειάζεται σχετικά με την καταλληλότητα της ποικιλίας ή/και συνθηκών ανάπτυξης της καλλιέργειας.

Λέξεις κλειδιά: οργανικά υλικά, υποστρώματα, φράουλα, υδροπονία, ανάπτυξη, παραγωγή



25<sup>ο</sup> Επιστημονικό Συνέδριο Ε.Ε.Ε.Ο.  
Λεμεσός, Κύπρος  
1-4 Νοεμβρίου 2011

# ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΦΡΑΟΥΛΑΣ ΣΕ ΑΝΟΙΧΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

**Μαρίνου Ε., Γκούμα Σ., Μανιός Θ., Τζωρτζάκης Ν.**

*Τμήμα Βιολογικών Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών και Ανθοκομίας, Σχολή Τεχνολογίας  
Γεωπονίας, ΤΕΙ Κρήτης, Ηράκλειο  
E-mail: ntzortzakis@staff.teicrete.gr*